

**Corso di studio** : Informatica e networking

<b>Tipo Laurea</b>	Laurea magistrale
<b>Denominazione</b>	Informatica e networking
<b>Title</b>	Computer Science and Networking
<b>Tipologia</b>	
<b>Classe di appartenenza</b>	LM-18 INFORMATICA
<b>Eventuale seconda classe</b>	
<b>Obiettivi formativi e descrizione</b>	<p>Il Corso di Laurea Magistrale in Informatica e Networking (Computer Science and Networking: nel seguito CSN) è stato progettato per rispondere alla crescente domanda di una emergente figura professionale, che richiede laureati magistrali in grado di padroneggiare, in modo integrato, tanto le tecnologie informatiche quanto quelle di networking nella progettazione e realizzazione di infrastrutture hardware-software distribuite innovative e di essere capace, al tempo stesso, di analizzare i requisiti e di procedere, mediante soluzioni ad alto valore aggiunto, alla progettazione e realizzazione di applicazioni basate su servizi distribuiti in svariati settori dell'industria, commercio, ricerca, servizi sociali e al cittadino, pubblica amministrazione.</p> <p>Una tale figura professionale non ha riscontri nell'attuale panorama delle lauree nazionali e pochissimi sono anche gli esempi a livello internazionale.</p> <p>Negli ultimi venti anni Internet ha sostanzialmente trasformato l'approccio all'attuazione di molte attività industriali, sociali, di ricerca e concernenti la vita di tutti i giorni. Recentemente il mondo della ricerca e dell'industria ICT ha messo in evidenza come siano necessarie, nei prossimi 10-15 anni, ulteriori forti evoluzioni e cambiamenti alle infrastrutture di calcolo e comunicazione per andare incontro a nuove e pressanti esigenze da parte di svariate aree applicative, come automazione industriale, e-business, sistemi real-time e mission-critical, gestione di emergenze e disastri, ubiquitous health care, urban sensors, gestione delle fonti energetiche, e molte altre ancora. Le evoluzioni e cambiamenti tecnologici, che sono già parzialmente in atto (Future Internet), devono rispondere all'esigenza che nuove applicazioni possono nascere nell'arco di tempo di pochi mesi, invece che di diversi anni come tradizionalmente, e quindi di permettere un uso ben più efficace e sicuro delle reti e dei sistemi distribuiti da parte di industrie e società nel prossimo futuro anche su scala world-wide.</p> <p>Il laureato magistrale in CSN sarà in grado di svolgere attività che richiedono l'uso di metodologie avanzate nella analisi, progettazione, sviluppo e gestione di infrastrutture distribuite e di applicazioni in rete basate su tali infrastrutture.</p> <p>A questo scopo, i laureati possiederanno una profonda conoscenza delle basi fondamentali dell'informatica e delle comunicazioni, e conoscenze specialistiche delle tecnologie informatiche e di comunicazione riguardo a:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>* sistemi distribuiti e piattaforme abilitanti, architetture a servizi, sistemi ad alte prestazioni, pervasive &amp; mobile computing,</li><li>* reti di accesso su vari livelli di scala geografica, trasmissione e tecnologie ottiche, modelli e tecniche di ingegneria del traffico,</li><li>* paradigmi, modelli e strumenti di programmazione e sviluppo applicazioni, di analisi, progettazione e valutazione di sistemi e applicazioni, pilotate da parametri di Qualità del Servizio.</li></ul> <p>LM-CSN si avvarrà di laboratori avanzati di architettura, programmazione, comunicazione in configurazioni complesse centralizzate, parallele e distribuite, organizzati in modo da permettere ad ogni studente di accedere ed utilizzare apparecchiature e strumenti in modo indipendente.</p> <p>LM-CSN intende avere una caratterizzazione e organizzazione di tipo internazionale, basata su corsi tenuti in lingua inglese, allo scopo di attrarre studenti da varie parti del mondo, grazie al prestigio delle istituzioni proponenti ed alla qualità della ricerca nei rispettivi settori riconosciuta a livello internazionale. È previsto il contributo di docenti del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, in particolare appartenenti al settore scientifico-disciplinare ING-INF/03 operanti nell'area Networking. Esiste la volontà di verificare, successivamente all'attivazione, la formalizzazione della collaborazione in una laurea magistrale di tipo interfacoltà.</p>
<b>Description</b>	<p>The two year master degree program in Computer Science and Networking (LM-CSN) has been designed to meet the growing demand for an emerging kind of professionals with expertise in both the information and the networking technologies in a strongly integrated manner. These expertise is needed in the design and implementation of both innovative hardware-software distributed infrastructures and service-based distributed applications in several areas of industry, e-business, research, social and citizen services, public administration.</p> <p>A professional with strong expertise in both information and networking sciences and technologies is without precedence in the current scenario of national master programs, and few are the examples at the international level.</p> <p>In the last twenty years Internet has radically transformed the approach to realizing many activities in the industrial, social and scientific world, as well as in everyday life. Recently, the ICT scientific and industrial community has shown how further drastic evolutions and</p>



	<p>changes in infrastructures will be needed in the next 10-15 years to meet new and pressing requirements by the applications. Among them: industrial automation, e-business, real-time and mission-critical systems, emergency and disaster management, ubiquitous health care, intelligent urban sensors, remote presence and remote control, energy source management, vehicular networks, and many others. The foreseen, and partially current, evolutions and changes (Future Internet) must allow new applications to be developed in few months, instead of several years as traditionally, thus granting a much more efficient and secure utilization of networks and distributed systems by the industry and society in a world-wide scale.</p> <p>This professional in CSN will be able to perform activities requiring advanced methodologies in design, development, direction, evaluation, testing and management of distributed infrastructures and networked applications. With this goal in mind, they will possess a deep knowledge of Computer Science and Networking fundamentals and specialized knowledge in ICT aspects:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- distributed systems and enabling platforms, service oriented architectures, high-performance computing, pervasive &amp; mobile computing,</li><li>- access networks at various scale levels, transmission and optical technologies, traffic engineering models and techniques,</li><li>- paradigms, programming models and tools for QoS-driven design methods and techniques in analysis, design, implementation, evaluation and verification.</li></ul> <p>Such expertise will be developed also through Excellence Courses for students of Sant' Anna Superior School and of University of Pisa.</p> <p>The professional in Computer Science and Networking has a strong capability to designing, prototyping, experimenting, optimizing and evaluation. To achieve this goal, some courses will be supported by advanced laboratories in architecture, programming and communication in complex centralized, parallel and distributed configurations.</p> <p>The master degree program in Computer Science and Networking will have an international character, based on courses in English language, in order to attract students from various parts of the world. This is feasible owing to the prestige of the partner institutions and to their high quality of research well recognized at the international level.</p> <p>The Department of Information Engineering, Faculty of Engineering, of the University of Pisa will contribute to the LM-CSN, with professors in the area of Networking and Communications. The partners are willing to verify, after the activation of the course, the transformation of this collaboration into an inter-faculty course.</p>
<b>Numero Programmato</b>	Locale
<b>Numero Posti</b>	40
<b>Motivaz. Num. Progr. Locale</b>	<p>Il laureato in Informatica e Networking deve possedere una spiccata capacità di progettazione, prototipazione, sperimentazione, ottimizzazione e valutazione di sistemi ed applicazioni complesse. A questo fine, un buon numero di insegnamenti sarà dotato di laboratori, sia presso il polo didattico e il Dipartimento di Informatica dell' Università di Pisa che presso la Scuola Superiore Sant' Anna, in cui sviluppare e affinare queste capacità. Si tratta di sofisticati ed avanzati laboratori di architettura, programmazione e comunicazione in complesse configurazioni hardware-software centralizzate, parallele e distribuite. Vista questa caratterizzazione, i laboratori saranno realizzati e organizzati in modo da permettere ad ogni studente di accedere ed utilizzare apparecchiature e strumenti in modo indipendente. L' accesso ai laboratori è quindi possibile, con efficienza di profitto, solo su classi di non elevata numerosità.</p> <p>L' internazionalizzazione del presente corso di laurea magistrale è ulteriore elemento che contribuisce ad aumentare significativamente il bacino di utenza potenzialmente interessato all' ammissione ma che, di conseguenza, richiede accurata selezione delle candidature che pervengono su base mondiale.</p> <p>Anche in base alle recenti immatricolazioni in corsi di laurea specialistica nel settore ICT, si stima che la richiesta di laureati in Informatica e Networking si aggirerà, almeno inizialmente, su qualche decina di unità: il numero di studenti indicato (40) tiene conto della prevista domanda di studenti stranieri, ed al contempo rende possibile attirare un congruo numero di studenti italiani particolarmente meritevoli.</p> <p>Tutte le motivazioni suddette sono grandemente rafforzate dal fatto che la Scuola Superiore Sant' Anna ha come scopo statutario, in analogia ad altre scuole superiori italiane, l' istruzione e la formazione di studenti con caratteristiche di eccellenza. I programmi di formazione offerti dalla Scuola Sant' Anna, sono tutti, senza esclusione, a numero programmato al fine del mantenimento di un rapporto controllato docente/allievo, necessario a garantire la qualità dello standard formativo assunti dalla Scuola.</p>
<b>Numero Stimato matricole</b>	40
<b>Requisiti di ammissione</b>	<p>Il Corso di Laurea Magistrale in Informatica e Networking è a numero programmato locale, limitato a 40 posti. Per l' ammissione al Corso è quindi prevista una Prova di Selezione, aperta anche a studenti europei ed extra-europei.</p> <p>La Prova di Selezione, da effettuare qualunque sia il numero delle domande, consta di una prova scritta e/o di una prova orale secondo quanto stabilito annualmente dal Consiglio di Corso di Studi. La Commissione di Selezione è composta da docenti dell' Università di Pisa e</p>



	<p>della Scuola Superiore Sant' Anna secondo quanto previsto dalla Convenzione tra le due istituzioni.</p> <p>Per essere ammessi alla Prova di Selezione, i candidati devono essere in possesso di requisiti curriculari relativi ai fondamenti delle scienze e tecnologie dell' informazione. I requisiti curriculari minimi sono i seguenti:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- 12 CFU complessivi in uno o più dei settori scientifico-disciplinari MAT/01, MAT/02, MAT/03, MAT/04, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09, FIS/01, FIS/02, FIS/03;</li><li>- 60 CFU complessivi in uno o più dei settori scientifico-disciplinari INF/01, ING-INF/03, ING-INF/05.</li></ul> <p>Tali requisiti sono automaticamente soddisfatti dalle seguenti classi di laurea e lauree o diplomi di laurea:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Classe 26, relativa al DM 509/1999 (Scienze e Tecnologie Informatiche);</li><li>- Classe L-31, relativa al DM 270/2004 (Scienze e Tecnologie Informatiche);</li><li>- Classe 9, relativa al DM 509/1999 (Ingegneria dell' Informazione), lauree o diplomi di laurea: Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni;</li><li>- Classe L-8, relativa al DM 270/2004 (Ingegneria dell' Informazione), lauree o diplomi di laurea: Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni.</li></ul> <p>I requisiti curriculari minimi devono comunque essere soddisfatti per candidati in possesso di laurea o diploma di laurea diversi dai precedenti o in classi diverse dalle precedenti. Per l' ammissione alla Prova di Selezione sono validi titoli rilasciati da Università straniera, valutati equivalenti ad una delle suddette classi o comunque idonei a rispettare i requisiti curriculari.</p> <p>In tutti i casi, l' adeguatezza delle conoscenze e delle competenze dei candidati è comunque accertata mediante la Prova di Selezione.</p> <p>Requisito per l' adeguatezza della preparazione è altresì una buona conoscenza della lingua inglese, che rappresenta la lingua con cui vengono tenuti gli insegnamenti.</p>
<b>Voto di Laurea</b>	Voto di laurea in 110-esimi. Il voto viene determinato sommando alla media degli esami, pesata rispetto al numero di CFU, la valutazione della discussione della tesi. Questa valutazione, compresa tra 0 e 11 punti, viene data sulla base di criteri stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Base multiplo CFU</b>	3
<b>Specifica CFU</b>	17/25 studio individuale, 8/25 attività in aula.
<b>Attività di ricerca rilevante</b>	<p>Il Dipartimento di Informatica dell' Università di Pisa consta di 22 professori ordinari, 18 professori associati, 15 ricercatori, 1 ricercatore in formazione e 4 assistenti. La maggioranza dei docenti afferisce al settore scientifico disciplinare INF/01-Informatica. Sono coperti anche i settori MAT/08-Analisi Numerica, MAT/09-Ricerca Operativa, FIS/07-Fisica Applicata e BIO/10-Biochimica. Il Dottorato di Ricerca in Informatica ha sede amministrativa presso il Dipartimento di Informatica e fa parte della Scuola di Dottorato di Eccellenza in Scienze di Base "Galileo Galilei".</p> <p>Se consideriamo la classificazione dell' Association for Computing Machinery (ACM), la principale organizzazione che raccoglie professionisti, docenti e ricercatori informatici, la ricerca nel dipartimento ricade nelle seguenti aree: Computer Systems Organization, Software, Data, Theory of Computation, Mathematics of Computing, Information Systems, Computing Methodologies, Computer Applications, in ognuna delle quali il dipartimento è attivo in molti qualificati progetti nazionali ed internazionali, oltre che in collaborazione con le più significative industrie del settore.</p> <p>La natura multidisciplinare del dipartimento con una varietà di competenze culturali, scientifiche e tecnologiche permette di guidare gli studenti all' interno di percorsi formativi rivolti sia alla ricerca di base (fondazionale e/o sperimentale) che all' acquisizione di abilità professionali attuabili nel mondo del lavoro. Pertanto, nel Dipartimento di Informatica sono presenti quelle competenze scientifico/tecnologiche coerenti, rilevanti e necessarie per formare un laureato magistrale nella classe LM-18.</p> <p>Il Dipartimento di Ingegneria dell' Informazione contribuisce con competenze scientifiche di altissima qualificazione con gruppi di ricerca, nel settore ING-INF/03 e nel campo del networking, attivi su apparati, protocolli e tecniche di comunicazione su reti fisse e wireless, che collaborano attivamente con i gruppi proponenti del Dipartimento di Informatica.</p> <p>Il Centro di Eccellenza per l' Ingegneria dell' Informazione e della Comunicazione (CEIIC) della Scuola Superiore Sant' Anna comprende personale universitario della Scuola Superiore Sant' Anna e ricercatori aggregati del co-locato Laboratorio Nazionale di Reti Fotoniche del CNIT (Consorzio Nazionale Interuniversitario per le Telecomunicazioni). L' attuale consistenza del Centro è di circa 50 persone tra professori, ricercatori, allievi perfezionandi, assegnisti di ricerca e collaboratori di ricerca.</p> <p>Le attività di ricerca del CEIIC includono un largo ventaglio di tematiche di ricerca applicata e di ricerca di base sia per quanto riguarda gli aspetti teorici che quelli sperimentali nel campo delle telecomunicazioni afferenti al settore disciplinare ING-INF/03 e dei Sistemi di Elaborazione delle Informazioni afferenti al settore disciplinare ING-INF/05. In particolare, relativamente al settore ING-INF/03 le macro-aree coperte riguardano le tecniche di controllo del servizio, le reti ottiche di backbone e di accesso, le reti wireless, le tecnologie e i componenti fotonici, i sistemi e le tecniche di comunicazione ottica e le tecniche di</p>



	processamento tutto-ottico del segnale.
<b>CFU Docenti interni minimo</b>	81
<b>CFU Docenti interni massimo</b>	228
<b>CFU Docenti esterni minimo</b>	0
<b>CFU Docenti esterni massimo</b>	24
<b>Docenti di rif. per requisiti minimi</b>	<p>Università di Pisa: Vincenzo Ambriola, ordinario INF/01, 6 CFU Giuseppe Attardi, ordinario INF/01, 9 CFU Antonio Brogi, ordinario INF/01, 9 CFU Roberto Bruni, ricercatore, INF/01, 6 CFU Marco Danelutto, associato INF/01, 9 CFU Paolo Ferragina, ordinario INF/01, 6 CFU Ugo Montanari, ordinario INF/01, 6 CFU Marco Vanneschi, ordinario INF/01, 6 CFU</p> <p>Scuola Superiore Sant' Anna: Piero Castoldi, associato ING-INF/03, 6 CFU Ernesto Ciaramella, associato ING-INF/03, 6CFU Marco Di Natale, associato ING-INF/05, 6 CFU Fabrizio Di Pasquale, associato ING-INF/03, 6 CFU Enrico Forestieri, ordinario ING-INF/03, 6 CFU Giancarlo Prati, ordinario ING-INF/03, 6CFU</p>
<b>Percorso Eccellenza</b>	Istituzionalmente la Scuola Superiore Sant' Anna prevede che il reclutamento dei propri allievi avvenga attraverso procedure volte ad accertare l' elevata preparazione e le potenzialità di sviluppo culturale e professionale dei candidati. Questa caratterizzazione verrà adottata anche per gli studenti della Laurea Magistrale in Informatica e Networking. Il superamento del concorso di ammissione ai Corsi ordinari dà automaticamente accesso alla LM e esonera dalla partecipazione alle prove selettive per l' ammissione della LM. Un percorso di eccellenza verrà istituito anche da parte dell' Università di Pisa.
<b>Rapporto con il mondo del lavoro</b>	<p>I rapporti con il mondo del lavoro rappresentano un ulteriore punto di forza della Laurea Magistrale in Informatica e Networking, grazie ai rapporti di collaborazione con imprese nazionali e multinazionali del settore, e con enti pubblici locali e nazionali. Tra le grandi imprese si segnalano Microsoft, Hewlett Packard, IBM, Selex Sistemi Integrati ed altre aziende del Gruppo Finmeccanica, Athos Origin, TXT e-solutions, Alcatel-Lucent, Marconi-Ericsson. Tra gli enti pubblici, rapporti costanti si hanno con CNR e tutte le altre principali istituzioni di ricerca, Agenzia Spaziale Italiana, CNIT, diverse reti di eccellenza europee, nonché pubbliche amministrazioni locali e periferiche.</p> <p>In particolare il Centro di Eccellenza per l' Ingegneria dell' Informazione e della Comunicazione è parte del Centro Integrato di Ricerca sulle Reti e Tecnologie Fotoniche (IRCPoNeT) insieme al Laboratorio Nazionale di Reti Fotoniche e al Laboratorio di Ricerca e Sviluppo Marconi-Ericsson di Pisa. I tre laboratori sono insediati nello stesso edificio sull' area di ricerca del CNR di S. Cataldo e collaborano mediante un accordo di ricerca di lungo termine su attività di ricerca e formative. Inoltre il CEIIC ha accordi di ricerca con altre aziende italiane del gruppo Finmeccanica (es. Selex Communications), Rete Ferrovie Italiane, e altre piccole e medie imprese per le quali svolge attività di ricerca nel campo delle reti di comunicazione e relative tecnologie.</p> <p>Questo ricco insieme di rapporti con il mondo del lavoro costituisce la base su cui realizzare collaborazioni didattiche sotto forma di esercitazioni speciali (sotto la responsabilità dei docenti), stage e tesi esterne, per permettere agli studenti di verificare la loro preparazione professionale mediante attività in contesti ad alta tecnologia e/o in applicazioni distribuite a diretto contatto con l' utenza. Queste esperienze verranno organizzate sulla base degli indirizzi scelti dagli studenti.</p>
<b>Informazioni aggiuntive</b>	<p><b>MOTIVAZIONI DELL' ISTITUZIONE DEL CORSO INTERATENEO</b></p> <p>Una figura professionale, che possieda elevate competenze scientifiche e tecnologiche tanto nelle discipline informatiche che in quelle di networking in maniera fortemente integrata, non ha riscontri nell' attuale panorama delle lauree nazionali e pochissimi sono anche gli esempi a livello internazionale. Molto significativo è il fatto che, a livello internazionale, le discipline dell' ICT tendano ad integrarsi sempre più allo scopo di affrontare in modo nuovo e più efficace lo studio e la realizzazione di sistemi distribuiti ed applicazioni distribuite.</p> <p>Per questi motivi, l' attuazione della Laurea Magistrale in Informatica e Networking richiede elevate competenze ed esperienze, scientifiche e tecnologiche, in entrambi i settori. Tali competenze con l' obiettivo primario della stretta relazione tra ricerca e didattica, non si riscontrano in un singolo dipartimento universitario ma vanno ricercate in più sedi ad alta specializzazione. Le desiderate caratteristiche di complementarità e, al tempo stesso, di integrazione sono attuabili con successo nell' ambito della collaborazione tra</p> <p>- le aree scientifico-disciplinari comprese nel Dipartimento di Informatica e nel Dipartimento</p>



dell' Ingegneria dell' Informazione dell' Università di Pisa,  
- il Centro di Eccellenza per l' Ingegneria dell' Informazione e della Comunicazione della Scuola Superiore Sant' Anna.  
La collaborazione tra Università di Pisa e Scuola Superiore Sant' Anna permette di integrare e valorizzare al meglio le rispettive competenze ed esperienze nei settori delle scienze e tecnologie di informatica e delle comunicazioni per costruire la nuova figura professionale ad alta specializzazione e qualificazione.  
Le istituzioni proponenti hanno una elevata reputazione scientifica, riconosciuta a livello internazionale, anche grazie alla partecipazione, tuttora in atto, a rilevanti progetti di ricerca e reti di eccellenza a livello europeo e nazionale, ed a importanti collaborazioni con industrie nazionali e multinazionali.

**SBOCCHI OCCUPAZIONALI E PROFESSIONALI**  
Lo sbocco occupazionale naturale del laureato magistrale in CSN è  
- nelle imprese operanti nel campo delle infrastrutture hardware-software di calcolo networking, sistemi distribuiti, architetture a servizi, sistemi ad alte prestazioni, cluster computing, grid computing, global computing, cloud computing,  
- nelle imprese, enti pubblici e pubbliche amministrazioni operanti nel campo delle applicazioni basate su servizi distribuiti, come automazione industriale, e-business, sistemi real-time e mission-critical, gestione di emergenze e disastri, ubiquitous health care, intelligent urban sensors, telepresenza e telecontrollo, gestione delle fonti energetiche, vehicular networks, e molte altre ancora.  
Infine, il laureato magistrale in Informatica e Networking sarà dotato di una preparazione culturale, scientifica, tecnologica e metodologica di base che gli permetterà di accedere ai livelli di studio universitario successivi alla laurea magistrale nei settori dell' informatica e comunicazioni.

