



Corso di studi: Informatica e networking (Laurea magistrale)

Denominazione: Informatica e networking

Dipartimento : INFORMATICA

Classe di appartenenza: LM-18 INFORMATICA

Interateneo: Sì

Lista Atenei: Scuola Superiore Sant'Anna, Pisa

Interdipartimentale: No

Obiettivi formativi: Il Corso di Laurea Magistrale in Informatica e Networking (Computer Science and Networking) è stato progettato per rispondere alla crescente domanda di un'emergente figura professionale, che richiede laureati magistrali in grado di padroneggiare, in modo integrato, tanto le tecnologie informatiche quanto quelle di networking. Queste competenze si rivolgono alla progettazione e realizzazione d'infrastrutture hardware-software distribuite innovative e, 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. Una tale figura professionale non ha riscontri nell'attuale panorama delle lauree nazionali, e pochissimi sono anche gli esempi a livello internazionale.

Il Corso di Laurea ha una forte valenza interdisciplinare ed è tenuto interamente in lingua inglese.

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 evidenziato come siano necessarie, nei prossimi 10-15 anni, ulteriori forti evoluzioni e cambiamenti nelle 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 possano nascere nell'arco 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.

Il laureato magistrale di questo CdS sarà in grado di svolgere attività che richiedono l'uso di metodologie avanzate nell'analisi, progettazione, sviluppo e gestione d'infrastrutture distribuite e di applicazioni in rete basate su tali infrastrutture.

A questo scopo, i laureati possiederanno una profonda conoscenza delle basi fondazionali dell'informatica e delle comunicazioni, e conoscenze specialistiche delle tecnologie informatiche e di comunicazione riguardo a:

- * sistemi distribuiti e piattaforme abilitanti, architetture a servizi, sistemi ad alte prestazioni, pervasive & mobile computing,
- * reti di accesso su vari livelli di scala geografica, trasmissione e tecnologie ottiche, modelli e tecniche d'ingegneria del traffico,
- * 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.

Il CdS si avvarrà di laboratori avanzati di architettura, programmazione e comunicazione, in configurazioni complesse centralizzate, parallele e distribuite, organizzati in modo da permettere a ogni studente di accedere ed utilizzare apparecchiature e strumenti in modo indipendente.

Il CdS ha una caratterizzazione e organizzazione di tipo internazionale, interamente basata su insegnamenti 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 appartenenti al settore scientifico-disciplinare ING-INF/03 operanti nell'area Networking.

Motivazioni numero programmato: L'Università di Pisa e la Scuola Superiore Sant'Anna hanno stipulato una Convenzione, per l'istituzione del Corso di Laurea Magistrale a titolo congiunto in Informatica e Networking, in data 16/07/2009. La Convenzione prevede che il Corso di Laurea sia ad accesso programmato locale, con definizione annuale del numero di posti concordato tra le due istituzioni, previo superamento di una valutazione a carattere selettivo, volta ad accertare le conoscenze e le competenze dei candidati.

Si stima che la richiesta di laureati in Informatica e Networking si aggiri su qualche decina di unità all'anno. Il limite al numero programmato è fissato a 40. A questo numero, che vale per studenti comunitari e extracomunitari residenti in Italia, occorre aggiungere un numero di studenti extracomunitari non residenti in Italia in base al contingente stabilito annualmente, di norma tra 10 e 20. Il Corso di Laurea è infatti internazionale e tenuto interamente in lingua inglese.

La Convenzione è stata rinnovata in data 22/01/2013.

Il Corso di Laurea intende garantire un'elevata qualità dello standard formativo attraverso un rapporto controllato tra numero di docenti e di studenti. Inoltre un buon numero d'insegnamenti sarà dotato di laboratori avanzati, sia presso il polo didattico e il Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa che presso la Scuola Superiore Sant'Anna, realizzati e organizzati in modo da permettere a ogni studente di accedere e utilizzare apparecchiature e strumenti in modo indipendente.

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.

L'internazionalizzazione 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.

Numero stimato immatricolati: 40

Requisiti di ammissione e modalità di verifica: Il Corso di Laurea Magistrale in Informatica e Networking è a numero programmato locale, limitato a 40 posti oltre al contingente di studenti extracomunitari. Per l'ammissione al Corso è quindi prevista una Prova di Selezione, aperta anche a studenti europei ed extra-europei. 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 della Scuola Superiore Sant'Anna secondo quanto previsto dalla Convenzione tra le due istituzioni. 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: 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; 60 CFU complessivi in uno o più dei settori scientifico-disciplinari INF/01, ING-INF/03, ING-INF/05.

Tali requisiti sono automaticamente soddisfatti dalle seguenti classi di laurea e lauree o diplomi di laurea: Classe 26, relativa al DM 509/1999 (Scienze e Tecnologie Informatiche); Classe L-31, relativa al DM 270/2004 (Scienze e Tecnologie Informatiche); Classe 9, relativa al DM 509/1999 (Ingegneria dell'Informazione), lauree o diplomi di laurea: Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni; Classe L-8, relativa al DM 270/2004 (Ingegneria dell'Informazione), lauree o diplomi di laurea: Ingegneria Informatica, Ingegneria delle Telecomunicazioni. 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. In tutti i casi, l'adeguatezza delle conoscenze e delle competenze dei candidati è comunque accertata mediante la Prova di Selezione.

Requisito per l'adeguatezza della preparazione è altresì una buona conoscenza della lingua inglese, che rappresenta la lingua con cui vengono tenuti tutti gli insegnamenti.

Specifiche CFU: 17/25 studio individuale, 8/25 attività in aula.



Modalità determinazione voto di Laurea: Voto di laurea in 110-esimi. Il voto viene determinato sommando alla media degli esami, pesata rispetto al numero di CFU, la valutazione del curriculum e della discussione della tesi. La valutazione è definita collegialmente dai membri della commissione di laurea sulla base di criteri stabiliti dal Consiglio di Corso di Studi.

Attività di ricerca rilevante: Dipartimento di Informatica dell'Università di Pisa consta di 25 professori ordinari, 16 professori associati, 18 ricercatori. 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.

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.

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.

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.

L'Istituto di Tecnologie della Comunicazione, dell'Informazione e della Percezione (TeCIP) 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 TeCIP è di 11 professori e 21 ricercatori, oltre a più di 120 tra dottorandi e assegnisti di ricerca.

Le attività di ricerca del TeCIP 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