## Curricula CdS Informatica e networking

<b>Denominazione</b>	Informatica e networking
<b>Title</b>	Computer Science and Networking
<b>Descrizione</b>	<p>La Laurea Magistrale in Computer Science and Networking prevede un unico curriculum con gli obiettivi, figura professionale e caratteristiche descritte nella definizione del Corso di Laurea.</p> <p>Il curriculum consta di</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 insegnamenti fondamentali nei settori INF/01, e ING-INF/03, per complessivi 81 CFU,</li> <li>- 2 insegnamenti complementari nei settori INF/01, ING-INF/03, ING-INF/05, MAT/08, MAT/09, per complessivi 15 CFU,</li> <li>- 1 esame a scelta, per 9 CFU,</li> <li>- la tesi di laurea con un impegno di 15 CFU.</li> </ul> <p>I complementari sono organizzati in un numero limitato di piani di studio tendenti a completare il curriculum con l'approfondimento di una tematica specifica. Ogni piano di studio consta di un insegnamento da 9CFU ed uno da 6 CFU, scelti da due rispettivi gruppi di insegnamenti.</p> <p>Sono previsti tre piani di studio:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Piano di studio: Distributed Systems and Applications,</li> <li>2) Piano di studio: Distributed Systems and Infrastructures,</li> <li>3) Piano di studio: Distributed Systems and Architectures.</li> </ol> <p>La tesi di laurea si svolge nel contesto del piano di studio scelto.</p> <p>Per l'esame a scelta lo studente ha a disposizione anche gli insegnamenti complementari, consigliati, nell'insieme dei gruppi da 9 CFU.</p> <p>Le propedeuticità tra esami sono stabilite dal Consiglio di Corso di Studi.</p>
<b>Description</b>	<p>The two year master degree in Computer Science and Networking is organized around just one curriculum, whose objectives, professional features, and characteristics have been described in the general definition.</p> <p>This curriculum consists of</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 9 basic (major) subjects in the scientific sectors INF/01 and ING-INF/03, for a total of 81 CFUs,</li> <li>- 2 subsidiary (minor) subjects in the scientific sectors INF INF/01, ING-INF/03, ING-INF/5, MAT/08, MAT/09, for a total of 15 CFUs,</li> <li>- 1 subject the student is free to choose, 9 CFUs</li> <li>- the Master Thesis, weighted as 15 CFUs.</li> </ul> <p>The subsidiary subjects are organized in a limited number of courses ("piani di studio") which complete the curriculum in a specific area. Every course consists of a 9 CFU subject and a 6 CFU subject, selected from two respective groups according to the indications of the Faculty.</p> <p>Courses are organized around three main classes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Piano di studio: Distributed Systems and Applications,</li> <li>2) Piano di studio: Distributed Systems and Infrastructures,</li> <li>3) Piano di studio: Distributed Systems and Architectures.</li> </ol> <p>The Master Thesis is performed in the context of the chosen course.</p> <p>For the remaining subject, the student is free to choose, the 9 CFU subjects groups are available and recommended.</p> <p>Propaedeutivities of exams are established by the Consiglio di Corso di Studi.</p>



Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
1	Attività	Algorithm engineering	6	INF/01 Algorithm Engineering - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Esame a scelta	9	Esame a scelta - Altre attività - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Programmazione avanzata	9	INF/01 Programmazione avanzata - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Reti di accesso, metropolitane e di dorsale	12	ING-INF/03 Reti di accesso, metropolitane e di dorsale - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti	6	INF/01 Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli	9	INF/01 Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche	12	ING-INF/03 Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
CFU			63	
2	Attività	Gestione e configurazione delle reti	9	ING-INF/03 Gestione e configurazione delle reti - Affini o integrative - 9
				- - 0
				- - 0
	Gruppo	GR6i	6	Complementari da 6 CFU di informatica AFFINI



Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
	Gruppo	GR9i	9	Complementari da 9 CFU di informatica CARATTERIZZANTI
	Attività	Ingegneria dei servizi software	9	INF/01 Ingegneria dei servizi software - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Modelli di calcolo	9	INF/01 Modelli di calcolo - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Tesi di laurea	15	Tesi di laurea - Prova finale - 15 - - 0 - - 0 - - 0
CFU			57	
CFU Corso			120	





Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
1	Attività	Algorithm engineering	6	INF/01 Algorithm Engineering - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Esame a scelta	9	Esame a scelta - Altre attività - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Programmazione avanzata	9	INF/01 Programmazione avanzata - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Reti di accesso, metropolitane e di dorsale	12	ING-INF/03 Reti di accesso, metropolitane e di dorsale - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti	6	INF/01 Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli	9	INF/01 Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche	12	ING-INF/03 Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
CFU			63	
2	Attività	Gestione e configurazione delle reti	9	ING-INF/03 Gestione e configurazione delle reti - Affini o integrative - 9
				- - 0
				- - 0
	Gruppo	GR6a	6	Complementari da 6 CFU di ing-comunicazioni AFFINI



Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
	Gruppo	GR9a	9	Complementari da 9 CFU di ing-comunicazioni AFFINI
	Attività	Ingegneria dei servizi software	9	INF/01 Ingegneria dei servizi software - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Modelli di calcolo	9	INF/01 Modelli di calcolo - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Tesi di laurea	15	Tesi di laurea - Prova finale - 15 - - 0 - - 0 - - 0
CFU			57	
CFU Corso			120	



Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
1	Attività	Algorithm engineering	6	INF/01 Algorithm Engineering - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Esame a scelta	9	Esame a scelta - Altre attività - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Programmazione avanzata	9	INF/01 Programmazione avanzata - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Reti di accesso, metropolitane e di dorsale	12	ING-INF/03 Reti di accesso, metropolitane e di dorsale - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti	6	INF/01 Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti - Caratterizzanti - 6
				- - 0
				- - 0
	Attività	Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli	9	INF/01 Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli - Caratterizzanti - 9
				- - 0
				- - 0
	Attività	Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche	12	ING-INF/03 Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche - Affini o integrative - 12
				- - 0
				- - 0
CFU			63	
2	Attività	Gestione e configurazione delle reti	9	ING-INF/03 Gestione e configurazione delle reti - Affini o integrative - 9
				- - 0
				- - 0
	Gruppo	GR6c	6	Complementari da 6 CFU di comunicazioni AFFINI



Anno	Attività/Gruppo	Denominazione	CFU	Moduli: SSD - Tipologia - CFU
	Gruppo	GR9c	9	Complementari da 9 CFU di comunicazioni AFFINI
	Attività	Ingegneria dei servizi software	9	INF/01 Ingegneria dei servizi software - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Modelli di calcolo	9	INF/01 Modelli di calcolo - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
	Attività	Tesi di laurea	15	Tesi di laurea - Prova finale - 15 - - 0 - - 0 - - 0
CFU			57	
CFU Corso			120	

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
GR-s	9	Esami a scelta consigliati - 9 CFU			
			Amplificazione ottica e sensoristica	9	ING-INF/03 Amplificazione ottica e sensoristica - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Architetture, componenti e servizi di rete	9	ING-INF/03 Architetture, componenti e servizi di rete - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless	9	ING-INF/03 Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Commutazione fotonica	9	ING-INF/03 Commutazione fotonica - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Complementi di piattaforme abilitanti distribuite	9	INF/01 Complementi di piattaforme abilitanti distribuite - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Ingegneria del teletraffico	9	ING-INF/03 Ingegneria del teletraffico - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0
			Metodi di ottimizzazione delle reti	9	MAT/09 Metodi di ottimizzazione delle reti - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Paradigmi ed architetture avanzate	9	INF/01 Paradigmi ed architetture avanzate - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Propagazione ed ottica applicata	9	ING-INF/03 Propagazione ed ottica applicata - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Reti e tecnologie per le telecomunicazioni	9	ING-INF/03 Reti e tecnologie per le telecomunicazioni - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Sicurezza nelle reti	9	INF/01 Sicurezza nelle reti - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti	9	INF/01 Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0
			Tecniche di data mining	9	INF/01 Tecniche di data mining - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Tecniche numeriche e applicazioni	9	MAT/08 Tecniche numeriche e applicazioni - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Teoria dell'informazione e della trasmissione	9	INF/01 Teoria dell'informazione e della trasmissione - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
GR6a	6	Complementari da 6 CFU di ing-comunicazioni AFFINI			
			Architetture di commutazione ed elaborazione dati a pacchetto	6	ING-INF/03 Architetture di commutazione ed elaborazione dati a pacchetto - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Aspetti architetture e di progetto di sistemi multimediali	6	ING-INF/03 Aspetti architetture e di progetto di sistemi multimediali - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Prestazioni di reti multimediali	6	ING-INF/03 Prestazioni di reti multimediali - Affini o integrative - 6

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0 - - 0 - - 0
GR6c	6	Complementari da 6 CFU di comunicazioni AFFINI			
			Ambienti virtuali su rete	6	ING-INF/03 Ambienti virtuali su rete - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Laboratorio di sistemi fotonici	6	ING-INF/03 Laboratorio di sistemi fotonici - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Sistemi embedded	6	ING-INF/05 Sistemi embedded - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Sistemi real-time	6	ING-INF/05 Sistemi real-time - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Teoria dell'affidabilità	6	ING-INF/03 Teoria dell'affidabilità - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
GR6i	6	Complementari da 6 CFU di informatica			



Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
		AFFINI			
			Algoritmi paralleli e distribuiti	6	INF/01 Algoritmi paralleli e distribuiti - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Applicazioni parallele e distribuite	6	INF/01 Applicazioni parallele e distribuite - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Basi di dati distribuite e parallele	6	INF/01 Basi di dati distribuite e parallele - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Componenti distribuite	6	INF/01 Componenti distribuite - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Information retrieval	6	INF/01 Information retrieval - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Laboratorio di progettazione di software distribuito	6	INF/01 Laboratorio di progettazione di software distribuito - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
			Metodi di ottimizzazione delle reti	9	MAT/09 Metodi di ottimizzazione delle reti - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Metodi formali per la sicurezza	6	INF/01 Metodi formali per la sicurezza - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Metodi per la specifica e la verifica di processi di business	6	INF/01 Metodi per la specifica e la verifica di processi di business - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Metodi per la verifica del software	6	INF/01 Metodi per la verifica del software - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Modelli di costo e progettazione di supporti	6	INF/01 Modelli di costo e progettazione di supporti - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Pervasive computing	6	INF/01 Pervasive computing - Affini o integrative - 6 - - 0 - - 0 - - 0
			Programmazione concorrente	6	INF/01 Programmazione concorrente - Affini o integrative - 6

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0
					- - 0
					- - 0
			Sistemi operativi distribuiti	6	INF/01 Sistemi operativi distribuiti - Affini o integrative - 6
					- - 0
					- - 0
					- - 0
			Sistemi peer to peer	6	INF/01 Sistemi peer to peer - Affini o integrative - 6
					- - 0
					- - 0
					- - 0
			Tecniche numeriche e applicazioni	9	MAT/08 Tecniche numeriche e applicazioni - Affini o integrative - 9
					- - 0
					- - 0
					- - 0
			Tolleranza ai guasti in sistemi distribuiti	6	INF/01 Tolleranza ai guasti in sistemi distribuiti - Affini o integrative - 6
					- - 0
					- - 0
					- - 0
			Virtualizzazione dei sistemi: metodologie, progetto e utilizzo	6	INF/01 Virtualizzazione dei sistemi: metodologie, progetto e utilizzo - Affini o integrative - 6
					- - 0
					- - 0
					- - 0
GR9a	9	Complementari da 9 CFU di			

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
		ing-comunicazioni AFFINI			
			Architetture, componenti e servizi di rete	9	ING-INF/03 Architetture, componenti e servizi di rete - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless	9	ING-INF/03 Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Ingegneria del teletraffico	9	ING-INF/03 Ingegneria del teletraffico - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
GR9c	9	Complementari da 9 CFU di comunicazioni AFFINI			
			Amplificazione ottica e sensoristica	9	ING-INF/03 Amplificazione ottica e sensoristica - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Commutazione fotonica	9	ING-INF/03 Commutazione fotonica - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Propagazione ed ottica applicata	9	ING-INF/03 Propagazione ed ottica applicata - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0
			Reti e tecnologie per le telecomunicazioni	9	ING-INF/03 Reti e tecnologie per le telecomunicazioni - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
GR9i	9	Complementari da 9 CFU di informatica CARATTERIZZANTI			
			Complementi di piattaforme abilitanti distribuite	9	INF/01 Complementi di piattaforme abilitanti distribuite - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Paradigmi ed architetture avanzate	9	INF/01 Paradigmi ed architetture avanzate - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Sicurezza nelle reti	9	INF/01 Sicurezza nelle reti - Affini o integrative - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti	9	INF/01 Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti - Caratterizzanti - 9 - - 0 - - 0 - - 0
			Tecniche di data mining	9	INF/01 Tecniche di data mining - Caratterizzanti - 9 - - 0

Gruppo	CFU gruppo	Descrizione	Attività formativa	CFU a.f.	Moduli : SSD - Tipologia - CFU
					- - 0
					- - 0
			Teoria dell'informazione e della trasmissione	9	INF/01 Teoria dell'informazione e della trasmissione - Caratterizzanti - 9
					- - 0
					- - 0
					- - 0

<b>Denominazione</b>	Algorithm engineering
<b>Title</b>	Algorithm engineering
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>In questo corso studieremo, progetteremo e analizzeremo (con modelli teorici e attraverso risultati sperimentali) soluzioni algoritmiche e strutture dati avanzate per la risoluzione efficiente di problemi combinatori che coinvolgono vari tipi di dato? quali interi, stringhe, punti (geometrici), alberi, grafi. Il progetto interesserà alcuni modelli di calcolo? RAM, 2-level memory, cache-oblivious, streaming? al fine di ottenere soluzioni algoritmiche le cui valutazioni teoriche ben riflettono le loro prestazioni reali, poiché tengono conto delle caratteristiche architettoniche e della gerarchia di memoria dei moderni PC.</p> <p>Ogni lezione seguirà un approccio problem-driven che inizia considerando un problema reale, lo astrae in modo combinatorio, e poi procede al progetto e analisi di soluzioni algoritmiche tese a minimizzare l'uso di alcune risorse computazionali quali: tempo, spazio, comunicazione, I/O, etc. Alcune soluzioni viste in classe saranno discusse anche a livello sperimentale al fine di introdurre degli strumenti appropriati per l'ingegnerizzazione e il tuning del codice.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) RAM model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Data compression</li> <li>b. Data processing: randomized, adaptive, self-adjusting</li> <li>c. Data indexing and searching: strings, geometric points, trees and graphs</li> </ol> </li> <li>2) 2-level memory model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definition and properties</li> <li>b. Data sorting and permuting</li> <li>c. Data indexing and searching: strings and multi-dimensional data</li> <li>d. Data sketching: bloom filters and count-min sketch</li> </ol> </li> <li>3) Cache-oblivious model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definition and properties</li> <li>b. Matrix multiplication</li> <li>c. VEB layout</li> <li>d. Tree mapping</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti. L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>In this course we will study, design and analyze (theoretically and experimentally) advanced algorithms and data structures for the efficient solution of combinatorial problems involving all basic data types, such as integers, strings, (geometric) points, trees and graphs. These algorithmic tools will be designed and analyzed in several models of computation? such as RAM, 2-level memory, cache-oblivious, streaming? in order to take into account the architectural features and the memory hierarchy of modern PCs.</p> <p>Every lecture will follow a problem-driven approach that starts from a real software-design problem, abstracts it in a combinatorial way (suitable for an algorithmic investigation), and then introduces algorithmic solutions aimed at minimizing the use of some computational resources like time, space, communication, I/O, etc. Some of these solutions will be discussed at an experimental level, in order to introduce proper engineering and tuning tools for algorithmic development.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) RAM model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Data compression</li> <li>b. Data processing: randomized, adaptive, self-adjusting.</li> <li>c. Data indexing and searching: strings, geometric points, trees and graphs</li> </ol> </li> <li>2) 2-level memory model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definition and properties</li> <li>b. Data sorting and permuting</li> <li>c. Data indexing and searching: strings and multi-dimensional data</li> <li>d. Data sketching: bloom filters and count-min sketch</li> </ol> </li> <li>3) Cache-oblivious model             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definition and properties</li> <li>b. Matrix multiplication</li> <li>c. VEB layout</li> <li>d. Tree mapping</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits. Written and oral exam.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Algorithm Engineering
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni

## Lista Attività formative

CFU	6
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Algoritmi paralleli e distribuiti
<b>Title</b>	Parallel and distributed algorithms
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi Il corso introduce le principali tecniche algoritmiche nell'ambito dei modelli di calcolo paralleli e distribuiti. Definisce i parametri di complessità significativi per questi modelli, i limiti computazionali e gli strumenti necessari per affrontare il progetto e l'analisi di algoritmi paralleli e distribuiti.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Modelli di calcolo             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Il modello PRAM</li> <li>b. Reti a parallelismo fissato, BSP</li> <li>c. Il modello distribuito</li> </ol> </li> <li>2) Tecniche di progetto e analisi di algoritmi paralleli:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Somme prefisse, List ranking, Euler tour.</li> <li>b. Altre tecniche e problemi difficilmente parallelizzabili</li> </ol> </li> <li>3) Tecniche di progetto e analisi di algoritmi distribuiti:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. La complessità della comunicazione</li> <li>b. Algoritmi di controllo</li> <li>c. Algoritmi fault tolerant</li> <li>d. Manipolazioni di dati distribuiti</li> </ol> </li> <li>4) Esempi classici:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Coordinazione e controllo</li> <li>b. Broadcast e Spanning Tree.</li> <li>c. Calcolo su alberi: Saturazione e valutazione di funzioni.</li> <li>d. L'elezione su anello e altre reti.</li> <li>e. Routing</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso 6 crediti. L'esame consiste in una prova scritta che comprende il progetto di algoritmi e domande teoriche.</p>
<b>Description</b>	<p>The goal of the course is to introduce the main algorithmic techniques in the framework of parallel and distributed models of computing; to define the most significant complexity parameters and the computational limits of parallelism and concurrency. Finally computational tools to design and analyze parallel and distributed algorithms are given.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Models of computation             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. The PRAM model</li> <li>b. Bounded degree networks. BSP.</li> <li>c. The distributed model.</li> </ol> </li> <li>2) Design and analysis of parallel algorithms             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Prefix sums, List Ranking, Euler tour.</li> <li>b. Standard techniques and inner sequential problems.</li> </ol> </li> <li>3) Design and analysis of distributed algorithms             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Communication complexity.</li> <li>b. Control algorithms.</li> <li>c. Fault tolerant algorithms .</li> <li>d. Distributed data manipulation.</li> </ol> </li> <li>4) Classical examples             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Coordination and Control.</li> <li>b. Broadcast e Spanning tree.</li> <li>c. Computation on trees: Saturation, functions evaluation.</li> <li>d. Election on Ring and other networks.</li> <li>e. Routing.</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p>



## Lista Attività formative

	6 credits. Exam consists on a written test including both the design of algorithms and theoretical questions.
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta che comprende il progetto di algoritmi e domande teoriche.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Algoritmi paralleli e distribuiti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Ambienti virtuali su rete
<b>Title</b>	Networked virtual environments
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce i fondamenti alla base degli Ambienti Virtuali, includendo un'analisi delle forme di comunicazione dati via rete più comunemente usate in quest'ambito. Il corso fornisce inoltre un' introduzione agli strumenti di sviluppo e le relative metodologie di progettazione. Esercitazioni pratiche in aula daranno agli studenti l'opportunità di eseguire test su esempi concreti.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Aspetti teorici             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Concetti generali</li> <li>b. Introduzione agli Ambienti Virtuali</li> <li>c. Grafica interattiva per Ambienti Virtuali</li> <li>d. Pipeline OpenGL e Shaders</li> <li>e. Fisica in tempo reale</li> <li>f. Motion Tracking</li> <li>g. Interazione</li> <li>h. Dispositivi a ritorno di forza</li> <li>i. Architetture per Ambienti Virtuali interconnessi</li> <li>j. Traffico dati e implicazioni delle latenze</li> <li>k. Arbitraggio degli eventi</li> <li>l. Compressione geometrica</li> </ol> </li> <li>2) Sviluppo ed esercitazioni pratiche             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Architetture software per Ambienti Virtuali</li> <li>b. Introduzione ai tools di sviluppo</li> <li>c. Creazione di contenuti 3D</li> <li>d. Equipment e relativa tecnologia</li> <li>e. Il task dell'integrazione, profiling e debugging</li> <li>f. Test di comunicazione di rete in Ambienti Virtuali interconnessi</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale e una discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Networked Virtual Environments</p> <p>Objectives</p> <p>This course will provide a general introduction to Virtual Environments, including an analysis of the common forms of network communication used in real-life applications. The course will also expose the practical aspects of Virtual Environments development, and practical lab sessions will provide the opportunity to conduct tests on some simple test applications.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Virtual Environments theory             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. General concepts</li> <li>b. Introduction to Virtual Environments</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>c. Real-Time computer graphics for VEs  d. OpenGL fixed pipeline &amp; Shaders  e. Real-time physics  f. Motion Tracking  g. User Interaction  h. Haptic feedback  i. Communication architectures in Networked VEs  j. Data traffic, payloads, latencies  k. Events arbitration  l. Gemetric data compression</p> <p>2) Development &amp; exercises  a. Virtual Environments software architectures  b. Introduction to a VE Integrated Development Environment  c. Authoring 3D content  d. VR equipment for Immersive visualisation, motion tracking and force feedback  e. System Integration, profiling and debugging  f. Testing network communication in collaborative VEs</p> <p>Course structure  6 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and discussion of a simple project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e una discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Ambienti virtuali su rete
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Amplificazione ottica e sensoristica
<b>Title</b>	Optical amplification and sensing
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il presente corso, articolato in due parti, dopo una introduzione ai concetti fondamentali sui componenti ottici più comuni, si concentrerà sulle tecnologie di amplificazione ottica e sensoristica in fibra più diffuse. Il corso fornirà anche un modulo di laboratorio, con un approccio hands-on, in cui lo studente apprenderà come utilizzare in pratica i dispositivi in fibra ottica, e come effettuare misure ed esperimenti con componenti ed amplificatori ottici.</p> <p>L'amplificazione ottica è stata una delle tecnologie abilitanti più importanti degli ultimi anni nelle comunicazioni, che ha consentito l'aumento straordinario delle capacità e delle distanze trasmissive alla base dell'odierno sviluppo di Internet e dei servizi basati su rete. Negli ultimi anni, un nuovo settore sta emergendo, quello dei sensori in fibra ottica, in cui i componenti ottici ed in fibra ottica sono utilizzati per il rilevamento di molti parametri fisici, chimici ed ambientali, trovando innumerevoli applicazioni in un'ampia gamma di settori, dall'ingegneria elettrica, elettronica e nucleare, all'ingegneria civile fino al settore dell'energia.</p> <p>Syllabus</p> <p>Amplificatori ottici e sensori in fibra ottica</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Le sorgenti luminose per le comunicazioni ottiche: equazioni di rate nei semiconduttori ed il diodo ad emissione luminosa (LED), il meccanismo di retroazione ottica ed il laser, laser a semiconduttore, laser a singolo modo e multi-modali</li> <li>- Fotodiodi: fotodiodi pin e fotodiodi a valanga</li> <li>- Componenti passivi: fibra ottica, accoppiatore ottico, interferometro Mach-Zehnder, tecnologie di filtri</li> </ul>

## Lista Attività formative

	<p>ottici, filtri ottici sintonizzabili, multiplatore e de-multiplatore ottico</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Dispositivi non reciproci: isolatore e circolatore ottico</li> <li>- Basi di amplificazione ottica: emissione stimolata ed amplificazione ottica, caratteristiche fondamentali degli amplificatori ottici, guadagno, cifra di rumore, potenza di saturazione</li> <li>- Amplificatori ottici discreti e distribuiti: amplificatori Raman e amplificatori in fibra drogata all'Erbio (EDFA), amplificatori ottici a semiconduttore (SOA), processi parametrici ed amplificatori parametrici</li> <li>- Sensori in fibra ottica: introduzione alla sensoristica in fibra ottica, sensori distribuiti basati su effetto Raman e Brillouin, sensori basati su reticoli di Bragg in fibra</li> </ul> <p>Laboratorio di amplificazione ottica e componenti</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizzare un power-meter ottico, utilizzare i fotodiodi pin ed i fotodiodi a valanga</li> <li>- Misura di parametri indipendenti dalla lunghezza d'onda su componenti ottici passivi.</li> <li>- Utilizzare l'analizzatore di spettro ottico nelle misure di componenti ottici</li> <li>- Caratterizzare un laser</li> <li>- Misura di guadagno e saturazione su amplificatori ottici</li> <li>- La cifra di rumore degli amplificatori ottici: fondamenti della misura</li> <li>- Caratterizzare un EDFA</li> <li>- Caratterizzare la larghezza di riga: rilevazione ottica omodina ed eterodina</li> <li>- Misure dinamiche su oscilloscopio e misure di spettro elettrico</li> </ul> <p>Struttura del corso 9 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b></p> <p>This course, which is composed of two parts, after providing the necessary fundamentals on optical components, will overview the most commonly used optical amplification and optical fiber sensor technologies. The course will also provide a hands-on laboratory module, where students will learn how to work and carry out experiments with optical amplifiers and components</p> <p>Optical amplification has been one of the most important enabling technologies in communications during last years, which has allowed for the extraordinary increase in capacity and transmission distance underlying the present worldwide development of Internet and network-based services.</p> <p>In the last few years a new sector is emerging, which is related to fiber-optic sensors, where optical and fiber-optic components are used for sensing of several physical, chemical and environmental parameters, finding manifold applications over a wide range of domains, from electric, electronic and nuclear engineering, to civil engineering and to energy-related sectors.</p> <p><b>Syllabus</b></p> <p>Optical amplification and fiber-optics sensing</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Fundamentals on light sources for optical communications: rate equations in semiconductors and the light emitting diode, LED, optical feedback, the LASER, multi-mode and single-mode lasers</li> <li>- Photodiodes: pin and avalanche photodiodes</li> <li>- Passive components: optical fiber, coupler/splitter, Mach-Zehnder interferometer, optical filter technologies, tuneable filters, multiplexer/ de-multiplexer</li> <li>- Non-reciprocal devices: isolator and the circulator</li> <li>- Optical amplifier basics: stimulated emission and optical amplification, basic amplifier features, gain, noise figure, saturation power</li> <li>- Overview of distributed and discrete amplifiers: Raman and Erbium-doped fiber amplifiers, semiconductor optical amplifier (SOA), parametric processes and parametric amplification</li> <li>- Optical fiber sensors: introduction to fiber-optics sensing, distributed Raman and Brillouin sensors, fiber-Bragg grating sensors</li> </ul> <p>Laboratory of photonic amplification and components</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Using a power meter, using a pin photodiode and an avalanche photodiode</li> <li>- Measurements of wavelength-independent parameters in optical passive components</li> <li>- Using the optical spectrum analyser in optical component measurements</li> <li>- Characterising a laser</li> <li>- Measurements of amplifier gain and saturation</li> <li>- The amplifier optical noise figure: measurement basics</li> <li>- Characterizing an EDFA</li> <li>- Component linewidth characterisation: optical homodyne and heterodyne measurements</li> <li>- Dynamic measurement with an oscilloscope and electric spectrum measurements</li> </ul> <p>Course structure 9 credits consisting in teaching and exercises. The final exam will be a written exam.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Amplificazione ottica e sensoristica
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9

## Lista Attività formative

Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Applicazioni parallele e distribuite
<b>Title</b>	Parallel and distributed applications
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi del corso                      Il corso discute le problematiche di applicazioni parallele e distribuite, valutando diversi approcci e soluzioni in funzione delle architetture di elaborazione e degli strumenti di programmazione usati. Per ciascuna delle tematiche affrontate saranno illustrati casi di studio ed applicazioni reali.</p> <p>Syllabus                      1) classi di applicazioni e tecniche                      a) applicazioni intensive per il calcolo, le comunicazioni, l'Input/Output                      b) tecniche di decomposizione delle applicazioni                      c) implementazione di pattern di parallelismo                      2) applicazioni parallele per:                      a) architetture chip multiprocessing (CMP)                      b) streaming computing                      3) applicazioni per architetture distribuite a                      a) piccola/media scala                      b) grande scala, sistemi geograficamente distribuiti</p> <p>Struttura del corso                      3 CFU di lezione frontale + 3 CFU di laboratorio. L'esame consiste in una prova orale e nella discussione di un progetto sviluppato durante il corso.</p>
<b>Description</b>	<p>Course Objective                      The course illustrates the issues of parallel and distributed applications, by discussing approaches and solutions for different computing architectures and programming paradigms. For each of the topics covered, real-world applications and case studies will be presented.</p> <p>Syllabus                      1) Classes of applications                      a) cpu-, network-, I/O-bound applications                      b) decomposition techniques                      c) common patterns in parallel applications                      2) Parallel applications for:                      a) chip multiprocessing (CMP) architectures                      b) streaming computing                      3) Distributed applications for                      a) small to medium scale environments                      b) large scale and geographically distributed environments</p> <p>Course Structure                      Lectures (3 CFU) + Laboratory (3 CFU). Oral exam and discussion of a laboratory project to be developed during the course.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e nella discussione di un progetto sviluppato durante il corso.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Applicazioni parallele e distribuite
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	

## Lista Attività formative

CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Architetture, componenti e servizi di rete
<b>Title</b>	Networking architectures, components and services
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il modulo fornisce i concetti elementari necessari a comprendere l'architettura, gli elementi componenti ed i servizi delle moderne reti a commutazione di pacchetto, con particolare riguardo a IPv6, mobile IP, multicast, protocolli di trasporto, architetture per la garanzia della Qualità di Servizio e nuove architetture peer-to-peer. La parte teorica sarà inoltre accompagnata da esercitazioni sperimentali relative alle modalità di funzionamento del TCP e all'implementazione in ambiente linux di un software router.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) IPv6 e MIP             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Caratteristiche generali di IPv6 e formato dell'header</li> <li>b. Transizione IPv4-IPv6</li> <li>c. Mobilità in ambito IP: MIPv4 e MIPv6</li> </ol> </li> <li>2) Multicast             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Indirizzamento Multicast</li> <li>b. IGMP</li> <li>c. Protocolli di Routing Multicast (DVMRP, PIM-SM, PIM-DM)</li> </ol> </li> <li>3) Livello di Trasporto             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. UDP</li> <li>b. TCP</li> <li>c. DCCP</li> </ol> </li> <li>4) Qualità del servizio             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Politiche per la gestione delle code</li> <li>b. Architettura Intserv</li> <li>c. Architettura DiffServ</li> </ol> </li> <li>5) Architetture P2P             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Descrizione generale dell'architettura</li> <li>b. Classificazione delle architetture P2P ed esempi</li> </ol> </li> <li>6) Laboratorio             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Congestion Control nel TCP</li> <li>b. Software router in ambiente Linux</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>9 crediti (6 architetturali e 3 di laboratorio). L'esame consiste in una prova orale con domande relative sia alla parte teorica che all'esperienza di laboratorio.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The aim of the course is to present the architecture and protocols of modern packet-switching networks, focusing on the underlying problems and the different solutions proposed to solve them. In particular, issues related to IPv6, user mobility, multicast communications, Quality of Service requirements and peer-to-peer networks will be analysed. The theoretical part of the course will be followed by a lab module, to experiment how TCP works and how a software router can be built under Linux OS.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) IPv6 and MIP             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. General features of IPv6 and header format</li> <li>b. Transition IPv4-IPv6</li> <li>c. Mobilità in ambito IP: MIPv4 e MIPv6</li> </ol> </li> <li>2) Multicast             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Multicast addresses</li> <li>b. IGMP</li> <li>c. Multicast Routing Protocols (DVMRP, PIM-SM, PIM-DM)</li> </ol> </li> <li>3) Transport Layer             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. UDP</li> <li>b. TCP</li> <li>c. DCCP</li> </ol> </li> <li>4) Quality of Service             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Queueing and scheduling disciplines</li> <li>b. Intserv architecture</li> <li>c. DiffServ architecture</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>5) P2P</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. General features</li> <li>b. Classification of P2P architectures and examples</li> </ul> <p>6) Lab</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Congestion Control in TCP</li> <li>b. Software router using Linux OS</li> </ul> <p>Course structure 9 credits (6 about network architectures and 3 on lab activities). The exam will consist of an oral examination about the theoretical part as well as the lab activities.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale con domande relative sia alla parte teorica che all'esperienza di laboratorio.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Architetture, componenti e servizi di rete
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Architetture di commutazione ed elaborazione dati a pacchetto
<b>Title</b>	Packet switching and processing architectures
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso presenta le principali architetture di commutazione, con particolare riferimento alla commutazione di pacchetto. Dopo una breve introduzione al concetto di commutazione (di circuito e pacchetto), il corso si focalizzerà sulle architetture di packet switching, presentandone gli schemi principali con relativa analisi delle prestazioni e problematiche. Di seguito verrà affrontato il tema dell'elaborazione dei pacchetti, presentando i più noti algoritmi di lookup e di classificazione attualmente in uso. Infine verrà trattato il tema del riconoscimento di pattern di dati, attraverso l'uso di tecniche probabilistiche (mediante l'uso di strutture dati evolute quali Bloom Filter) e deterministiche (mediante l'uso di automi a stati finiti deterministici).</p> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Generalità sui sistemi di commutazione <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Commutazione di circuito</li> <li>b. Commutazione di pacchetto</li> </ul> </li> <li>2) Architetture di commutazione di pacchetto <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Output Queued Switches (OQ) <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Ritardo medio e massimo throughput</li> <li>ii. Output link scheduling</li> </ul> </li> <li>b. Input Queued Switches (IQ) <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Switching fabrics, crossbar.</li> <li>ii. Head Of the Line blocking (HOL)</li> </ul> </li> <li>iii. Scheduling (MWM, MSM, etc.)</li> <li>c. Combined Input-Output queueing (CIOQ) <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Emulazione di OQ</li> </ul> </li> </ul> </li> <li>3) Packet Processing <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Exact/Prefix match lookup <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Unibit e Multibit Trie</li> <li>ii. Lulea-Compressed Tries</li> <li>iii. Tree bitmap</li> </ul> </li> <li>b. Classificazione <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Schemi mono/multi dimensionali</li> <li>c. Pattern Matching <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Tecniche stocastiche</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>

## Lista Attività formative

	<p>ii. Tecniche deterministiche</p> <p>Struttura del corso 6 crediti. L'esame consiste in una prova orale e include la discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b> The course presents the main network switching architectures, with particular focus on packet switching architectures. After a brief introduction to the notions of circuit and packet switching, the course will focus on the main schemes of packet switching together with their performance and possible issues. Then, the course will deal with packet processing and will show the main lookup and classification algorithms currently in use. Finally, the course addresses the topic of pattern matching by showing the main notions of stochastic (through the use of advanced data structures such as Bloom filters) and deterministic (by using Deterministic Finite Automata) pattern matching.</p> <p><b>Syllabus</b> 1) Basics on switching paradigms a. Circuit switching b. Packet switching 2) Packet switching architectures a. Output Queued Switches (OQ) i. Average delay and maximum throughput ii. Output link scheduling b. Input Queued Switches (IQ) i. Switching fabrics, crossbar. ii. Head Of the Line blocking (HOL) iii. Scheduling (MWM, MSM, etc.) c. Combined Input-Output queueing (CIOQ) i. OQ emulation 3) Packet Processing a. Exact/Prefix match lookup i. Unibit and MultibitTrie ii. Lulea-Compressed Tries iii. Tree bitmap b. Classification i. Mono/multi dimensional schemes c. Pattern Matching i. Stochastic techniques ii. Deterministic techniques</p> <p>Course structure 6 credits. Exam consists of an oral colloquium including the discussion on a simple project that will be assigned during class time.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e include la discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Architetture di commutazione ed elaborazione dati a pacchetto
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Aspetti architetture e di progetto di sistemi multimediali
<b>Title</b>	Architecture and design issues of multimedia systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	relativi problemi legati alla qualità del servizio ed alla sicurezza. La presentazione delle architetture MoIP è orientata ad evidenziare le differenze con la rete telefonica classica e fra le diverse soluzioni (SIP e H.323)

## Lista Attività formative

	<p>proposte per questi sistemi. Il corso si prefigge, inoltre, l'obiettivo di presentare le diverse soluzioni e tecniche di progettazione a cui si può fare riferimento per garantire ai sistemi MoIP un'affidabilità ed una qualità del servizio percepita dall'utente finale almeno paragonabile a quelle offerte dalla rete telefonica, e per ridurre i rischi legati alle diverse tipologie di attacchi informatici, specifici di questi sistemi.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Offerta di servizi telefonici su reti IP             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Struttura della rete telefonica</li> <li>b. Evoluzione verso servizi Multimedia over IP (MoIP)</li> <li>c. Architettura ITU-T H.323</li> <li>d. Architettura SIP</li> <li>e. Elementi architetturali per servizi di Telefonia su IP</li> <li>f. Architettura IP Multimedia Subsystem (IMS)</li> </ol> </li> <li>2) Aspetti progettuali dei sistemi MoIP             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definizioni di Qualità del Servizio in sistemi MoIP</li> <li>b. Tecniche per la valutazione della QoS</li> <li>c. Tecniche per la progettazione di sistemi a QoS garantita</li> <li>d. Problemi di sicurezza nei sistemi MoIP</li> <li>e. Soluzioni per i problemi di sicurezza in sistemi MoIP</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti (4 sugli aspetti architetturali, 2 sugli aspetti progettuali di sistemi MoIP). L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The objectives of the course are the description of the architectures used by MoIP systems and the discussion of problems associated to the quality of service and the security of these systems. The description of the proposed MoIP is aimed at emphasising the differences with the legacy telephone network and between the different solutions (SIP and H.323) proposed for these systems. The course has the further task of presenting the diverse solutions and design techniques that could be used in order to guarantee to the MoIP systems a level of reliability and quality of service perceived by the end user similar to that offered by the telephone network, and to reduce the risk associated to the security threats, peculiar of these systems.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Telephone services over IP Networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Telephone network architecture</li> <li>b. Evolution towards Multimedia over IP (MoIP) services</li> <li>c. ITU-T H.323 Architecture</li> <li>d. SIP Architecture</li> <li>e. Architecture elements for Telephony over IP (ToIP) services</li> <li>f. IP Multimedia Subsystem (IMS) Architecture</li> </ol> </li> <li>2) Design Issues of MoIP systems             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Definition of Quality of Service MoIP systems</li> <li>b. Techniques for QoS estimation</li> <li>c. Techniques for the design of systems with QoS guaranteed</li> <li>d. Security threats in MoIP systems</li> <li>e. Solutions for the security threats of MoIP systems</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits (4 on architecture issues, 2 on design aspects of MoIP systems). Exam consists in a colloquia concerning course matter plus a discussion on a simple project that will be assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Aspetti architetturali e di progetto di sistemi multimediali
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	



## Lista Attività formative

Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless
<b>Title</b>	Performance and design issues of wireless networks
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Gli obiettivi del corso sono la presentazione dell'evoluzione dell'architettura delle reti cellulari, delle tecnologie maggiormente diffuse per reti wireless LAN e MAN, e delle diverse soluzioni disponibili per le reti Wireless Mesh Networks (WMN). Inoltre, il corso è volto a fornire gli strumenti necessari per la progettazione di queste reti e ad evidenziare i possibili problemi prestazionali a cui esse sono soggette.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Reti radiomobili             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Organizzazione generale di una rete radiomobile,</li> <li>b. Architettura di una rete GSM</li> <li>c. Architettura di una rete UMTS</li> <li>d. Gestione della mobilità e delle sessioni nelle reti cellulari</li> </ol> </li> <li>2) Reti Wireless LAN             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lo standard IEEE 802.11</li> <li>b. Modi operativi delle reti IEEE 802.11</li> <li>c. Distributed Coordination Function e Point Coordination Function</li> <li>d. Evoluzione dei sistemi 802.11</li> <li>e. Sicurezza nelle reti IEEE 802.11</li> </ol> </li> <li>3) Reti WiMAX             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Architettura di una rete WiMAX</li> <li>b. Lo standard IEEE 802.16</li> </ol> </li> <li>4) Wireless Mesh Networks (WMN)             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Protocolli MAC</li> <li>b. Capacità</li> <li>c. Protocolli di Routing</li> <li>d. Protocolli di Trasporto</li> <li>e. Aspetti di Fairness</li> <li>f. Aspetti di QoS, Sicurezza e Management</li> <li>g. Il gruppo di lavoro IEEE 802.11s</li> </ol> </li> <li>5) Attività di Laboratorio             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Aspetti di progettazione delle reti cellulari</li> <li>b. Aspetti prestazionali e di progetto delle reti IEEE 802.11</li> <li>c. Aspetti prestazionali e di progetto delle reti WiMAX</li> <li>d. Tecniche per il miglioramento delle prestazioni di WMN</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>9 crediti (6 su architetture e protocolli e 3 per le attività di laboratorio). L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The objectives of the course are the presentation of the cellular network evolution, of the most popular technologies for Wireless LAN and MAN, and of the different solutions available for the Wireless Mesh Networks (WMN). Furthermore, the course aims at providing the tools necessary for the design of these networks and at highlighting their performance problems.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Cellular Networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. General structure of a cellular network</li> <li>b. GSM network Architettura</li> <li>c. UMTS network Architettura</li> <li>d. Mobility and session management in cellular networks</li> </ol> </li> <li>2) Wireless LAN             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. The standard IEEE 802.11</li> <li>b. Operative modes of IEEE 802.11 networks</li> <li>c. Distributed Coordination Function and Point Coordination Function</li> <li>d. IEEE 802.11 systems evolution</li> <li>e. Security threats and solutions in IEEE 802.11 networks</li> </ol> </li> <li>3) WiMAX Networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. WiMAX network architecture</li> <li>b. The standard IEEE 802.16</li> </ol> </li> <li>4) Wireless Mesh Networks (WMN)             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. MAC protocols</li> <li>b. Capacity</li> <li>c. Routing protocols</li> <li>d. Transport protocols</li> <li>e. Fairness issues</li> <li>f. QoS, Security and Management issues</li> <li>g. The working group IEEE 802.11s</li> </ol> </li> <li>5) Lab activity             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Design issues of cellular networks</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>b. Performance and design issues of IEEE 802.11 networks  c. Performance and design issues of WiMAX networks  d. Techniques for improving performance of WMN</p> <p>Course structure  9 credits (6 on architecture and protocols, and 3 on lab activities). Exam consists in a colloquia concerning course matter plus a discussion on a simple project that will be assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Aspetti prestazionali e di progetto delle reti wireless
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Basi di dati distribuite e parallele
<b>Title</b>	Distributed and parallel data bases
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi  Il corso presenta i principi relativi alla tecnologia delle basi di dati in ambiente distribuito ed in ambiente parallelo. Vengono trattati i temi classici relativi ai Sistemi per la Gestione di Basi di Dati: architettura, progettazione, elaborazione delle interrogazioni, gestione delle transazioni.</p> <p>Syllabus  1) Architettura dei SGBD distribuiti  2) Progettazione di basi di dati distribuite  a. Progetto di frammentazione  b. Progetto di allocazione  3) Elaborazione delle interrogazioni distribuite  a. Decomposizione della interrogazione  b. Ottimizzazione delle strategie d'accesso  4) Gestione delle transazioni distribuite  a. Atomicità  b. Controllo di concorrenza  c. Affidabilità  5) Basi di dati parallele  a. Architettura shared nothing e partizionamento dei dati  b. Algoritmi paralleli per gli operatori relazionali  c. Ottimizzazione delle interrogazioni parallele</p> <p>Struttura del corso  6 crediti (2 su architettura e progettazione, 1 sulle interrogazioni, 2 sulle transazioni e 1 sulle BD parallele). L'esame consiste in una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives  The course presents the principles of database technology both in a distributed and in a parallel environment. The course covers the classical topics concerning Database Management Systems (DBMS) both in a distributed and in a parallel environment: architecture, design, query processing, transaction management.</p> <p>Syllabus  1) Distributed DBMS architecture  2) Distributed database design  a. Fragmentation design  b. Allocation design  3) Distributed query processing</p>

## Lista Attività formative

	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Query decomposition</li> <li>b. Optimization of access strategies</li> <li>4) Distributed transaction management               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Atomicity</li> <li>b. Concurrency control</li> <li>c. Reliability</li> </ul> </li> <li>5) Parallel database systems               <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Shared nothing architecture and data partitioning</li> <li>b. Parallel algorithms for relational operations</li> <li>c. Parallel query optimization</li> </ul> </li> </ul> <p>Course structure 6 credits (2 on architecture and design, 1 on queries, 2 on transactions and 1 on parallel databases). The examination consists of an oral exam</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Basi di dati distribuite e parallele
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Commutazione fotonica
<b>Title</b>	Photonic switching
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce i fondamenti delle tecnologie fotoniche esaminando i dispositivi fotonici dal punto di vista strutturale, funzionale e di fabbricazione. Verranno inoltre fornite le basi delle tecniche di commutazione fotonica mediante i dispositivi fotonici non lineari basati su semiconduttore e fibra. Il corso prevede esercitazioni in laboratorio.</p> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1) Semiconduttori per la fotonica           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Proprietà ottiche dei semiconduttori.</li> <li>b. LEDs.</li> <li>c. Propagazione ottica guidata e cavità, perdite e condizione di soglia.</li> <li>d. Laser DBR, DFB, VCSEL, quantum cascaded, a microcavità.</li> <li>e. Parametri-chiave di progetto e meccanismi di degradazione nei laser a semiconduttore.</li> <li>f. Amplificatori ottici a semiconduttore.</li> <li>g. Ricevitori PIN ed a effetto-valanga.</li> </ul> </li> <li>2) Fotonica passiva e dispositivi funzionali integrati           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ottica guidata integrata.</li> <li>b. Dispositivi passivi integrati.</li> <li>c. Dispositivi funzionali integrati.</li> <li>d. Dispositivi non lineari.</li> </ul> </li> <li>3) Tecniche di deposizione e di crescita di semiconduttori composti.           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Ossidazione, sputtering, evaporazione.</li> <li>b. CVD "Plasma enhanced" e "low-pressure".</li> <li>c. Epitassia a fase liquida (LPE/) e a fase di vapore (VPE/MOCVD).</li> <li>d. Epitassia a fascio molecolare.(MBE).</li> </ul> </li> <li>4) Strumenti di lavorazione/produzione           <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Litografia (a fascio di elettroni, a fascio laser, ottica), metallizzazione.</li> <li>b. Tecniche di incisione "umide" e "a secco".</li> <li>c. Tecniche di impiantazione ionica, diffusione, annealing.</li> <li>d. Packaging dei dispositivi.</li> </ul> </li> </ul>

## Lista Attività formative

	<p>5) Caratterizzazione e testing dei materiali/dispositivi</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Strumentazione per la caratterizzazione dei materiali (diffrazione ai raggi x, foto-luminescenza, misure basate su effetto Hall, tecniche di spettroscopia e microscopia).</li> <li>b. Strumentazione per la caratterizzazione di dispositivi, esempi di setup per testing.</li> </ol> <p>6) Dispositivi a cristalli fotonici</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Principi di base</li> <li>b. PCD a una, due e tre dimensioni: tipologia, tecniche di fabbricazione e di caratterizzazione.</li> </ol> <p>7) Tecnologie per la fibra ottica</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Tecnologia per fibre step- e graded-index.</li> <li>b. Fibre microstrutturate.</li> <li>c. Dispositivi in fibra.</li> <li>d. Amplificatori ottici in fibra.</li> <li>e. Sensori in fibra ottica.</li> <li>f. Accoppiamento in fibra</li> </ol> <p>8) Tecnologia per il vetro-su-Silicio.</p> <p>9) Commutazione a rotazione di polarizzazione in una fibra altamente non lineare (HNLF).</p> <p>10) Inversione di segnale con XGM in un SOA.</p> <p>11) Caratterizzazione di un impulso di un laser mode-locked.</p> <p>12) Caratterizzazione di un NOLM mediante impulsi ottici.</p> <p>13) Porta logica ottica AND mediante HNLF</p> <p>14) Generazione di pacchetti RZ.</p> <p>Struttura del corso 9 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale ed eventualmente nella valutazione relazioni sulle esperienze di laboratorio.</p>
<p><b>Description</b></p>	<p>Objectives The course introduces the fundamentals of photonic technologies by considering the photonic devices on a structural, functional and manufacturing point of view. Moreover it will be given the basis of the photonic switching techniques by means of nonlinear photonic devices based on semiconductor and fibres. The course includes practical in the laboratory.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Semiconductors for Photonics             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Optical Properties of Semiconductors.</li> <li>b. LEDs.</li> <li>c. Optical guiding and cavities, losses and threshold condition.</li> <li>d. DBR lasers, DFB lasers, VCSELs, quantum-cascaded lasers, microcavity lasers.</li> <li>e. Key design parameters and degradation mechanisms in semiconductor lasers.</li> <li>f. Semiconductor optical amplifiers.</li> <li>g. PIN and avalanche receivers.</li> </ol> </li> <li>2) Photonic Passive and Functional Integrated Devices             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Integrated guided optics.</li> <li>b. Passive integrated devices.</li> <li>c. Functional integrated devices.</li> <li>d. Nonlinear devices.</li> </ol> </li> <li>3) Deposition and Compound Semiconductors Growth Techniques             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Oxidation, sputtering, evaporation.</li> <li>b. "Plasma enhanced" and "low-pressure" CVD.</li> <li>c. Liquid-phase (LPE/) and vapour-phase (VPE/MOCVD) epitaxy.</li> <li>d. Molecular beam epitaxy (MBE).</li> </ol> </li> <li>4) Processing/Manufacturing Devices             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Lithography (electron-beam lithography, laser-beam lithography, optical lithography) and metallization.</li> <li>b. "wet" e "dry" etching techniques.</li> <li>c. Ion implantation techniques, diffusion, annealing.</li> <li>d. Device packaging.</li> </ol> </li> <li>5) Material/Device Testing and Characterization             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Characterization equipment for materials (x-ray diffraction, photo-luminescence, Hall measurements, spectroscopy and microscopy techniques).</li> <li>b. Characterization equipment for devices, examples of test setup.</li> </ol> </li> <li>6) Photonic Crystals Devices             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Basic principles.</li> <li>b. One-, two-, and three-dimensional PCD: typology, fabrication and characterization techniques.</li> </ol> </li> <li>7) Optical Fiber Technologies             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Step- and graded-index fiber technology.</li> <li>b. Micro-structured Fibers.</li> <li>c. Fibre devices.</li> <li>d. Optical fiber amplifiers.</li> <li>e. Optical fiber sensors.</li> <li>f. Fiber-guide coupling.</li> </ol> </li> <li>8) Glass-on-Silicon Technology.</li> <li>9) Polarisation switching in a highly nonlinear fibre.</li> <li>10) Signal inversion through XGM in a SOA.</li> <li>11) Mode locked pulse characterization.</li> <li>12) NOLM characterization through optical pulses.</li> <li>13) AND photonic logic gate in a HNLF.</li> </ol>

## Lista Attività formative

	14) RZ packet generation. Course structure 9 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and it could include the evaluation of reports on the experimental activities.
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale ed eventualmente nella valutazione relazioni sulle esperienze di laboratorio.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Commutazione fotonica
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Complementi di piattaforme abilitanti distribuite
<b>Title</b>	Complements of distributed enabling platforms
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi Il corso approfondisce e sviluppa, rispetto ai corsi fondamentali, lo studio delle problematiche legate alle piattaforme abilitanti distribuite, quali Grid e Cloud. Ciò avviene anche attraverso l'esame delle soluzioni allo stato dell'arte, l'analisi nel dettaglio della loro tecnologia e l'utilizzo pratico di alcune piattaforme abilitanti distribuite di ultima generazione.</p> <p>Syllabus Introduzione al middleware distribuito Approfondimento dei concetti e tecniche di grid computing Componenti e soluzioni per il grid computing Virtualizzazione delle risorse Tecnologie di virtualizzazione Approfondimento dei concetti e tecniche di cloud computing Esempi pratici di cloud computing Strumenti di sviluppo applicazioni per grid e cloud</p> <p>Struttura del corso 9 CFU distribuiti in due moduli. Il primo modulo (6 CFU) comprende lo studio delle piattaforme grid e cloud, il secondo modulo (3 CFU) prevede esercizi pratici per lo sviluppo di applicazioni e utilizzo delle piattaforme.</p> <p>Modalità di verifica L'esame consiste in una prova orale sulle tematiche del corso, con discussione di un progetto realizzato dallo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Course Objective This course develops the issues of fundamental course on distributed computing platforms in depth, such as Grids and Clouds. This aim is also achieved through the study of state-of-the-art solutions, the detailed analysis of their technologies and of the best practices regarding last-generation distributed enabling platforms,</p> <p>Syllabus Introduction to distributed middleware Development of concepts and techniques for Grid computing in depth Grid computing components and solutions Resource virtualization Virtualization technologies Introduction to cloud computing Development of concepts and techniques for Cloud computing in depth</p>

## Lista Attività formative

	<p>Applications tools for grid and cloud Computing</p> <p>Course Structure 9 CFU in two modules. The first module (6 CFU) concerns the study of grid and cloud platforms, while the second module (3 CFU) concerns hands-on lectures to develop applications using the grid and cloud platforms.</p> <p>Grading The examination procedure consists in a colloquium on course topics and on a project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale sulle tematiche del corso, con discussione di un progetto realizzato dallo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Complementi di piattaforme abilitanti distribuite
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Componenti distribuite
<b>Title</b>	Distributed components
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso tratta di metodologie e tecniche per la definizione, progettazione e utilizzazione di paradigmi di programmazione distribuita a componenti. Gli aspetti che vengono approfonditi sono: modelli a componenti distribuite, componenti ad alte prestazioni, modelli di costo e progettazione di supporti, portabilità in sistemi eterogenei, affidabilità e sicurezza. Inoltre, vengono presentati studi di casi in relazione alle tecnologie correnti e previste.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. modelli a componenti distribuite,</li> <li>2. componenti ad alte prestazioni,</li> <li>3. modelli di costo e progettazione di supporti,</li> <li>4. portabilità in sistemi eterogenei,</li> <li>5. affidabilità e sicurezza,</li> <li>6. studio di casi</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course deals with methodologies and techniques for the definition, design and utilization of distributed programming paradigms according to the component model. Issues to be studied include: distributed components models, high-performance components, cost models and support design, portability in heterogeneous systems, reliability and security. Relevant case studies are presented, related to current and foreseen technologies.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. distributed components models,</li> <li>2. high-performance components,</li> <li>3. cost models and support design,</li> <li>4. portability in heterogeneous systems,</li> <li>5. reliability and security,</li> <li>6. case studies.</li> </ol> <p>Course structure</p>

## Lista Attività formative

	6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Componenti distribuite
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Esame a scelta
<b>Title</b>	Exam the student is free to choose
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Fermo restando che la scelta di questo insegnamento può essere effettuata nell'ambito di qualunque settore scientifico-disciplinare, la scelta è soggetta all'approvazione del Consiglio di Corso di Studi. Il Consiglio indica una griglia di scelta, consona alle esigenze di questa laurea magistrale, consistente negli insegnamenti del gruppo GR-s.
<b>Description</b>	The student is free to choose a 9-CFU course in any SSD, provided that it must be approved by the Consiglio di Corso di Studi. A group of courses, suitable for this Master Degree, is indicated by the Consiglio: Group GR-s.
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	Dipendente dall'esame scelto.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Esame a scelta
SSD	No settore
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Altre attività
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Gestione e configurazione delle reti
<b>Title</b>	Network management and configuration
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Obiettivi Il corso introduce i fondamenti della gestione di rete e dei servizi in reti metropolitane e core, passando in rassegna i relativi protocolli e tecniche. Si occupa inoltre dei problemi di ingegneria del traffico nelle reti di trasporto ottiche che supportano il protocollo Internet (IP). Infine applica i concetti studiati agli ambienti di simulazione e a nodi di rete reali e a tipici scenari di rete.

## Lista Attività formative

	<p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sistemi di gestione di rete             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Fondamenti di gestione di rete</li> <li>b. Gestione di reti IP</li> <li>c. Gestione di reti di trasporto</li> <li>d. Gestione di applicazioni distribuite</li> </ol> </li> <li>2) Laboratorio di ingegneria del traffico             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Concetti e terminologia di base su Internet (IP, livello ottico)</li> <li>b. Standard internazionali (OIF, ITU, IETF)</li> <li>c. Metodi per il progetto di reti di telecomunicazioni</li> <li>d. Robustezza ai guasti in reti ottiche IP su WDM</li> <li>e. Teoria della disponibilità e affidabilità</li> <li>f. Infrastrutture di rete per grid computing</li> <li>g. Metrologia di rete orientata alle applicazioni</li> <li>h. Applicazione sperimentale dei concetti</li> </ol> </li> <li>3) Laboratorio di software             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Modellazione e simulazione di rete: introduzione ad OPNET</li> <li>b. Modellazione di processi con OPNET + esercizi</li> <li>c. Variabili statistiche, attributi + esercizi</li> <li>d. Processi dinamici + esercizi</li> <li>e. Simulazione di una rete semplice</li> <li>f. Router commerciali: architetture e configurazioni</li> <li>g. Valutazioni sperimentali dei protocolli OSPF, MPLS ed RSVP</li> <li>h. Schemi di ripristino in reti MPLS</li> <li>i. Multiplatori add/drop: architetture e configurazioni</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>9 crediti di lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio. L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>This course introduces the fundamentals of network and service management in metropolitan and core networks reviewing relevant protocols and techniques. It also addresses Traffic Engineering issues in optical transport networks that support the Internet Protocol. Finally it applies the studied concepts to simulation environments and to real network nodes and typical network scenarios.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Network Management Systems             <ol style="list-style-type: none"> <li>h. Basic foundations of Network Management</li> <li>i. IP Network Management</li> <li>j. Transport Network Management</li> <li>k. Distributed application Management</li> </ol> </li> <li>2) Lab of Traffic Engineering             <ol style="list-style-type: none"> <li>h. Concepts and basic terminology regarding Internet (IP, optical layer)</li> <li>i. International Standards (OIF, ITU, IETF)</li> <li>j. Methods for telecommunication networks design</li> <li>k. Resilience in optical networks based on IP over WDM</li> <li>l. Availability and reliability theory</li> <li>m. Network infrastructures for Grid computing</li> <li>n. Application oriented network metrology</li> <li>o. Experimental application of learned concepts</li> </ol> </li> <li>3) Lab of Software             <ol style="list-style-type: none"> <li>f. Network modeling and simulation: introduction to OPNET</li> <li>g. Process modeling with OPNET + exercise</li> <li>h. Variables, statistics, attributes + exercise</li> <li>i. Dynamic processes + exercise</li> <li>j. Simulation of a simple network</li> <li>k. Commercial routers: architecture and configurations</li> <li>l. Experimental evaluation of MPLS, OSPF, RSVP protocols</li> <li>m. Recovery schemes in MPLS networks</li> <li>n. Optical Add/Drop Multiplexers: architecture and configurations</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>9 credits consisting of front lectures and laboratory exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and a possible discussion of a project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Gestione e configurazione delle reti
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni



## Lista Attività formative

CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Information retrieval
<b>Title</b>	Information retrieval
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Il corso si pone l'obiettivo di presentare i fondamenti teorici e gli strumenti di algorithmic engineering utili per la l'organizzazione, l'analisi e la realizzazione di sistemi per il recupero dell'informazione. Si analizzeranno le prestazioni di numerose tecniche algoritmiche per il: data streaming, data compression, data indexing, data sketching e data searching, che ricorrono in numerose applicazioni di IR, e si valuteranno i loro limiti computazionali. Si presenteranno inoltre i componenti principali di un moderno motore di ricerca, e si analizzeranno le soluzioni algoritmiche correntemente adottate per essi. Allo studio teorico si accompagnerà una attività di laboratorio volta a introdurre gli strumenti open-source oggi esistenti per la realizzazione di un motore di ricerca, e per lo sviluppo di applicazioni a essi correlate.
<b>Description</b>	The goal is to introduce the theoretical foundations and algorithmic-engineering tools for the design, analysis and implementation of IR systems. We will study several algorithmic techniques which are nowadays deployed to design IR applications, like: algorithms for data streaming, data compression, data indexing, data sketching and data searching. This algorithmic machinery will be used to study the design and analysis of the main components of a modern search engine, and to investigate their computational limitations. Together with the theoretical study of the previous, the course will consist also of a practical activity (3 CFU) in which the students will practice with the open-source tools nowadays available for the implementation of a search engine and of other IR applications.
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale ed eventuale prova scritta o progetto.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Information retrieval
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Ingegneria dei servizi software
<b>Title</b>	Software service engineering
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Obiettivi L'obiettivo del corso è presentare gli aspetti principali della progettazione e della realizzazione dei servizi software. Dopo avere introdotto gli standard attualmente adottati per la realizzazione di servizi Web, il corso verte sulle caratteristiche delle architetture orientate ai servizi e analizza le tecniche utilizzate per realizzare applicazioni individuando, componendo e adattando servizi esistenti. Viene quindi illustrato l'utilizzo di linguaggi che permettono sia la specifica che l'implementazione di processi aziendali ("business processes") mediante flussi di lavoro. Vengono poi descritte le tecniche utilizzate per garantire proprietà

## Lista Attività formative

	<p>non funzionali dei servizi, quali qualità del servizio e aspetti di sicurezza. L'ultima parte del corso è dedicata a descrivere il ruolo dell'ingegneria dei servizi nel contesto più generale della economia basata sui servizi (e della cosiddetta "scienza dei servizi"), illustrando le relazioni tra aspetti ingegneristici e aspetti economici dei servizi ("business models", contratti di servizio) e l'importanza della "separation of concerns" nella progettazione dei servizi.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Protocolli e architetture dei servizi software             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Standard di base dei servizi Web</li> <li>b. Architetture orientate ai servizi</li> </ol> </li> <li>2. Metodologie di progettazione e realizzazione di servizi software             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Individuazione, composizione e adattamento di servizi esistenti</li> <li>b. Definizione e implementazione di processi aziendali ("business processes") mediante flussi di lavoro</li> <li>c. Linguaggi per la specifica e l'esecuzione di business processes</li> <li>d. Trattamento e analisi di proprietà non funzionali dei servizi (qualità del servizio, sicurezza)</li> </ol> </li> <li>3. Ruolo dell'ingegneria dei servizi nel contesto dell'economia basata sui servizi             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. relazioni tra aspetti ingegneristici e aspetti economici dei servizi (business models, contratti di servizio)</li> <li>b. aspetti della "separation of concerns" nella progettazione dei servizi</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>Il corso è articolato su 9 crediti, 6 dei quali dedicati agli aspetti di progettazione e realizzazione dei servizi software e 3 al ruolo dell'ingegneria dei servizi nel contesto dell'economia basata sui servizi. L'esame prevede una prova scritta o la realizzazione di un progetto e una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The objective of the course is to introduce the main aspects in the design and implementation of software services. After introducing the currently adopted standards for Web services, the course centers on service-oriented architectures and on the techniques for developing applications by discovering, composing and adapting existing services. The use of languages supporting the definition and the implementation of business processes via workflows is discussed. The course also describes some of the techniques employed for guaranteeing non-functional properties of services, such as quality of service and security properties. The last part of the course discusses the role of software service engineering in the more general context of service economy (and of the so-called "service science"), by illustrating the interplay between engineering and economic aspects (business models, service contracts) of services, as well as the relevance of the separation of concerns in the design of services.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Protocols and architecture of software services             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Basic standards of Web services</li> <li>b. Service-oriented architectures</li> </ol> </li> <li>2. Methodologies for the design and implementation of software services             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Discovery, composition and adaptation of software services</li> <li>b. Definition and implementation of business processes via workflows</li> <li>c. Business process execution languages</li> <li>d. Management and analysis of non-functional properties (quality of service, security)</li> </ol> </li> <li>3. Role of service engineering in the context of the service economy             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. interplay between engineering and economical aspects of services (business models, service contracts)</li> <li>b. separation of concerns in the design of services</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>The course consists of 9 credits, 6 of them devoted to the issues in the design and implementation of software services and 3 to the role of service engineering in the context of the service economy. The final exam consists of a written test or of a project, and of an oral examination.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame prevede una prova scritta o la realizzazione di un progetto e una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Ingegneria dei servizi software
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	

**Lista Attività formative**

SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

**Cds:**

<b>Denominazione</b>	Ingegneria del teletraffico
<b>Title</b>	Teletraffic engineering
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso presenta i concetti fondamentali relativi alla teoria ed all'ingegneria del traffico nelle reti di telecomunicazioni. Vengono introdotti i processi di Markov a tempo discreto (catene) e quelli a tempo continuo. Viene inoltre presentata la teoria elementare ed intermedia delle code utili alla trattabilità dei modelli fondamentali di sistemi ad attesa e a perdita impiegati per l'analisi di reti a commutazione di pacchetto e di circuito. La trattazione degli indici prestazionali fondamentali viene presentata passando ove necessario a domini trasformati (Laplace, Zeta). Sono infine presentati i teoremi fondamentali per la trattazione di reti di code markoviane aperte e chiuse e le reti di tipo BCMP. Il corso presenta inoltre i metodi numerici fondamentali per la trattazione di problemi di analisi delle prestazioni riconducibili a soluzioni basate su approcci markoviani.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Processi di Markov a stato discreto             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Processi di Markov a stato discreto e tempo discreto (Catene di Markov)</li> <li>b. Processi di Markov a stato discreto e tempo continuo</li> </ol> </li> <li>2) Processi puntuali             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Processi di sola nascita e di sola morte</li> <li>b. Processo di Bernoulli a tempo continuo e tempo discreto</li> <li>c. Processo di Poisson</li> </ol> </li> <li>3) Processi di nascita e morte             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Condizioni di ergodicità</li> <li>b. Valutazione dei momenti di primo e secondo ordine</li> </ol> </li> <li>4) Generalità sull'analisi del traffico in rete             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Modelli stocastici</li> <li>b. Modelli deterministici</li> <li>c. Non stazionarietà del traffico. Definizioni TCBH, ADPH</li> </ol> </li> <li>5) Code Markoviane             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. notazione di Kendall; Geo/Geo/1, M/M/Ns, M/M/Ns/0, M/M/1/Nw;</li> <li>b. Formula B di Erlang, Formula C di Erlang, Formula di Engset.</li> <li>c. Problemi e relative soluzioni per il calcolo numerico delle formole Erlang B e Erlang C. Sviluppo di funzioni MATLAB per il calcolo delle probabilità di perdita in code M/M/1/Ns e M/M/Ns/Nw. Soluzione mediante MATLAB di sistemi a coda M/Cox2/1/Nw, M/H2/1/Nw e M/E2/1/Nw.</li> <li>d. Approccio Matrix-Geometric per la soluzione di Catene di Markov descritte da matrici di Hessenberg a blocchi.</li> <li>e. Applicazione dell'approccio Matrix-Geometric per lo studio di sistemi a coda M/Cox2/1.</li> </ol> </li> <li>6) Code non Markoviane:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. La trattazione di una semplice coda non markoviana: la coda M/G/1;</li> <li>b. la catena di Markov immersa; analisi della coda in regime asintotico.</li> <li>c. Code M/G/1 con classi di utenza e con priorità</li> </ol> </li> <li>7) Reti di code:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Reti di code markoviane aperte e chiuse. Reti di code acicliche.</li> <li>b. Teorema di Burke. Teorema di Jackson.</li> <li>c. Teorema di Gordon-Newell.</li> <li>d. Algoritmo della convoluzione e approccio Mean Value Analysis per la soluzione delle reti di code di Gordon-Newell.</li> <li>e. Reti di code BCMP. Indici prestazionali in reti di code markoviane chiuse e BCMP.</li> </ol> </li> <li>8) Tecniche numeriche per la soluzione di catene di Markov             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Librerie Matfun e Stats di MATLAB. Generazione di osservazioni di vv.aa. di Erlang k, iperesponenziale, ipoesponenziale e di Coxn.</li> <li>b. Grafico quantile-quantile. Decomposizione agli autovalori per il calcolo del transitorio in Catene di Markov.</li> <li>c. Metodi diretti per il calcolo delle probabilità asintotiche di stato di Catene di Markov.</li> </ol> </li> </ol> <p>9 crediti (6 architetturali e 3 di laboratorio). L'esame consiste in una prova scritta, una prova Matlab ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course gives the fundamentals concepts related to Teletraffic Theory and its application to network engineering. The aim of the course is to give the students the capacity of building up and analyse their own abstraction of basic functions related to telecommunication networks or discrete state stochastic systems</p>

## Lista Attività formative

	<p>in general. Transient and Steady-state analysis of Discrete and Continuous Time Markov processes are introduced. Fundamentals concept related to Queueing theory and their application to circuit and packet switching networks are presented. The analysis of fundamental performance indexes is carried out, when necessary, by means of the transforms theory (e.g. Laplace, Zeta). The fundamental theorems related to the tractability of open and closed Queueing Networks are also presented. The classroom and laboratory (matlab) exercise are aimed to give the student the ability to carry out the solution of basic cases by proper analytical or numerical methods.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Discrete state Markov processes             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Discrete State, Discrete Time Markov Processes (Markov chains)</li> <li>b. Discrete State, Continuous Time Markov Processes</li> </ol> </li> <li>2) Point Processes             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Pure Birth and Pure Death processes</li> <li>b. Discrete time and continuous time Bernoulli processes</li> <li>c. Poisson process</li> </ol> </li> <li>3) Birth and Death Processes             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Ergodic conditions</li> <li>b. First and second order momentum</li> </ol> </li> <li>4) Basics on teletraffic analysis             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Stochastic models</li> <li>b. Deterministic models</li> <li>c. Non stationary behavior. TCBH, ADPH definitions</li> </ol> </li> <li>5) Markovian queues             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Kendall notation; Geo/Geo/1, M/M/Ns, M/M/Ns/0, M/M/1/Nw;</li> <li>b. Erlang B Formula, Erlang C Formula, Engset formula.</li> <li>c. Problems and solutions related to the evaluation of Erlang B e Erlang C formulas. MATLAB functions for the evaluation of loss probability in M/M/1/Ns and M/M/Ns/Nw queues. MATLAB solutions for M/Cox2/1/Nw, M/H2/1/Nw and M/E2/1/Nw queues.</li> <li>d. Matrix-Geometric approach for the solution of Markov chains described by block Hessenberg matrices.</li> <li>e. Matrix-Geometric approach for the analysis of the M/Cox2/1 queue.</li> </ol> </li> <li>6) Non Markovian queues:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. A simple non markovian queue: the M/G/1 queue;</li> <li>b. The embedded Markov chain; steady state analysis of the M/G/1 queue.</li> <li>c. Multiple user classes and priorities in M/G/1 queues</li> </ol> </li> <li>7) Reti di code:             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Open and Closed Markovian Queueing Networks.</li> <li>b. Burke Theorem. Jackson Theorem.</li> <li>c. Gordon-Newell Theorem.</li> <li>d. Convolution Algorithm and Mean Value Analysis for the solution of the Gordon-Newell queueing networks.</li> <li>e. BCMP queueing networks. Performance indexes in markovian open and closed queueing networks and BCMP.</li> </ol> </li> <li>8) Numerical tools for the solution of Markov Chains             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Matlab Matfun e Stats Libraries. Erlang k, iperexponential, ipoexponential and Coxn generators</li> <li>b. Quantile-quantile plots. Eigenvalues decomposition for the transient analysis of Markov chains.</li> <li>c. Direct methods for the evaluations of the steady state in ergodic Markov Chains.</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>Written test, laboratory test on MATLAB, and Oral Exam.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta, una prova Matlab ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Ingegneria del teletraffico
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	

## Lista Attività formative

SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Laboratorio di progettazione di software distribuito
<b>Title</b>	Laboratory of distributed software design
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi</b>                      Il corso affronta il problema dello sviluppo di sistemi software distribuiti rispondenti ai requisiti e consegnati nel rispetto di tempi e costi prestabiliti. Il processo di sviluppo presentato e seguito nel corso di laboratorio prevede attività tecniche (analisi di dominio, specifica dei requisiti, progettazione in UML, realizzazione in Java o in un altro linguaggio di programmazione orientato agli oggetti, documentazione) e gestionali (incontri con il committente, verifiche ispettive, collaudo).</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. Analisi del dominio                      2. Specifica dei requisiti                      3. Progettazione in UML mediante un ambiente integrato di progettazione                      4. Codifica in Java (o in un altro linguaggio di programmazione orientato agli oggetti) mediante un ambiente integrato di sviluppo                      5. Verifica e validazione</p> <p><b>Struttura del corso</b>                      6 crediti. L'esame consiste in un colloquio individuale con discussione di un progetto realizzato durante il corso.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>                      The aim of the course is the development of distributed software systems that satisfy given requirements and time and cost constraints. The development process presented and followed during the course consists of both technical activities (domain analysis, requirement specification, design in UML, implementation in Java, documentation) and management activities (customer meetings, inspections, acceptance test).</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. Domain analysis                      2. Requirement specification                      3. Design in UML by using an integrated design environment                      4. Coding in Java (or in another object-oriented programming language) by using an integrated development environment                      5. Verification and validation</p> <p><b>Course structure</b>                      6 credits. The exam consists in a colloquium concerning course matter plus a discussion on a project realized during the course.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in un colloquio individuale con discussione di un progetto realizzato durante il corso.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Laboratorio di progettazione di software distribuito
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	laboratorio
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Laboratorio di sistemi fotonici
<b>Title</b>	Lab of Photonic Systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Descrizione

## Lista Attività formative

	<p>Il corso, di forte ispirazione sperimentale, introduce lo studente alla conoscenza e all'utilizzo dei principali componenti e delle tecniche sperimentali impiegate nell'ambito della fotonica. Il corso inoltre illustrerà i principi di funzionamento dei principali strumenti di analisi e di misura (tra cui oscilloscopi, oscilloscopi a campionamento, analizzatori di spettro). Gli Obiettivi del corso sono di Apprendere il funzionamento dei dispositivi e della strumentazione principalmente utilizzata in fotonica di apprendere tecniche basilari di misura di effettuare pratica in laboratorio.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Sorgenti laser e modulatori             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Laser DFB e Diodi Laser</li> <li>b. Laser Fabry-Pèrot</li> <li>c. Laser Mode-Locking</li> <li>d. Modulazione della luce                 <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Diretta</li> <li>ii. Esterna</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>2) Dispositivi usati in fotonica             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Polarizzatori e controllori di polarizzazione</li> <li>b. Isolatori, Circolatori e Accoppiatori</li> <li>c. Filtri ottici</li> <li>d. Filtri Ottici Periodici</li> <li>e. Rivelatori</li> <li>f. OTDR</li> <li>g. Cenni di amplificazione ottica</li> <li>h. Accoppiamento fibra-aria-dispositivi</li> </ol> </li> <li>3) Strumentazione             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Oscilloscopi a campionamento elettrico</li> <li>b. Oscilloscopi real-time</li> <li>c. Analizzatori di Spettro Ottico</li> <li>d. Polarimetri</li> <li>e. Controllori di temperatura</li> <li>f. Cenni di acquisizione dati e automatizzazione dei processi di misura</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>5 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale e di una possibile tesina da realizzare in laboratorio.</p>
<b>Description</b>	<p>Description</p> <p>The course, which is devoted mainly to experimental issues, introduces the student to the knowledge and to the use of components and techniques used in photonics. The course also will explain the principles of operation of the analysis and measurement instruments. Objectives of the course are: learning working principle of devices and equipment used in photonics, learning basic measurements procedures, practicing in the lab.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Laser Sources and modulators             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. DFB Laser and laser diodes</li> <li>b. Fabry-Pèrot Lasers</li> <li>c. Mode-Locked Lasers</li> <li>d. Light Modulation                 <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Direct</li> <li>ii. External</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>2) Devices             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Polarizers and polarization controllers.</li> <li>b. Optical Isolators, circulators and couplers</li> <li>c. Optical Filters</li> <li>d. Periodic Optical Filters:</li> <li>e. Detectors</li> <li>f. OTDR</li> <li>g. Optical amplification (summary)</li> <li>h. Light coupling between optical fibre, air and devices</li> </ol> </li> <li>3) Instruments             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Digital Sampling Oscilloscopes</li> <li>b. Real-Time Oscilloscopes</li> <li>c. Optical Spectrum Analysers</li> <li>d. Polarimeters</li> <li>e. Temperature Controller</li> <li>f. Remote Instrument control and automated measurements</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and a possible project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e di una possibile tesina da realizzare in laboratorio.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese

## Lista Attività formative

<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Laboratorio di sistemi fotonici
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Metodi di ottimizzazione delle reti
<b>Title</b>	Network optimization methods
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Obiettivo del corso è presentare le principali tecniche di modellazione e le principali metodologie algoritmiche che si presentano a livello di progetto e gestione di reti di comunicazione. Verranno presentati rilevanti problemi di progetto e gestione di reti di comunicazione, quali QoS routing, problemi di location, problemi di resiliency e robustezza, equilibrio in reti di traffico. Verranno quindi proposte tecniche di modellazione e metodologie risolutive sia per taluni problemi di base che per problemi "NP-Hard".</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Problemi di ottimizzazione di rete di base: modelli e algoritmi             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Cammini minimi</li> <li>b. Flusso massimo</li> <li>c. Flusso di costo minimo</li> </ol> </li> <li>2) Problemi di ottimizzazione di rete "NP-Hard": modelli e algoritmi             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Modelli di routing</li> <li>b. Modelli di network design</li> <li>c. Principali tecniche euristiche</li> <li>d. Approcci esatti</li> </ol> </li> <li>3) Applicazioni             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. "QoS routing"</li> <li>b. Problemi di "location"</li> <li>c. Problemi di "resiliency"</li> <li>d. Robustezza nelle reti di comunicazione</li> <li>e. Equilibrio in reti di traffico</li> <li>f.</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>9 crediti (1/2 sui problemi di base, 5/4 su modelli e metodi per problemi "NP-Hard" e 3 su rilevanti applicazioni). L'esame consiste in una prova scritta seguita da una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>Aim of the course is to present the main modelling techniques and the main algorithmic methodologies for managing communication networks both at a design and at an operational level. We shall introduce relevant design and operational problems for communication networks, such as QoS routing problems, location problems, resiliency and robustness problems, and equilibrium problems in traffic networks. Then, we shall describe modelling techniques and algorithmic approaches for both basic problems and NP-Hard problems.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Basic network optimization problems: models and algorithms             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Shortest paths</li> <li>b. Maximum flow</li> <li>c. Minimum cost flow</li> </ol> </li> <li>2) NP-Hard network optimization problems: models and algorithms             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Routing models</li> <li>b. Network design models</li> <li>c. Main heuristic techniques</li> <li>d. Exact approaches</li> </ol> </li> <li>3) Applications             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. QoS routing</li> <li>b. Location problems</li> <li>c. Resiliency problems</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>d. Robustness in communication networks e. Equilibrium in traffic networks</p> <p>Course structure 9 credits (1/2 on basic problems, 4/5 on models and methods for NP-Hard problems, and 3 on relevant applications). The exam consists of a written exam</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta seguita da una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Metodi di ottimizzazione delle reti
SSD	MAT/09 RICERCA OPERATIVA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Metodi formali per la sicurezza
<b>Title</b>	Formal methos for security
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi introduzione ad alcune nozioni e problemi relativi alla sicurezza delle applicazioni di rete e presentazione di alcuni formalismi e tecniche per affrontarli.</p> <p>Syllabus - Introduzione alla sicurezza - Modelli per la sicurezza - Protocolli crittografici: - descrizione formale - proprietà di sicurezza - tecniche di analisi statiche e dinamiche - Language-based security: - problemi e proprietà - formalismi, metodi e tecniche - history-based security - sicurezza dei servizi web e della loro orchestrazione</p> <p>Struttura del corso: 6 CFU. Esame con prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives introduction some notions and problems that concern the security of net applications and presentation of some formalisms and techniques to address them.</p> <p>Syllabus - Introduction to security - Security models - Cryptographic protocols: - formal description - security properties - static and dynamic analysis techniques - Language-based security: - problems and properties - formalisms, methods and techniques - history-based security - web-services security and service orchestration</p> <p>Course structure: 6 CFUs. Exam consists in an oral test.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	Esame con prova orale.



## Lista Attività formative

<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Metodi formali per la sicurezza
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Metodi per la specifica e la verifica di processi di business
<b>Title</b>	Methods for the specification and verification of business processes
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi:</b>            Il corso si pone l'obiettivo di illustrare i concetti principali e le problematiche inerenti la gestione di processi, intesi come flussi di lavoro (workflow) costruiti componendo certe attività atomiche, e di fornire una panoramica dei linguaggi, dei modelli concettuali e degli strumenti automatici basati su essi, che possono essere usati per affrontare le problematiche in maniera adeguata.            Per realizzare tale obiettivo, il corso si propone di conciliare le tecniche di astrazione, con l'approccio strutturato e modulare e coi modelli operazionali propri della ricerca scientifica in ambito informatico, mostrando l'influenza esercitata dalle proprietà di interesse ai fini della analisi e della verifica automatica sulla scelta dei linguaggi e modelli usati per la specifica e la progettazione di processi.            Il percorso di apprendimento porterà gli studenti ad acquisire dimestichezza con i termini tecnici dell'area, con i diversi modelli per strutturare e comporre i processi in modo rigoroso, con le proprietà logiche che questi modelli possono essere richiesti soddisfare e con le tecniche di analisi e verifica dei processi. Inoltre potranno sperimentare i concetti visti con strumenti automatici per progettare e analizzare processi.</p> <p><b>Syllabus:</b>            Introduzione alle problematiche relative alla gestione dei processi            - Terminologia (business process, business process management, business process management system, business process model, process orchestration, business process lifecycle, workflow) e classificazione (orchestrazione vs coreografia, automazione, strutturazione)            - Cenni sull'evoluzione dei sistemi di gestione di processi aziendali            Modellazione di processi            - Modelli concettuali e livelli di astrazione            - Decomposizione funzionale e modularizzazione            - Orchestrazione di processi            - Proprietà di interesse nella progettazione, analisi e verifica di processi basati su workflow            - Pattern di orchestrazione (sequenza, split parallelo, split esclusivo, and-join, join esclusivo,...) e workflow strutturati            - Modelli rigorosi per workflow: reti di Petri e workflow nets            Strumenti automatici per la progettazione e analisi di workflow            - sperimentazione su ambiente di progettazione di processi workflow con strumenti automatici per progettare, analizzare processi di workflow</p> <p><b>Esami:</b>            Il corso è organizzato per una frequenza attiva e continua. L'esame comprende un progetto e una prova</p>

## Lista Attività formative

<b>Description</b>	<p>orale.</p> <p>Course objectives: The objective of the course is to explain the main concepts and problematic issues related to the process management, where processes are understood as workflow over some basic activities, and to show some of the languages, conceptual models and tools that can help to handle the main problems in a proper way. To this aim, the course reconciles abstraction techniques with a modular and structured approach and with operational models typical of computer science. In particular, it will be shown how the properties to be verified can drive the choice of the languages and models to be used in the specification and design phases of business processes. During the course, the students will become acquainted with the technical terminology of the area, with several rigorous models that can be used to structure and compose processes, with the logical properties that such processes can be required to satisfy and with specific analysis and verification techniques. Moreover they will be given the possibility to experiment with some advanced tools for the design and analysis of business processes.</p> <p>Syllabus: Introduction to key issues in business process management - Terminology (business process, business process management, business process management system, business process model, process orchestration, business process lifecycle, workflow) and classification (orchestration vs choreography, automation, structuring)</p> <p>- Hints on the evolution of business process architectures Process modelling - Conceptual models and levels of abstraction - Functional decomposition and modularity - Process orchestration - Process properties - Orchestration patterns (sequencing, parallel split, exclusive split, and-join, exclusive join,...) and structured workflow - Rigorous workflow models: Petri nets and workflow nets Tool-supported workflow design and analysis - experimentation with state-of-the-art integrated tools for business process design, analysis and verification</p> <p>Course structure: The exam will include a final term project and oral discussion.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame comprende un progetto e una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Metodi per la specifica e la verifica di processi di business
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Denominazione</b>	Metodi per la verifica del software

Cds:

## Lista Attività formative

<b>Title</b>	Software verification methods
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso si propone di introdurre e sperimentare la tecnica di verifica di correttezza di sistemi (software e hardware) chiamata Model Checking. Si svilupperanno i prerequisiti necessari e si approfondirà lo studio e l'utilizzo di metodi algoritmici (efficienti) per la verifica basati sul Model Checking. L'utilizzo di tecniche di Model Checking permette di verificare effettivamente la correttezza di classi significative di programmi superando i limiti delle soluzioni tradizionali basate su testing e simulazione.</p> <p>Syllabus</p> <p>Logica temporale. Automati e parole infinite. Algoritmi di verifica: le tecniche di base (linear time-branching time) L'esplosione del numero degli stati: il Model Checking simbolico e la tecnica dell'astrazione Strumenti e pacchetti. Casi di studio</p> <p>Struttura del corso. 6 CFU. L'esame consta di una prova orale ed eventualmente di un progetto didattico.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>Model checking concerns the use of algorithmic methods for the assurance of software and hardware systems. As our daily lives depend increasingly on digital systems, the reliability of these systems becomes a concern of overwhelming importance, and their reliability can no longer be sufficiently controlled by the traditional approaches of testing and simulation.</p> <p>Syllabus</p> <p>Verification algorithms: linear and branching temporal logics, omega automata, equivalences. State explosion: symbolic data structures, automatic abstraction, compositional reasoning. Case studies</p> <p>Course structure 6 CFUs. Exam consists in an oral test and possibly of a small project.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consta di una prova orale ed eventualmente di un progetto didattico.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Metodi per la verifica del software
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Modelli di calcolo
<b>Title</b>	Models of computation
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Vengono introdotti i principi della semantica operativa, della semantica denotazionale e delle tecniche per metterle in relazione per un linguaggio imperativo e per un linguaggio funzionale di ordine superiore. Viene anche presentata la semantica operativa e osservazionale di due calcoli per la descrizione di processi (CCS e pi-calcolo). Infine si esaminano i modelli operazionali con probabilità discrete e li si presentano dal punto di vista degli automi probabilistici.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Semantica operativa e denotazionale di un semplice linguaggio imperativo (IMP)             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduzione e sistemi di prova con regole di inferenza</li> <li>b. Sintassi e semantica operativa di IMP</li> <li>c. Tecniche di prova per induzione. (4h)</li> <li>d. Ordinamenti parziali completi</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>e. Teorema del minimo punto fisso  f. Segnature e algebre dei termini  g. Semantica denotazionale di IMP  h. Equivalenza tra semantica operativa e denotazionale di IMP  2) Semantica operativa e denotazionale di un linguaggio funzionale higher order (HOL)  a. Sintassi e semantica operativa lazy di HOL  b. Domini e costruzioni di domini  c. Semantica denotazionale lazy di HOL  d. Relazione tra semantica operativa e denotazionale di HOL  3) Sistemi di transizione e calcoli di processo per sistemi comunicanti mobili e probabilistici  a. Sintassi e semantica operativa di un calcolo di processi (CCS)  b. Semantica osservazionale del CCS  c. Logica di Hennessy-Milner  d. Sintassi e semantica di un calcolo per processi mobili (pi-calculus)  e. Modelli operazionali con probabilità discrete, processi di Markov  f. Automi probabilistici (PA)  g. Simulazione e bisimulazione di PA</p> <p>Struttura del corso  9 crediti (4 su IMP, 2 su HOL e 3 sui calcoli di processo). L'esame finale consiste di una prova scritta e di una orale. La prova scritta finale può essere sostituita da due prove scritte da sostenere durante il corso.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>  We introduce the principles of operational semantics, the principles of denotational semantics, and the techniques to relate one to the other for an imperative language and for a higher order functional language. Operational and observational semantics of two process description languages (CCS and pi-calculus) is also presented. Finally, we consider operational nondeterministic models with discrete probabilities, and we present them from the perspective of probabilistic automata.</p> <p><b>Syllabus</b>  1) Operational and denotational semantics of a simple imperative language (IMP)  a. Introduction and proof systems based on inference rules  b. Syntax and operational semantics of IMP  c. Induction principles  d. Complete partial orderings  e. Minimal fixpoint theorem  f. Signatures and term algebras  g. Denotational semantics of IMP  h. Equivalence between operational and denotational semantics  2) Operational and denotational semantics of a higher order functional language (HOL)  a. Syntax and lazy operational semantics of HOL  b. Domains and domain constructions  c. Lazy denotational semantics of HOL  d. Relations between operational and denotational semantics of HOL  3) Transition systems and process calculi for mobile, probabilistic communicating systems  a. Syntax and operational semantics of a process calculus (CCS)  b. Observational semantics of CCS  c. Hennessy-Milner logic  d. Syntax and semantics of a process calculus for mobile systems (pi-calculus)  e. Operational models with discrete probabilities, Markov processes  f. Probabilistic automata (PA)  g. Simulation and bisimulation of PA</p> <p>Course structure  9 credits (4 on IMP, 2 on HOL and 3 on process calculi). The final exam consists in written and oral parts. The written part can be replaced by two written exams taken during the course.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame finale consiste di una prova scritta e di una orale. La prova scritta finale può essere sostituita da due prove scritte da sostenere durante il corso.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Modelli di calcolo
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	

## Lista Attività formative

Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Modelli di costo e progettazione di supporti
<b>Title</b>	Cost models and support design
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso tratta di metodologie e tecniche per la progettazione di supporti a tempo di esecuzione di paradigmi di programmazione e applicativi per sistemi distribuiti, basandosi sull'approccio dell'architettura astratta e del modello dei costi delle computazioni e delle comunicazioni. Vengono presentate sia metodologie e tecniche generali, che studi di casi significativi e definiti o modificati di volta in volta.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Architetture astratte e modelli di costo per sistemi distribuiti</li> <li>2. Metodologie e tecniche per analisi statica di applicazioni distribuite</li> <li>3. Metodologie e tecniche per analisi di applicazioni distribuite a tempo di esecuzione</li> <li>4. Progetto di supporti a tempo di esecuzione e ottimizzazioni</li> <li>5. Strumenti configurazione, inizializzazione, esecuzione</li> <li>6. Studio di casi</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course deals with methodologies and techniques for the design of run-time supports for programming and application paradigms in distributed systems, according to approaches based on abstract architectures and cost models for computation and communication. General methodologies and techniques are presented in the general case, as well as relevant case studies which can be defined and modified in distinct years.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Abstract architectures and cost models for distributed systems</li> <li>2. Methodologies and techniques for static analysis of distributed applications</li> <li>3. Methodologies and techniques for run-time analysis of distributed applications</li> <li>4. Design of run-time supports and optimizations</li> <li>5. Configuration, initialization, and execution tools</li> <li>6. Case studies.</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Modelli di costo e progettazione di supporti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Paradigmi ed architetture avanzate
<b>Title</b>	Advanced paradigms and architectures

## Lista Attività formative

<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi</b>                      Il corso tratta di modelli architetturali e di studi di casi di architetture di calcolo avanzate, con particolare riguardo a sistemi, sia generali che dedicati, basati su componenti ad alta scala di integrazione, come multiprocessor on chip, graphic processing unit, fpga, networks on chip e loro composizioni. Accanto ai paradigmi architetturali, il corso studia modelli di programmazione e strumenti di sviluppo applicazioni, con caratteristiche di ottimizzazione dei pattern di comunicazione, delle gerarchie di memoria, dell'eterogeneità, dell'adattività dinamica nella gestione delle computazioni e delle risorse, del context-awareness, della mobilità, del deployment statico e dinamico, rispetto ai modelli di costo in termini di Qualità del Servizio, performance, tempo di risposta in real time, banda di elaborazione, risparmio energetico. Vengono mostrati studi di casi riferiti a tecnologie avanzate, anche attraverso attività sperimentali e di laboratorio.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. Paradigmi architetturali                      a. Architetture multiprocessor on chip                      b. Graphic processing units                      c. Networks on chip                      d. Sistemi distribuiti basati su componenti ad alta integrazione                      e. Strategie di comunicazione                      f. Gerarchie di memoria                      g. Gestione della ridondanza                      2. Modelli di programmazione                      a. Adattività e context-awareness                      b. Deployment dinamico su sistemi eterogenei                      c. Energy reliability                      d. Modelli di costo e QoS per applicazioni su complessi ad alta integrazione                      3. Studi di casi</p> <p><b>Struttura del corso</b>                      9 CFU (6 CFU sulle parti 1 e 2, 3 CFU per lo studio di casi con attività di laboratorio). L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>                      This course deals with architectural models and case studies of advanced computing architectures, with special emphasis on general and dedicated systems based on large integration scale, like multiprocessor on chip, graphic processing units, fpga, networks on chip, and their compositions. Along with architectural models, the course studies programming model and application development tools having features of communication pattern optimization, memory hierarchies, heterogeneity, dynamic adaptivity and context-awareness, mobility, static and dynamic deployment, with respect to cost models for QoS, performance, real-time response, throughput, energy saving. Case studies are discussed with reference to advanced technologies, also through experimental and laboratory activities.</p> <p>Il corso tratta di modelli architetturali e di studi di casi di architetture di calcolo avanzate, con particolare riguardo a sistemi, sia generali che dedicati, basati su componenti ad alta scala di integrazione, come multiprocessor on chip, graphic processing unit, fpga, networks on chip e loro composizioni. Accanto ai paradigmi architetturali, il corso studia modelli di programmazione e strumenti di sviluppo applicazioni, con caratteristiche di ottimizzazione dei pattern di comunicazione, delle gerarchie di memoria, dell'eterogeneità, dell'adattività dinamica nella gestione delle computazioni e delle risorse, del context-awareness, della mobilità, del deployment statico e dinamico, rispetto ai modelli di costo in termini di Qualità del Servizio, performance, tempo di risposta in real time, banda di elaborazione, risparmio energetico. Vengono discussi studi di casi riferiti a tecnologie avanzate, anche attraverso attività sperimentali e di laboratorio.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. Architectural paradigms                      a. Multiprocessors on chip                      b. Graphic processing units                      c. Networks on chip                      d. Distributed systems based on large integration components                      e. Communication strategies                      f. Memory hierarchies                      g. Redundancy management                      2. Programming models                      a. Adaptivity and context-awareness                      b. Dynamic deployment for heterogeneous systems                      c. Energy reliability                      d. Cost models and QoS for applications                      3. Case studies</p> <p><b>Course structure</b>                      9 CFUs (6 CFUs on parts 1 e 2, and 3 CFUs for case studies and laboratori activities). Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1

## Lista Attività formative

<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Paradigmi ed architetture avanzate
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Pervasive computing
<b>Title</b>	Pervasive computing
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso tratta di metodologie e tecniche per la progettazione ed applicazione di paradigmi di pervasive/ubiquitous computing: ambient intelligence, context-awareness, human-centered computing, sentient computing, ed altri. Vengono studiate tecnologie, sistemi e framework per supportare questi paradigmi in distribuito e messi in relazione con modelli generali paralleli e distribuiti. Il corso presenta diversi studi di casi.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. modelli di pervasive/ubiquitous computing</li> <li>2. ambient intelligence,</li> <li>3. context-awareness,</li> <li>4. human-centered computing,</li> <li>5. sentient computing,</li> <li>6. analisi e valutazione di tecnologie, sistemi e framework,</li> <li>7. studio di casi</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course deals with methodologies and techniques for design and application of pervasive/ubiquitous computing paradigms: ambient intelligence, context-awareness, human-centered computing, sentient computing, and others. Technologies, systems and frameworks for distributed support of these paradigms are studied and related to general models for parallel and distributed computing. Several case studies are presented.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. models for pervasive/ubiquitous computing</li> <li>2. ambient intelligence,</li> <li>3. context-awareness,</li> <li>4. human-centered computing,</li> <li>5. sentient computing,</li> <li>6. analysis and evaluation of technologies, systems and frameworks,</li> <li>7. case studies.</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Pervasive computing
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali
CFU	6

## Lista Attività formative

Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Prestazioni di reti multimediali
<b>Title</b>	Performance of multimedia networks
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il modulo fornisce i concetti elementari necessari per affrontare le problematiche relative alla valutazione delle prestazioni delle moderne reti a commutazione di pacchetto, con particolare riguardo ai meccanismi di inoltro affidabile dell'informazione e alle architetture legate alla gestione di flussi multimediali con garanzie di qualità del servizio. Saranno analizzati sia tradizionali approcci di carattere probabilistico (in relazione all'analisi di eventi rari e alla modellizzazione di funzioni e protocolli di rete) che metodologie basate sull'analisi di worst-case, alla base del dimensionamento di reti IntServ e DiffServ.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Network Calculus             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Concetti generali: curve di arrivo e di servizio, bound relativi a backlog e delay</li> <li>b. Caratterizzazione del traffico mediante token bucket</li> <li>c. Applicazioni a Internet: architetture IntServ e DiffServ</li> <li>d. Modelli basati sui tempi di arrivo e di partenza dei pacchetti: GR node e PSRG node</li> </ol> </li> <li>2) Modellizzazione del traffico             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Modelli di traffico SRD</li> <li>b. Modelli di traffico LRD</li> <li>c. Modellizzazione di connessioni TCP</li> </ol> </li> <li>3) Simulazione di Eventi Rari             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Teoria delle Grandi Deviazioni</li> <li>b. Effective Bandwidth</li> <li>c. Restart</li> <li>d. Importance Sampling</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti. L'esame consiste in una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The aims of the course are to evaluate the performance of Telecommunication Networks and to investigate how the performance may have an impact on the architecture and the design of these systems. The analysis will involve classical stochastic approaches (including source traffic modelling and modelling of TCP connections) as well as worst-case techniques, widely used in the characterization of IntServ and DiffServ architectures.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Network Calculus             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Basic concepts: arrival and service curves, bounds on backlog and delay</li> <li>b. Token bucket traffic characterization</li> <li>c. Application to the Internet: IntServ and DiffServ architectures.</li> <li>d. Traffic models based on packet arrival and departure times: GR and PSRG nodes.</li> </ol> </li> <li>2) Traffic modelling             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. SRD traffic models</li> <li>b. LRD traffic models</li> <li>c. Models of TCP connections</li> </ol> </li> <li>3) Rare Event Simulation             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Large Deviation Theory</li> <li>b. Effective Bandwidth</li> <li>c. Restart</li> <li>d. Importance Sampling</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits. The exam will consist of an oral examination.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1



## Lista Attività formative

<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Prestazioni di reti multimediali
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

**Cds:**

<b>Denominazione</b>	Programmazione avanzata
<b>Title</b>	Advanced programming
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Gli obiettivi del corso sono:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>di fornire agli studenti una conoscenza approfondita di come come concetti e metafore ad alto livello dei linguaggi di programmazione si traducono in sistemi eseguibili e quali siano i loro costi e limiti</li> <li>di familiarizzare gli studenti con i moderni principi, tecniche e migliori pratiche per la costruzione di software sofisticato</li> <li>di introdurre tecniche di programmazione a livelli di astrazione più elevata, in particolare generative programming, component programming e web computing</li> <li>di presentare frameworks allo stato dell'arte che incorporano queste tecniche.</li> </ol> <p>Il corso in particolare si focalizza su questioni di qualità relative al progetto dettagliato ed alla codifica, quali l'affidabilità, le prestazioni, l'adattabilità e l'integrabilità in sistemi più ampi.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Pragmatica dei Linguaggi di Programmazione</li> <li>Supporto Run Time e Ambienti di Esecuzione</li> <li>Programmazione Generica</li> <li>Librerie di Classi e Framework</li> <li>Programmazione Generativa</li> <li>Interoperabilità tra Linguaggi</li> <li>Programmazione Basata su Componenti</li> <li>Web Services</li> <li>Web e Application Frameworks</li> <li>Linguaggi di Scripting</li> </ol> <p>Struttura del Corso</p> <p>9 crediti (3 su pragmatica dei linguaggi, 3 su metafore di programmazione avanzate, 3 sulla programmazione web). L'esame consiste nella preparazione di elaborato finale scritto, a soluzione di un problema complesso di programmazione.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The objectives of this course are:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>to provide the students with a deep understanding of how high level programming concepts and metaphors map into executable systems and which are their costs and limitations</li> <li>to acquaint the students with modern principles, techniques, and best practices of sophisticated software construction</li> <li>to introduce the students to techniques of programming at higher abstraction levels, in particular generative programming, component programming and web computing</li> <li>to present state-of-the-art frameworks incorporating these techniques.</li> </ol> <p>This course focuses on the quality issues pertaining to detailed design and coding, such as reliability, performance, adaptability and integrability into larger systems.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Programming Language Pragmatics</li> <li>Run Time Support and Execution Environments</li> <li>Generic Programming</li> <li>Class Libraries and Frameworks</li> <li>Generative Programming</li> <li>Language Interoperability</li> <li>Component Based Programming</li> </ol>

## Lista Attività formative

	8. Web Services 9. Web and Application Frameworks 10. Scripting Languages Course Structure 9 credits (3 on language pragmatics, 3 on programming metaphors, 3 on web programming). The exam consists in preparing a final term paper, solving a complex programming problem.
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste nella preparazione di elaborato finale scritto, a soluzione di un problema complesso di programmazione.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Programmazione avanzata
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Programmazione concorrente
<b>Title</b>	Concurrent programming
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso tratta di metodologie e tecniche per la programmazione di sistemi concorrenti e distribuiti. Vengono approfonditi i classici modelli ad ambiente locale e ad ambiente globale, ed applicati a tecnologie esistenti (librerie di comunicazione e a memoria condivisa) e linguaggi concorrenti. Inoltre, viene studiata l'applicazione a modelli di più alto livello, come programmazione parallela strutturata e framework distribuiti, supportati da diversi studi di casi.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelli di programmazione concorrente</li> <li>2. Applicazione a librerie di comunicazione</li> <li>3. Applicazione a librerie a memoria condivisa</li> <li>4. Linguaggi concorrenti</li> <li>5. Ambienti e strumenti di programmazione parallela strutturata e framework distribuiti</li> <li>6. Studio di casi</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course deals with methodologies and techniques for concurrent and distributed systems programming. The classical local-environment and global-environment are developed in depth, and applied to existing technologies (communication and shared memory libraries) and concurrent languages, as well as to higher level models, e.g. structured parallel programming and distributed framework, experimented in several case studies.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concurrent programming models</li> <li>2. Application to communication libraries</li> <li>3. Application to shared memory libraries</li> <li>4. Concurrent languages</li> <li>5. Environments and tools for structured parallel programming and distributed frameworks</li> <li>6. Case studies.</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.

## Lista Attività formative

<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Programmazione concorrente
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Propagazione ed ottica applicata
<b>Title</b>	Applied optics and propagation
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Propagazione ed ottica applicata</p> <p>Il presente corso, articolato in tre moduli, fornirà i fondamenti di campi elettromagnetici , ed esaminerà in dettaglio le implicazioni nell'ambito dell'ottica applicata e della propagazione guidata, in fibra o in guida dielettrica, così come nell'ambito della di propagazione wireless.</p> <p>Più in dettaglio, il modulo di insegnamento sui fondamenti di campi elettromagnetici e propagazione offrirà allo studente un'introduzione iniziale ai concetti fondamentali connessi alla teoria dei campi elettromagnetici e sarà quindi incentrato sulla teoria delle linee di trasmissione, la propagazione delle guide d'onda dielettriche, gli amplificatori ed i laser in fibra o in guida d'onda. Una parte non trascurabile sarà dedicata al design di specifiche componenti ottiche in fibra ed in guida, fornendo elementi di analisi e la logica sottostante al comportamento dei dispositivi ottici in modo tale da rendere lo studente capace di applicare indipendentemente i concetti fondamentali al design di dispositivi reali di interesse pratico; verranno inoltre descritti metodi numerici per l'analisi modale, basati sugli elementi finiti, così come strumenti di modellazione statica e dinamica di amplificatori ottici in fibra ed in guida.</p> <p>Il modulo di insegnamento sui fondamenti di ottica applicata fornirà i concetti e le nozioni basilari sulle onde luminose, la loro natura, la loro descrizione e le loro caratteristiche fisiche, ed illustrerà inoltre i principali settori di applicazione dell'ottica.</p> <p>Il modulo di insegnamento sulle reti di comunicazione wireless approfondirà in particolare gli aspetti legati alla trasmissione wireless, e tratterà i fondamenti, le tecnologie utilizzate ed i protocolli esistenti nelle comunicazioni su reti wireless.</p> <p>Gli argomenti trattati nel corso, suddivisi in aree tematiche, sono:</p> <p>Campi elettromagnetici e propagazione</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equazioni di Maxwell</li> <li>- Linee di trasmissione</li> <li>- Propagazione e riflessione di onde piane</li> <li>- Guide d'onda dielettriche rettangolari</li> <li>- Guide d'onda cilindriche: le fibre ottiche</li> <li>- Il metodo agli elementi finiti per l'analisi modale e la propagazione in guida d'onda</li> <li>- Amplificatori ottici e laser in fibra ottica</li> <li>- Amplificatori ottici e laser integrati in guida d'onda</li> </ul> <p>Fondamenti di ottica applicata</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ottica geometrica e l'ottica dei raggi luminosi</li> <li>- Ottica matriciale</li> <li>- Equazioni di Maxwell in ottica</li> <li>- Il fenomeno della polarizzazione</li> <li>- Interferenza e diffrazione</li> <li>- Ottica quantistica</li> <li>- I laser e le loro applicazioni</li> </ul> <p>Comunicazioni wireless</p>

## Lista Attività formative

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduzione alla trasmissione wireless</li> <li>- Nozioni fondamentali sulle reti wireless</li> </ul> <p>Struttura del corso</p> <p>9 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Applied optics and propagation</p> <p>This course, which is organised in three modules, will provide the basics of electromagnetic fields and will deal specifically with the implications in the fields of applied optics and guided transmission, both through optical fibers or dielectric waveguides, as well as the implications in the domain of wireless transmission. More in detail, the course module on fundamentals of electromagnetic field and propagation will offer students an introduction to the fundamental concepts related to electromagnetic theory and will then be specifically focused on transmission line theory, propagation in dielectric optical waveguides, fiber and waveguide amplifiers and lasers. A considerable effort will be devoted to the design of specific fiber and waveguide based optical components, providing the analysis and logic behind this design in such a way that the student can understand and learn how to apply the fundamental concepts in order to reach practically useful results. Numerical tools based on the Finite Element Method for modal analysis will be described, as well as static and dynamic fiber/waveguide amplifier modelling tools.</p> <p>The course module on fundamentals of applied optics will provide basic information about the nature of lightwave, its physical descriptions and the current applications of optics science.</p> <p>The course module on wireless communication networks will provide an overview of wireless network transmission, technologies and protocols.</p> <p>Pre-requisites: Fundamentals of mathematics A list of the topics that will be addressed in each course module is given below:</p> <p>Electromagnetic Fields and Propagation</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Maxwell's Equations</li> <li>- Transmission lines</li> <li>- Plane wave propagation and reflection</li> <li>- Dielectric slab waveguides</li> <li>- Optical fibers</li> <li>- The Finite Element Method for waveguide modal analysis and propagation</li> <li>- Optical fiber amplifiers and lasers</li> <li>- Integrated optical waveguide amplifiers and lasers</li> </ul> <p>Fundamentals of Applied Optics</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ray optics</li> <li>- Matrix optics</li> <li>- Maxwell's equations in optics</li> <li>- Polarization basics</li> <li>- Interference and diffraction</li> <li>- Quantum optics</li> <li>- LASERS and their applications</li> </ul> <p>Wireless communication networks</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Introduction to wireless transmissions</li> <li>- Basics of wireless networks</li> </ul> <p>Course structure</p> <p>9 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Propagazione ed ottica applicata
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	

## Lista Attività formative

Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Reti di accesso, metropolitane e di dorsale
<b>Title</b>	Access, metropolitan and core networks
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce i fondamenti dei processi stocastici e teoria dei segnali avanzata applicata alla stime e i fondamenti di teoria delle code. Il corso coprirà anche le tecnologie di rete wireless e i relativi protocolli. Infine presenterà le principali architetture per i segmenti di accesso, metropolitani e di core.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Processi stocastici e teoria delle code             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Concetti generali</li> <li>b. Percorsi casuali e altre applicazioni</li> <li>c. Rappresentazione spettrale</li> <li>d. Stima dello spettro</li> <li>e. Catene e processi di Markov</li> <li>f. Teoria delle reti elementare</li> <li>g. Teoria delle reti intermedia</li> </ol> </li> <li>2) Reti di comunicazione senza fili             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduzione alle trasmissioni e alle reti senza fili</li> <li>b. Protocolli per reti senza fili</li> <li>c. Reti CDMA</li> <li>d. IEEE 802.11 (WiFi)</li> <li>e. IEEE 802.16 (WiMax)</li> <li>f. Reti senza fili magliate</li> <li>g. Reti senza fili di sensori</li> </ol> </li> <li>3) Progetto di reti             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Gerarchia di rete</li> <li>b. Segmento di accesso</li> <li>c. Segmento metropolitano</li> <li>d. Segmento di core</li> <li>e. Architetture future</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>12 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>This course introduces the fundamentals of stochastic processes and advanced signal theory concerning estimation as well as the basics of queuing theory. The course will also overview wireless network technologies and protocols. Finally it will cover the main network architectures for access, metropolitan and core segments.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Stochastic processes and queuing theory             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. General concepts</li> <li>b. Random walks and other applications</li> <li>c. Spectral representation</li> <li>d. Spectrum estimation</li> <li>e. Markov chains and processes</li> <li>f. Elementary queuing theory</li> <li>g. Intermediate queuing theory</li> </ol> </li> <li>2) Wireless communication networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduction to wireless transmissions and wireless networks</li> <li>b. Wireless network protocols:                 <ol style="list-style-type: none"> <li>c. CDMA networks</li> <li>d. IEEE 802.11 (WiFi)</li> <li>e. IEEE 802.16 (WiMax)</li> <li>f. Wireless mesh networks</li> <li>g. Wireless sensor networks</li> </ol> </li> </ol> </li> <li>3) Design of networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Network hierarchy</li> <li>b. Access segment</li> <li>c. Metropolitan segment</li> <li>d. Core segment</li> <li>e. Future architectures</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p>

## Lista Attività formative

	12 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and a possible discussion of a project assigned to the student.
<b>CFU</b>	12
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e di una possibile discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Reti di accesso, metropolitane e di dorsale
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	12
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Reti e tecnologie per le telecomunicazioni
<b>Title</b>	Networks and technologies for telecommunications
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>L'obiettivo del corso è di fornire allo studente un'ampia panoramica dell'architettura e dei protocolli utilizzati nelle reti di telecomunicazione e delle tecnologie a livello fisico per trasmettere i dati. Inoltre viene fornita un'introduzione sugli strumenti utilizzati per la progettazione delle reti di telecomunicazione. Il corso è diviso in tre moduli. Il primo modulo riguardante le reti di telecomunicazione introduce i concetti fondamentali dell'interconnessione in rete di dispositivi. Quindi, il secondo modulo riguardante campi elettromagnetici e propagazione tratta in dettaglio lo strato fisico delle reti e fornisce le basi di propagazione guidata e non e di trasmissione dati. Infine, il terzo modulo riguardante l'ottimizzazione delle reti di telecomunicazione introduce gli strumenti utilizzati nella modellazione ed ottimizzazione delle reti di telecomunicazione.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Reti di Telecomunicazione             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduzione alle reti di telecomunicazione</li> <li>b. Commutazione a pacchetto ed a circuito</li> <li>c. Livelli protocollari e protocolli</li> <li>d. Mezzi di trasmissione</li> <li>e. Il livello fisico</li> <li>f. I protocolli di livello 2, livello 3 e livello 4</li> <li>g. MPLS, VLAN, VPN</li> <li>h. Introduzione alla Qualità del Servizio (QoS) ed all' instradamento ed al controllo di ammissione basati sulla QoS</li> <li>i. Codifica vocale, Skype</li> </ol> </li> <li>2) Campi elettromagnetici e propagazione             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Equazioni di Maxwell</li> <li>b. Linee di trasmissione</li> <li>c. Propagazione e riflessione di onde piane</li> <li>d. Guide d'onda dielettriche rettangolari</li> <li>e. Guide d'onda cilindriche: le fibre ottiche</li> <li>f. Il metodo agli elementi finiti per l'analisi modale e la propagazione in guida d'onda</li> <li>g. Amplificatori ottici e laser in fibra ottica</li> <li>h. Amplificatori ottici e laser integrati in guida d'onda</li> </ol> </li> <li>3) Ottimizzazione delle reti di telecomunicazione             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduzione alla programmazione lineare</li> <li>b. Introduzione alla teoria dei grafi</li> <li>c. Introduzione all'instradamento ed all'assegnazione delle lunghezze d'onda</li> </ol> </li> </ol>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course objective is to provide the student with a broad overview of the communication network architectures and protocols and the physical layer technologies for transmitting data. In addition an introduction on instruments utilized for communication network design is provided. The course is divided in three modules. The first module on communication networks introduces the fundamentals of</p>

## Lista Attività formative

	<p>communication networks with regards to all network layers. Then, the second module on electromagnetic field and propagation details the network physical layer and it provides the basics of guided and unguided propagation and data transmission. Finally, the third module on network optimization introduces instruments for communication network modelling and optimization.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Communication Networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduction to Communication Networks</li> <li>b. Packet Switching and Circuit Switching</li> <li>c. Protocols and layering</li> <li>d. Transmission media</li> <li>e. Physical layer</li> <li>f. Layer 2, layer 3, and layer 4 protocols</li> <li>g. MPLS, VLAN, VPN</li> <li>h. Introduction to QoS issues QoS routing and Admission control QoS in Internet</li> <li>i. Voice coding, Skype</li> </ol> </li> <li>2) Electromagnetic fields and propagation             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Maxwell's Equations</li> <li>b. Transmission lines</li> <li>c. Plane wave propagation and reflection</li> <li>d. Dielectric slab waveguides</li> <li>e. Optical fibers</li> <li>f. The Finite Element Method for waveguide modal analysis and propagation</li> <li>g. Optical fiber amplifiers and lasers</li> <li>h. Integrated optical waveguide amplifiers and lasers</li> </ol> </li> <li>3) Network Optimization             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Introduction to linear programming</li> <li>b. Introduction to graph theory</li> <li>c. Introduction to routing and wavelength assignment (RWA)</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>9 CFU consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and a possible discussion of a project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consta di un colloquio orale sui temi trattati a lezione ed un'eventuale discussione di una tesina assegnata allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Reti e tecnologie per le telecomunicazioni
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Sicurezza nelle reti
<b>Title</b>	Network security
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Il corso introduce i principali concetti e gli strumenti metodologici per analizzare un sistema informatico dal punto di vista della sicurezza e per aumentare il livello di sicurezza offerto dal sistema stesso. Il corso adotta un approccio sistemico alla sicurezza vista come una proprietà del sistema informatico complessivo a partire dal livello del sistema operativo.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Concetti di Base             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Attributi di sicurezza e relazione con altri attributi di un sistema                 <ol style="list-style-type: none"> <li>i. Confidenzialità</li> <li>ii. Integrità</li> <li>iii. Disponibilità</li> </ol> </li> <li>b. Vulnerabilità</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<ul style="list-style-type: none"> <li>c. Minaccia</li> <li>d. Attacco</li> <li>i. Attacchi elementari</li> <li>ii. Attacchi complessi</li> <li>e. Contromisura</li> <li>f. Rischio</li> <li>2. Analisi delle Vulnerabilità</li> <li>3. Analisi delle Minacce</li> <li>4. Analisi delle Contromisure <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Contromisure a livello hardware/firmware</li> <li>b. Contromisure a livello di nucleo del sistema operativo</li> <li>c. Contromisure a livello delle applicazioni</li> <li>d. Contromisure a livello di rete</li> <li>e. Sviluppo di software sicuro</li> <li>f. Strumenti per la rilevazione delle intrusioni</li> </ul> </li> <li>i. Firewall</li> <li>ii. Intrusion Detection System</li> <li>iii. Network Intrusion Detection System</li> <li>g. Politica di Sicurezza</li> <li>5. Analisi del Rischio <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Approcci qualitativi</li> <li>b. Approcci quantitativi</li> <li>c. Approcci ibridi</li> </ul> </li> </ul>
<b>Description</b>	<p>This courses introduces the main concepts, tools and methodology to analyze a computer network system from a security perspective to increase the security level of the system. A systemic point of view is adopted where security is seen as an inner system property that involves all the system levels from the operating system one.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>1. Introduction and Terminology <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Security Attributes and Relations with other Attributes <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Confidentiality</li> <li>ii. Integrity</li> <li>iii. Availability</li> </ul> </li> <li>b. Vulnerability</li> <li>c. Threat</li> <li>d. Attack <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Elementary Attack</li> <li>ii. Complex Attack</li> </ul> </li> <li>e. Countermeasure</li> <li>f. Risk</li> </ul> </li> <li>2. Vulnerability Analysis</li> <li>3. Threat Analysis</li> <li>4. Countermeasure Analysis <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Hardware/firmware countermeasures</li> <li>b. Operating System countermeasures</li> <li>c. Application Countermeasures</li> <li>d. Network Countermeasures</li> <li>e. Development of Secure Software</li> </ul> </li> <li>f. Intrusion Analysis <ul style="list-style-type: none"> <li>i. Firewall</li> <li>ii. Intrusion Detection System</li> <li>iii. Network Intrusion Detection System</li> </ul> </li> <li>g. Politica di Sicurezza</li> <li>5. Risk Analysis <ul style="list-style-type: none"> <li>a. Qualitative Approaches</li> <li>b. Quantitative Approaches</li> <li>c. Hybrid Approaches</li> </ul> </li> </ul>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	Prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sicurezza nelle reti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	



## Lista Attività formative

Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti
<b>Title</b>	High performance computing systems and enabling platforms
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso tratta delle architetture di sistemi ad alte prestazioni secondo diversi modelli ed approcci, in particolare sistemi multiprocessor a memoria condivisa ed a memoria distribuita, cluster, multi cluster, grid, cloud, farms, data centre. Tali sistemi vengono studiati in termini di modello architetturale, supporti statici e dinamici a modelli computazionali e di programmazione parallela e distribuita, valutazione delle prestazioni, capacità di essere combinati in piattaforme abilitanti complesse ed eterogenee, fornendo esempi di campi di applicazione. Vengono approfondite le caratteristiche e le tendenze tecnologiche, come l'utilizzo di tecnologie multicore/GPU e reti ad alta velocità.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Modelli architetturali generali di sistemi a moduli cooperanti</li> <li>2. Analisi e valutazione delle prestazioni di sistemi paralleli e distribuiti</li> <li>3. Architetture a memoria condivisa: SMP, NUMA, COMA</li> <li>4. Architetture a memoria distribuita ad accoppiamento stretto e lasco</li> <li>5. Cluster, multicluster, farms, grid, cloud, data centre</li> <li>6. Caratteristiche di compilatori e supporti a tempo di esecuzione</li> <li>7. Piattaforme complesse eterogenee</li> <li>8. Impatto tecnologico su moduli di elaborazione e di comunicazione e su piattaforme</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course deals with architectures of high-performance computing systems according to several models and approaches, including shared memory multiprocessors, distributed memory multiprocessors and multicomputers, clusters, multiclusters, grid, cloud, farms, data centres. These systems are studied in terms of architectural model, static and dynamic support to computation and programming models for parallel and distributed processing, performance evaluation, capability for building complex and heterogeneous enabling platforms, also through examples of application cases. Technological features and trends are studied, for example multicore/GPU technology and high-performance networks.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. General architectural models for systems composed of cooperating modules</li> <li>2. Performance models for parallel and distributed systems</li> <li>3. Shared memory architectures: SMP, NUMA, COMA</li> <li>4. Distributed memory architectures: strictly and loosely coupled models</li> <li>5. Cluster, multicluster, farms, grid, cloud, data centre</li> <li>6. Features of compiling and run-time tools</li> <li>7. Complex heterogeneous platforms</li> <li>8. Technological impact on processing and communication modules and platforms</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi ad alte prestazioni e piattaforme abilitanti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

## Lista Attività formative

<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli
<b>Title</b>	Distributed systems: paradigms and models
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi</b>                      Il corso tratta dei paradigmi e dei modelli di programmazione utilizzati per sistemi distribuiti e paralleli sia a livello delle applicazioni che degli strumenti di supporto. Partendo da modelli di programmazione strutturata (algorithmical skeleton, parallel design pattern) o basati sul concetto di componente o di servizio, verranno presi in considerazione sia i problemi relativi agli aspetti funzionali (potere espressivo, modularità, riuso) che quelli relativi agli aspetti non funzionali (performance, fault tolerance, adattività). Il modulo di laboratorio permetterà di sperimentare diversi approcci e soluzioni sulle architetture distribuite maggiormente diffuse, come reti di workstation, griglie computazionali e cloud.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1) Paradigmi per la programmazione parallela e distribuita                      a. Programmazione strutturata                      b. Componenti                      c. Workflow                      2) Modelli implementativi                      a. Posix-TCP/IP-SSH/SCP                      b. RPC/RMI                      c. Distributed Virtual Shared Memory                      d. Parallel Virtual File Systems                      e. Sistemi "Middleware"                      3) Laboratorio                      a. Ambienti a skeleton                      b. Ambienti a componenti                      c. Implementazione di semplici supporti run time                      d. Implementazione di semplici applicazioni</p> <p><b>Struttura del corso</b>                      9 crediti (3 sui paradigmi, 3 sui modelli implementativi e 3 di (preparazione alle attività di) laboratorio). L' esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>                      The course covers the programming models and the paradigms used with distributed and parallel systems, for both the application and support tool software. Taking into account structured programming models (algorithmical skeletons, parallel design patterns) as well as those models based on components and services, all the problems related to the functional (expressive power, modularity and reuse) and non functional (performance, fault tolerance, adaptivity) concerns will be considered. The lab module will be used to experiment different approaches and solutions on the most common distributed architectures, such as workstation networks, grids and clouds.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1) Parallel and distributed programming paradigms                      a. Structured programming                      b. Components                      c. Workflows                      2) Implementation models                      a. Posix-TCP/IP-SSH/SCP                      b. RPC/RMI                      c. Distributed Virtual Shared Memory                      d. Parallel Virtual File Systems                      e. "Middleware" systems                      3) Lab                      a. Skeleton environments                      b. Component environments                      c. Implementation of simple RTS                      d. Implementation of simple applications</p> <p><b>Course structure</b>                      9 credits (3 on paradigms, 3 on models and 3 on lab activities). Exam consists in a colloquia concerning course matter plus a discussion on a simple project that will be assigned to the student</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi distribuiti: paradigmi e modelli
SSD	INF/01 INFORMATICA

## Lista Attività formative

Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Sistemi embedded
<b>Title</b>	Embedded systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso copre le principali fasi dello sviluppo di sistemi embedded, con particolare attenzione alle tecniche basate su modelli (model-based) e all'uso di metodi formali per l'analisi delle proprietà del sistema. Verranno esaminati problemi e soluzioni relativi a tutte le fasi di sviluppo, comprendendo: analisi dei requisiti, progettazione a livello di sistema, modelli orientati ai componenti, modelli software, verifica di proprietà, scelta e progettazione dell'architettura, generazione di codice e testing.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Modello di sviluppo di sistemi embedded             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. I sistemi embedded e l'impatto sulla moderna elettronica industriale</li> <li>b. Le fasi del processo di sviluppo, progettazione basata su modelli.</li> <li>c. Modelli di calcolo per sistemi embedded: macchine a stati finiti, FSM gerarchiche, automi temporizzati, dataflows.</li> <li>d. Analisi dei requisiti utente, test di sistema, tracciamento dei requisiti scelta e progettazione dell'architettura, modelli orientati ai componenti, modelli software, raffinamento, preservazione della semantica, generazione di codice. Strumenti, metodi e standard per la modellazione di sistema.</li> <li>e. Introduzione alle tecniche di verifica, analisi funzionale e temporale.</li> <li>f. Generazione automatica di codice.</li> <li>g. Tecniche di test, test di conformità, il concetto di copertura nel test, copertura MC/DC.</li> </ol> </li> <li>2) Programmazione di Sistemi Embedded: sistemi operativi e comunicazione wireless ? Tecnologie ed esempi.</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova orale e nella discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>This course covers the main stages in the development of embedded systems, with emphasis on model-based development and formal methods for the analysis of system properties. We review problems and approaches related to all the stages of development including requirements analysis, system-level design, component oriented modelling, behavioural modelling, verification of properties, architecture selection and design, code generation and testing.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Model-based development of embedded Systems             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Embedded systems and impact on modern day industrial electronics</li> <li>b. Stages in the development flow, model based design.</li> <li>c. Computation models for Embedded Systems: finite state machines, hierarchical FSM, timed automata, dataflows.</li> <li>d. User requirements analysis, system-level testing, requirements tracking, architecture selection and analysis, component modelling, design of components, implementation of models into concurrent code, semantics preservation issues. Tools, standards and methods for system modelling.</li> <li>e. Introduction to verification techniques, functional and timing analysis.</li> <li>f. Automatic code generation for abstract models.</li> <li>g. Testing techniques, conformance testing, concept of coverage, MC/DC coverage.</li> </ol> </li> <li>2) Embedded Systems Programming: Operating systems and wireless communication: technologies and examples-</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits consisting of front lectures, exercise, laboratory and project. Exam consists in a colloquium concerning course concepts and the discussion of the project assigned to the student.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale e nella discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.

## Lista Attività formative

<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi embedded
SSD	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni di laboratorio
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Sistemi operativi distribuiti
<b>Title</b>	Distributed operating systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso fornisce i concetti e le tecniche necessarie ad estendere la definizione di Sistema Operativo, già nota per una singola macchina fisica, fino a comprendere piattaforme di esecuzione più complesse, inerentemente parallele e distribuite.</p> <p>Vengono confrontate più tecnologie di esecuzione distribuita e realizzazioni di Sistema Operativo Distribuito (DOS), analizzando le diverse astrazioni di sistema fornite, le problematiche conseguenti, le scelte di implementazione, le potenzialità ottenibili.</p> <p>Una parte importante del corso è costituita dalla presentazione dal punto di vista tecnologico di un Sistema Operativo Distribuito di riferimento.</p> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Richiami e fondamenti</li> <li>Modelli di sistema distribuito e meccanismi di base</li> <li>Sistemi middleware, qualità del servizio</li> <li>DOS single-sistem-image (SSI)</li> <li>Istanze di kernel cooperanti, implementazione, applicabilità;</li> <li>DOS geografici</li> <li>Organizzazioni virtuali; sicurezza, meccanismi di comunicazione e cooperazione;</li> <li>File system distribuiti su larga scala;</li> <li>Meccanismi di esecuzione</li> <li>Eterogeneità delle risorse nei DOS</li> <li>Tipi di risorse e vincoli imposti al sistema</li> <li>Impatto sulle astrazioni e l'implementazione del sistema</li> <li>Complementi</li> <li>DOS ed architetture di calcolo gerarchiche multilivello</li> <li>DOS e virtualizzazione : interpreti di sistema, contenimento, virtualizzazione, paravirtualizzazione</li> <li>Future Internet e DOS</li> </ul> <p>Struttura del corso</p> <p>6 CFU, di cui 4 CFU su DOS SSI e geografici. Il corso assume la disponibilità di un laboratorio per gli studenti. La prova d'esame consiste in un orale con discussione di un progetto legato ad uno dei Sistemi Operativi Distribuiti presentati nel corso.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course provides concepts and techniques needed to extend the definition of Operating System, known for single machines from previous courses, up to include inherently parallel and distributed computing platforms.</p> <p>In this course we compare different middleware and DOS technologies, we analyze the system abstractions they provide, the issues they imply, the implementation choices made and the functionalities obtained. A fundamental component of the course is the presentation from a technological viewpoint of a Distributed Operating System (DOS).</p> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Basic notions</li> <li>Models of Distributed Operating Systems, basic techniques</li> <li>Middleware systems, Quality of Service</li> <li>Single-sistem-image DOSes (SSI)</li> </ul>

## Lista Attività formative

	<p>Cooperating kernel instances, implementation, applicability;                      Geographical and wide-area DOSes                      Virtual Organizations; security, communication and cooperation mechanisms;                      Large-scale distributed file systems;                      Execution mechanisms                      Resource Heterogeneity in DOSes                      Classes of resources and operating system constraints                      Consequences on system abstractions and implementation                      Complements and links                      DOSes and hierarchical multilevel computing architectures                      Virtualization and DOSes : system-level interpretation, containers, virtualization, paravirtualization                      Future Internet and DOSes</p> <p>Course structure                      6 CFU, 4 of them concerning SSI and wide-area DOSes. The teaching needs that a laboratory is available to the students for experimenting. The final exam is a discussion about course material and a student project, related to one of the DOSes that are presented during the course.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	La prova d'esame consiste in un orale con discussione di un progetto legato ad uno dei Sistemi Operativi Distribuiti presentati nel corso.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi operativi distribuiti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Sistemi peer to peer
<b>Title</b>	Peer to peer systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce le principali metodologie e tecniche per la progettazione e la realizzazione di sistemi P2P. In particolare verranno introdotte le problematiche relative alla definizione di overlay P2P strutturati e non.</p> <p>Le tecniche introdotte verranno inoltre esemplificate con riferimento ad un insieme di applicazioni reali. Il corso infine prevede la presentazione di un insieme di strumenti per la simulazione e la realizzazione di sistemi P2P.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. sistemi P2P: classificazione e caratteristiche generali</li> <li>2. overlay P2P non strutturati                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. routing,</li> <li>b. analisi di reti non strutturate: Random Graphs, Power Law Graphs,</li> <li>c. Small World Networks, Scale Free Networks</li> <li>d. reti ibride: elezione di superpeers</li> <li>e. esempi</li> </ol> </li> <li>3. overaly P2P strutturati: Distributed Hash Tables                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. indicizzazione distribuita</li> <li>b. routing</li> <li>c. bilanciamento del Carico</li> <li>d. esempi</li> <li>e. Range Query su DHT: Skip-Graphs</li> <li>f. Proximity Aware Overlays: Internet Coordinate Systems</li> </ol> </li> <li>4. Cooperative Content Distribution                             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. strategie di distribuzione dei contenuti</li> <li>b. strategie di collaborazione: elementi di teoria dei giochi</li> </ol> </li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>c. compressione delle informazioni: network Coding, Bloom Filters</p> <p>d. esempi</p> <p>5. DHT in applicazioni reali</p> <p>6. Voice Over Peer to Peer</p> <p>7. Strumenti di simulazione e di supporto per reti P2P :</p> <p>Struttura del Corso 6 crediti. L'esame consiste in una prova scritta o nello svolgimento di un progetto. La prova orale è obbligatoria in entrambe i casi.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b> The course introduces the main methodologies and techniques for the project and the implementation of P2P systems. Both unstructured and structured overlays will be analysed. Any technique will be exemplified by a set of real applications. The course will introduce a set of tools for the simulations/the implementation of P2P systems.</p> <p><b>Syllabus</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. P2P systems : general issues</li> <li>2. unstructured P2P overlays             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. routing,</li> <li>b. topology analysis: Random Graphs, Power Law Graphs, Small World</li> <li>c. Networks, Scale Free Networks,</li> <li>d. hybrid P2P networks: superpeer election</li> <li>e. examples</li> </ol> </li> <li>3. structured P2P overlays: Distributed Hash Tables             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Addressing</li> <li>b. Routing</li> <li>c. Load Balancing</li> <li>d. examples</li> <li>e. Range Query in DHT: Skip-Graphs</li> <li>f. Proximity Aware Overlays: Internet Coordinate Systems</li> </ol> </li> <li>4. Content Distribution Networks             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. distribution strategies</li> <li>b. collaboration strategies: elements of game theory</li> <li>c. information compression techniques: network coding, Bloom Filter</li> <li>d. examples</li> </ol> </li> <li>5. DHT applications</li> <li>6. Voice Over Peer to Peer</li> <li>7. Tools for the simulation and the support of P2P systems</li> </ol> <p><b>Course Structure</b> 6 credits. Written Exam or Project. In both cases, the student must take an oral exam as well.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta o nello svolgimento di un progetto. La prova orale è obbligatoria in entrambe i casi.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi peer to peer
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Sistemi real-time
<b>Title</b>	Real-time systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	Obiettivi

## Lista Attività formative

	<p>Il corso introduce i meccanismi di kernel e le tecniche per aumentare la predicibilità dei sistemi controllati da computer.</p> <p>Syllabus</p> <p>1. Concetti di base sull'elaborazione real-time. Domini dell'applicazione. Tipici requisiti di sistema. Limiti degli approcci tradizionali. Modelli dei task. Tipiche specifiche di tempo. Scheduling dei task. Metriche per la valutazione di prestazioni.</p> <p>2. Algoritmi di scheduling Real-Time Tassonomia degli algoritmi. Scheduling con specifiche di precedenza. Scheduling di task periodici. Analisi basata sull'utilizzazione. Analisi basata sul tempo di risposta. Gestione di task non periodici. Server a priorità fissata. Server a priorità dinamica.</p> <p>3. Protocolli per l'accesso a risorse distribuite Il fenomeno di inversione di priorità. Protocolli non-preemptive Protocolli ad eredità della priorità. Politica di gestione dello stack di risorse. Tempi di blocco dell'elaborazione. Analisi della schedulability.</p> <p>4. gestione del sovraccarico Definizione di carico computazionale. Metodi per la gestione del sovraccarico. Controllo d'accesso. Scheduling robusto. Elaborazione non perfetta. Salto del job. Scheduling elastico. Gestione degli overrun. Meccanismo di prenotazione delle risorse. Tecniche di richiamo delle risorse.</p> <p>5. aspetti implementativi Meccanismi di kernel per il supporto real-time Strutture dati richieste. Rappresentazione temporale Problemi di overhead. Primitive fondamentali del kernel. Stati del processo e transizione di stati. Sincronicità e asincronicità.</p> <p>Struttura del corso 6 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives The course introduces kernel mechanisms and analysis techniques for increasing the predictability of computer controlled systems.</p> <p>Syllabus</p> <p>1. Basic concepts on real-time computing Application domains. Typical system requirements. Limits of traditional approaches. Task models. Typical timing constraints. Task Scheduling. Metrics for performance evaluation.</p> <p>2. Real-Time scheduling algorithms Algorithm taxonomy. Scheduling with precedence constraints. Scheduling periodic tasks. Utilization-based analysis. Response-time analysis. Aperiodic task handling. Fixed-priority servers. Dynamic priority servers.</p> <p>3. Protocols for accessing shared resources The priority inversion phenomenon. Non-preemptive protocol. Priority Inheritance Protocol. Priority Ceiling Protocol. Stack Resource Policy. Computing blocking times. Schedulability analysis.</p> <p>4. Overload management Definition of computational load. Methods for overload handling. Admission Control. Robust Scheduling. Imprecise Computation. Job Skipping. Elastic scheduling. Handling overruns. Resource reservation mechanisms. Resource reclaiming techniques.</p> <p>5. Implementation issues Kernel mechanisms for real-time support. Required data structures. Time representation. Taking overhead into account. Basic kernel primitives. Process states and state transitions. Synchronous and asynchronous</p> <p>Course structure 6 credits consisting of front lectures, exercise, laboratory and project. Exam consists in a colloquium concerning course concepts.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Sistemi real-time
SSD	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

## Lista Attività formative

<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti
<b>Title</b>	Programming tools for parallel and distributed systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi</b>                      Il corso tratta della progettazione, valutazione e utilizzo di strumenti e ambienti di programmazione per applicazioni di sistemi paralleli e distribuiti. I paradigmi di programmazione, e relativi modelli di costo, riguardano le computazioni ad alte prestazioni di tipo stream- e data-parallel, distributed shared memory, programmazione adattiva e context-aware, programmazione ad eventi ad alte prestazioni, programmazione real-time, programmazione di politiche di tolleranza ai guasti, ed altri. Vengono definiti gli strumenti, statici e dinamici, per questi paradigmi e ne vengono valutate le prestazioni mediante studi di casi in attività sperimentale e di laboratorio.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. Modelli di programmazione stream-parallel e data-parallel                      2. Distributed shared memory                      3. Programmazione adattiva e context-aware                      4. Programmazione ad eventi ad alte prestazioni                      5. Programmazione real-time                      6. Programmazione di politiche di tolleranza ai guasti,                      7. Ambienti e strumenti di sviluppo                      8. Supporti a tempo di esecuzione                      9. Studi di casi</p> <p><b>Struttura del corso</b>                      9 CFU (6 sulla metodologia, 3 su studi di casi e attività di laboratorio). L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>                      The course deals with design, evaluation and utilization of programming tools and environments for parallel and distributed applications. The programming paradigms, and related cost models, concern high-performance stream- and data-parallel computations, distributed shared memory, adaptive and context-aware programming, high-performance event-based programming, real-time programming, programming of fault-tolerance strategies, and others. For these paradigms, static and dynamic tools are defined and their performances are evaluated through case studies in experimental and laboratory activities.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1. high-performance stream- and data-parallel computations,                      2. distributed shared memory,                      3. adaptive and context-aware programming,                      4. high-performance event-based programming,                      5. real-time programming,                      6. programming of fault-tolerance strategies,                      7. tools and environments                      8. run-time supports                      9. case studies</p> <p><b>Course structure</b>                      9 CFUs (6 on methodology, 3 on case studies through laboratory activities). Exam consists in a written and an oral part.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Strumenti di programmazione per sistemi paralleli e distribuiti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	



## Lista Attività formative

<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Tecniche di data mining
<b>Title</b>	Data mining techniques
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>I formidabili progressi della potenza di calcolo, della capacità di acquisizione e memorizzazione dei dati e di connettività hanno creato quantità di dati senza precedenti. Il data mining, ovvero la scienza dell'estrazione di conoscenza da tali masse di dati, si è quindi affermato come ramo interdisciplinare dell'informatica.</p> <p>Le tecniche di data mining sono state applicate a molti problemi in ambito industriale, scientifico e sociale, e si ritiene che avranno un impatto sempre più profondo sulla società. L'obiettivo del corso è quello di fornire:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. un'introduzione ai concetti di base del data mining e del processo di estrazione della conoscenza, con approfondimenti sui modelli analitici e gli algoritmi più diffusi;</li> <li>2. una rassegna delle tecniche avanzate per il mining delle nuove forme di dati;</li> <li>3. una rassegna delle principali aree applicative e di casi di studio paradigmatici.</li> </ol> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concetti di base del data mining e del processo di estrazione della conoscenza</li> <li>- Preprocessing ed analisi esplorativa dei dati</li> <li>- Pattern frequenti e regole associative</li> <li>- Classificazione: alberi di decisione e metodi Bayesiani</li> <li>- Clustering: metodi basati su partizione, gerarchici, basati su densità</li> <li>- Esperimenti analitici con strumenti di data mining</li> <li>- Mining di serie temporali e dati spazio-temporali</li> <li>- Mining di dati sequenziali, mining di grandi grafi e reti</li> <li>- Linguaggi, standard e architetture dei sistemi di data mining</li> <li>- Impatto sociale del data mining</li> <li>- Data mining e protezione della privacy</li> <li>- Cenni alle applicazioni:</li> </ul> <p>Grande distribuzione, Marketing, CRM          Industria delle telecomunicazioni,          Analisi finanziaria, analisi di rischio          Rilevamento di frodi          Pubblica amministrazione e sanità          Mobilità e trasporti</p> <p>Struttura del Corso          9 crediti (6 sui fondamentali, 3 sulle tecniche avanzate e le applicazioni). Il corso è tenuto in lingua inglese L' esame consiste in una prova scritta, un progetto di data mining ed una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>Recent tremendous technical advances in processing power, storage capacity, and interconnectivity are creating unprecedented quantities of digital data. Data mining, the science of extracting useful knowledge from such huge data repositories, has emerged as an interdisciplinary field in computer science. Data mining techniques have been widely applied to problems in industry, science, engineering and government, and it is believed that data mining will have profound impact on our society. The objective of this course is to provide:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. an introduction to the basic concepts of data mining and the knowledge discovery process, and associated analytical models and algorithms;</li> <li>2. an account of advanced techniques for analysis and mining of novel forms of data;</li> <li>3. an account of main application areas and prototypical case studies.</li> </ol> <p>Syllabus</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Concepts of data mining and the knowledge discovery process</li> <li>- Data preprocessing and exploratory data analysis</li> <li>- Frequent patterns and associations rules</li> <li>- Classification: decision trees and Bayesian methods</li> <li>- Cluster analysis: partition-based, hierarchical and density-based clustering</li> <li>- Experiments with data mining toolkits</li> <li>- Mining time-series and spatio-temporal data</li> <li>- Mining sequential data, mining large graphs and networks</li> <li>- Data mining languages, standards and system architectures</li> <li>- Social impact of data mining</li> <li>- Privacy-preserving data mining</li> <li>- Applications (hints):</li> <li>- Retail industry, Marketing, CRM</li> <li>- Telecommunication industry,</li> <li>- Financial data analysis, risk analysis</li> </ul>

## Lista Attività formative

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fraud detection</li> <li>- Public administration and health</li> <li>- Mobility and transportation</li> </ul> <p>Course Structure 9 credits (6 on foundations and 3 on advanced topics and applications.) The course is taught in English. The exam consists in a written test, a data mining project and an oral examination.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta, un progetto di data mining ed una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Tecniche di data mining
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Tecniche numeriche e applicazioni
<b>Title</b>	Numerical techniques for applications
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso propone l'analisi e l'approfondimento di metodi numerici per la risoluzione di problemi applicativi. Particolare rilievo e' dato alle tecniche di algebra lineare numerica piu' frequentemente usate nelle applicazioni.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Preliminari di algebra lineare: diagonalizzabilita' e forme canoniche, matrici definite positive, decomposizione ai valori singolari, norme, condizionamento di una matrice</li> <li>2. Metodi diretti per sistemi lineari: matrici elementari, fattorizzazioni LU, LLh, QR, rotazioni di Givens, metodi di Cholesky e di Householder</li> <li>3. Metodi iterativi per sistemi lineari: metodi classici, ultrarilassamento, metodo del gradiente coniugato</li> <li>4. Metodi iterativi per sistemi non lineari: metodo di Newton, metodi quasi-Newton</li> <li>5. Metodi iterativi per il calcolo di autovalori: condizionamento del problema, metodo delle potenze, metodi LR e QR, tridiagonalizzazione di una matrice simmetrica</li> <li>6. Problema lineare ai minimi quadrati: equazioni normali, uso della SVD</li> <li>7. Metodi per matrici tridiagonali: riduzione ciclica, uso delle successioni di Sturm, tecniche divide et impera</li> <li>8. Matrici non negative: teorema di Perron-Frobenius, matrici stocastiche</li> <li>9. Trasformata discreta di Fourier: alcune applicazioni</li> </ol> <p>Struttura del corso 9 crediti. L'esame consiste in una prova orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>In the course numerical methods are proposed for solving various applicative problems. Major emphasis is given to the techniques of numerical linear algebra mostly used in applications.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Basic notions in linear algebra: similar reduction to diagonal and other canonical forms, positive definite matrices, singular value decomposition, norms, condition number</li> <li>2. Direct methods for linear systems: elementary matrices, LU, LLh, QR, factorizations, Givens rotations, Cholesky and Householder methods</li> <li>3. Iterative methods for linear systems: classic methods, overrelaxation, conjugate gradient method</li> <li>4. Iterative methods for nonlinear systems: Newton and quasi-Newton methods</li> <li>5. Iterative methods for eigenvalues: conditioning of the problem, power method, LR and QR methods, reduction to tridiagonal form of a symmetric matrix</li> </ol>

## Lista Attività formative

	<p>6. Linear least squares problem: normal equations and SVD</p> <p>7. Methods for tridiagonal matrices: cyclic reduction, Sturm sequences, divide-and-conquer techniques</p> <p>8. Non-negative matrices: Perron-Frobenius results, stochastic matrices</p> <p>9. Discrete Fourier Transform: some applications</p> <p>Course structure 9 credits. Oral examination.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Tecniche numeriche e applicazioni
SSD	MAT/08 ANALISI NUMERICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Teoria dell'affidabilità
<b>Title</b>	Reliability theory
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce i concetti di reliability, availability, mean time to failure, mean time to repair e li applica alle reti di telecomunicazione. Inoltre il corso introdurrà i metodi per l'analisi dell'affidabilità sia in regime stazionario che in transitorio.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Definizione di affidabilità, availability, reliability, mean time to failure, mean time between failure, mean time to repair.</li> <li>Basi matematiche: Teoria della Probabilità. Catene di Markov.</li> <li>L'analisi combinatoria applicata alla teoria dell'affidabilità.</li> <li>Affidabilità di un sistema. Two-terminal, k-terminal, all-terminal reliability. Metodi per il calcolo dell'affidabilità di un sistema tramite grafi e riduzione dei grafi.</li> <li>Metodi probabilistici per l'analisi dell'affidabilità in regime stazionario.</li> <li>Metodi basati sulle catene di Markov per l'analisi dell'affidabilità in transitorio</li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>6 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course aims at introducing the concepts of reliability, availability, mean time to failure, mean time to repair and to apply them to the communications networks. In addition the course provides the methods for network availability analysis both in stationary and transient regime.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Availability, reliability, mean time to failure, mean time between failure, mean time to repair definitions.</li> <li>Mathematical background: probability theory, Markov chains.</li> <li>Combinatorial analysis applied to reliability theory.</li> <li>System availability. Two-terminal, k-terminal, all-terminal reliability. Methods for reliability computation based on graphs and graph reductions.</li> <li>Probabilistic methods for availability analysis in stationary regime .</li> <li>Probabilistic methods for availability analysis in transient regime.</li> </ol> <p>Course structure</p> <p>6 credits consisting in teaching and exercises. The final exam will be a written exam.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1

## Lista Attività formative

<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Teoria dell'affidabilità
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

**Cds:**

<b>Denominazione</b>	Teoria dell'informazione e della trasmissione
<b>Title</b>	Information and transmission theory
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi                      Il corso tratta in modo elementare dei Fondamenti della Teoria dell'Informazione, Introducendo concetti come Entropia, Codifica, Compressione correzione di errori, dovrebbe servire come prerequisito per gli studi successivi che trattano la generazione la codifica e la trasmissione dell'informazione.</p> <p>Syllabus                      Concetti generali di Teoria dell'Informazione. La funzione entropia. La proprietà di equipartizione asintotica.                      Sorgenti d'informazione discreta. Codifica in assenza di rumore: codici istantanei e codici univocamente decifrabili; il teorema della codifica in assenza di rumore. Costruzione dei codici ottimali: il metodo di Huffman. Codifica aritmetica                      Il canale discreto senza memoria. Capacità, Schemi di decisione e probabilità di errore. La codifica del canale. Il teorema fondamentale.                      I codici correttori a blocchi. I codici lineari, algoritmi di decodifica, capacità correttiva, probabilità di errore. I Codici ciclici, I codici BCH, i codici di Reed Solomon, applicazioni.                      Il canale continuo: introduzione alla teoria della trasmissione.                      Struttura del corso                      9 crediti (6 sulla teoria dell'informazione, 3 sulla trasmissione). L'esame consiste in una prova scritta e una orale.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives                      The course covers the fundamentals of Information Theory introducing the concepts of Entropy, Coding, Compression, Error Correction. It is intended as a for subsequent studies dealing generation, coding and transmission of Information.</p> <p>Syllabus                      General concepts of Information Theory. Entropy function. Asymptotic equipartition property.                      Discrete Information Sources. Noiseless Coding: instantaneous and uniquely decipherable codes, the noiseless coding theorem. Optimal code generation. Huffman codes, arithmetic coding.                      The discrete memoryless channel. Channel capacity, decoding schemes and error probability. Channel coding, The fundamental Theorem.                      Error correcting codes, block coding, linear codes, decoding algorithms. Cyclic codes, BCH codes, Reed Solomon Codes and their applications.                      The continuous channel, introduction to the Transmission Theory.                      Course structure                      9 credits (6 on Information Theory, 3 on Transmission Theory). Exam consists in a written test and a colloquium.</p>
<b>CFU</b>	9
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta e una orale.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Teoria dell'informazione e della trasmissione
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	9
Tipologia	Caratterizzanti
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	

## Lista Attività formative

CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche
<b>Title</b>	Optical communication theory and techniques
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce gli studenti ai principi fondamentali della teoria della comunicazione e della trasmissione con particolare enfasi sulle caratteristiche spettrali dei segnali e sulle prestazioni e complessità dei sistemi ottici. Vengono illustrati i più comuni effetti trasmissivi che devono essere presi in considerazione nella progettazione di moderni sistemi ottici ad alta capacità e vengono introdotti i fondamentali della modulazione e demodulazione ottica. Vengono altresì analizzate le strutture di trasmettitori e ricevitori ottici ad alte prestazioni e le loro proprietà rispetto al rumore.</p> <p>Programma</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Teoria della trasmissione numerica             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Trasmissione numerica su canali gaussiani</li> <li>b. Progetto di sistema per canali limitati in banda</li> <li>c. Equalizzazione adattativa</li> <li>d. Codifica di canale e di linea</li> </ol> </li> <li>2. Progetto di sistemi ottici             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Amplificazione e rumore ottico</li> <li>b. Propagazione su fibra ottica</li> <li>c. Effetti trasmissivi lineari e non lineari</li> </ol> </li> <li>3. Fondamenti di comunicazione ottica             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Trasmettitori ottici e formati di modulazione</li> <li>b. Impatto degli effetti lineari e non lineari nelle fibre ottiche</li> <li>c. Ricevitori ottici e rumore</li> </ol> </li> </ol> <p>Struttura del corso</p> <p>12 crediti consistenti in lezioni frontali ed esercitazioni. L'esame consiste in una prova scritta.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives</p> <p>The course will introduce the students to the fundamental principles of communication theory and data transmission, with emphasis on spectral characteristics of signals and performance and complexity of optical systems. The most common transmission impairments that must be taken into account when designing modern high capacity optical systems are reviewed, and the fundamentals of optical modulation and demodulation are presented on an introductory level. The structures of high-performance optical transmitters and receivers their noise properties are also outlined.</p> <p>Syllabus</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Digital transmission theory             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Data transmission over Gaussian channels</li> <li>b. System design for bandlimited channels</li> <li>c. Adaptive equalization</li> <li>d. Channel and line coding</li> </ol> </li> <li>2. Design of optical systems             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Optical amplification and noise</li> <li>b. Fiber optic propagation</li> <li>c. Linear and nonlinear transmission impairments</li> </ol> </li> <li>3. Fundamentals of optical communications             <ol style="list-style-type: none"> <li>a. Optical transmitters and modulation formats</li> <li>b. Impact of fiber linear and nonlinear transmission impairments</li> <li>c. Optical receivers and noise</li> </ol> </li> </ol> <p>Course structure</p> <p>12 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a written test.</p>
<b>CFU</b>	12
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova scritta.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Teoria e tecnica delle comunicazioni ottiche
SSD	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	12

## Lista Attività formative

Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	No settore
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Tesi di laurea
<b>Title</b>	Master Thesis
<b>Descrizione e obiettivi</b>	La prova finale per il conseguimento della Laurea Magistrale in Informatica e Telecomunicazioni, valutata da una commissione nominata dalle strutture didattiche, consiste nella presentazione e discussione dei risultati di una tesi che rivesta caratteristiche di originalità, redatta sotto la guida di un relatore accademico, docente del Corso di Laurea Magistrale, e di un eventuale relatore esterno nel caso di attività svolta presso un'azienda o ente esterno. La valutazione della prova finale sarà basata sulla qualità del lavoro svolto e sulla capacità di lavoro autonomo, di sintesi e di comunicazione del candidato.
<b>Description</b>	The curriculum in Computer Science and Communications is concluded with the presentation and discussion of a Master Thesis, evaluated by a commission of the Faculty. The Thesis must be characterized by originality. Every Thesis has an academic supervisor of the Faculty, and possibly an external tutor for Thesis performed as a stage in an enterprise or public institution. The evaluation will be based upon the quality of the Thesis and upon the candidate's autonomy, synthesis and communication capabilities.
<b>CFU</b>	15
<b>Modalità di verifica</b>	La valutazione della prova finale sarà basata sulla qualità del lavoro svolto e sulla capacità di lavoro autonomo, di sintesi e di comunicazione del candidato.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Tesi di laurea
SSD	No settore
Caratteristica	prova finale
CFU	15
Tipologia	Prova finale
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	

Cds:

<b>Denominazione</b>	Tolleranza ai guasti in sistemi distribuiti
<b>Title</b>	Fault tolerance in distributed systems
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p>Obiettivi</p> <p>Il corso introduce le tematiche di tolleranza ai guasti per sistemi distribuiti. Verranno descritti in dettaglio le tecniche di replicazione software, azioni atomiche, strategie di checkpointing e protocolli di rollback recovery. Ciascuna tecnica verrà studiata nel contesto in cui è stata originalmente introdotta e successivamente approfondita nel contesto dei sistemi paralleli e distribuiti. Verranno approfonditi alcuni dettagli di implementazione, come le memorie stabili, e verrà fatta una panoramica sui modelli di valutazione degli overhead introdotti dai supporti alla tolleranza ai guasti. Un parte del corso è dedicata allo studio sperimentale delle tecniche esistenti e di implementazione, tramite sessioni in laboratorio.</p> <p>Syllabus</p> <p>1) Tecniche di tolleranza ai guasti per sistemi distribuiti</p>

## Lista Attività formative

	<p>a. Replicazione software  b. Azioni atomiche  c. Checkpointing e Rollback Recovery  d. Modelli di costo dei supporti alla tolleranza ai guasti</p> <p>2) Supporti  a. Primitive di comunicazione di supporto  b. Memoria Stabile  c. Message Logging  d. Garbage collection di checkpoint</p> <p>3) Laboratorio  a. Implementazione di strategie di checkpointing e rollback recovery esistenti  b. Implementazione canali di comunicazione con message logging  c. Supporto alla tolleranza ai guasti per modelli di programmazione parallela</p> <p>Struttura del corso  6 crediti (3 su tecniche (1) e supporti (2), 3 di laboratorio. L'esame consiste nello studio di approfondimento in termini di progetto di un aspetto trattato nel corso, di natura non necessariamente programmatica, e di un esame orale in cui discutere tale studio.</p>
<b>Description</b>	<p>Objectives  The course introduces main issues and techniques in fault tolerance computing for distributed systems. Several techniques are discussed: software replication, atomic actions, checkpointing strategies and rollback recovery protocols. Each technique is introduced in its original context and in the context of parallel and distributed systems. Critical implementation details and optimizations will be also described, such as stable storage. Moreover the course introduces the models to evaluate the overheads provided by fault tolerance techniques over application performance. A part of the course is dedicated to the experimentation of existing techniques and their implementation by means of laboratory sessions.</p> <p>Syllabus  1) Fault tolerance techniques for distributed systems  a. Software replication  b. Atomic actions  c. Checkpointing and Rollback Recovery  d. Cost models for fault tolerance supports  2) Supports  a. Group communication primitives  b. Stable storage  c. Message Logging  d. Garbage collection of checkpoints  3) Laboratory  a. Implementation of existing checkpointing and rollback recovery protocols:  b. Implementation of message logging for communication channels  c. Fault tolerance for parallel programming paradigms.</p> <p>Course structure  6 credits (3 on techniques (1) and supports (2), 3 on lab activities). Exam consists in a study of a part of the course by means of a project, not necessarily including programming activities. The project is discussed in an final colloquia.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste nello studio di approfondimento in termini di progetto di un aspetto trattato nel corso, di natura non necessariamente programmatica, e di un esame orale in cui discutere tale studio.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Tolleranza ai guasti in sistemi distribuiti
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0

**Lista Attività formative**

Tipologia	
<b>Cds:</b>	
<b>Denominazione</b>	Virtualizzazione dei sistemi: metodologie, progetto e utilizzo
<b>Title</b>	System virtualization: methodologies, design and utilization
<b>Descrizione e obiettivi</b>	<p><b>Obiettivi</b>                      Il corso tratta delle tecniche di virtualizzazione nei sistemi di elaborazione ai vari livelli. Il corso è organizzato su due argomenti fondamentali che descrivono (1) le tecniche di virtualizzazione e (2) i principali utilizzi dei sistemi virtualizzati. Questi due argomenti saranno complementati da una'analisi più approfondita sulle metodologie di virtualizzazione dei vari componenti di un sistema di calcolo integrate da esperienze di progettazione e utilizzo di sistemi virtualizzati.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1) Approcci alla virtualizzazione                      a. Virtualizzazione al livello delle applicazioni, del SO, della macchina fisica                      b. Metodologie di virtualizzazione: simulazione, traduzione del codice binario, para-virtualizzazione                      c. Costo della virtualizzazione e benchmarking                      d. Virtualizzazione di singole machine e cluster di macchine                      2) Uso ed applicazioni della virtualizzazione                      a. Consolidamento e parallelismo in eccesso                      b. Gestione dinamica delle risorse fisiche                      c. Gestione delle risorse virtualizzate                      3) Metodologie per la virtualizzazione di un sistema di calcolo                      a. Virtualizzazione del processore                      b. Virtualizzazione della memoria                      c. Virtualizzazione dei dispositivi di I/O (storage, rete, ?)                      4) Casi di studio                      a. Soluzioni di virtualizzazione complete: installazione e configurazione. Gestione del ciclo di vita delle macchine virtuali, migrazione.                      b. Esercizi di virtualizzazione di kernel didattici (trap-and-emulate, interposizione al livello del SO, ?)                      5) interrelazioni tra virtualizzazione e sicurezza.</p> <p><b>Struttura del corso</b>                      6 crediti uniformemente distribuiti sugli argomenti 1, 2, 3 ognuno dei quali conterrà esercitazioni e esperienze di laboratorio tratte da 4. L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.</p>
<b>Description</b>	<p><b>Objectives</b>                      This course deals with virtualization techniques at various system levels. The course is focused on two main issues, 1) virtualization techniques, 2) main application of virtualized systems. Virtualization methodologies will be studied for different system components, integrated by design experiences and applications.</p> <p><b>Syllabus</b>                      1) Virtualization approaches                      a. Levels of applications, operating system, physical machine                      b. Virtualization methodologies: simulation, binary code translation, para-virtualization                      c. Virtualization costa and benchmarking                      d. Virtualization of single machines and of cluster of machines                      2) Utilization and application of virtualization                      a. Excess parallelism and consolidation                      b. Dynamic management of physical resources                      c. Virtualized resource management                      3) Virtualization methodologies of system components                      a. Processor                      b. Memory                      c. I/o devices                      4) Case studies                      a. Full virtualization solutions: installing and configuration. Life cycle management, migration.                      b. Virtualization exercizes (trap-and-emulate, interposition at OS level, ?)                      5) Interrerations between virtualization and security.</p> <p><b>Course structures</b>                      6 CFUs, with laboratory experiences. Exam consists of an orarl test with discussion of a simple project.</p>
<b>CFU</b>	6
<b>Modalità di verifica</b>	L'esame consiste in una prova orale con discussione di un semplice progetto assegnato allo studente.
<b>Propedeuticità e freq.</b>	Le propedeuticità ed eventuali obblighi di frequenza sono stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.
<b>Numero moduli</b>	1
<b>Lingua ufficiale</b>	Inglese
<b>Note</b>	
<b>Modulo 1</b>	Virtualizzazione dei sistemi: metodologie, progetto e utilizzo
SSD	INF/01 INFORMATICA
Caratteristica	lezioni frontali + esercitazioni
CFU	6
Tipologia	Affini o integrative
<b>Modulo 2</b>	



## Lista Attività formative

SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 3</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	
<b>Modulo 4</b>	
SSD	
Caratteristica	
CFU	0
Tipologia	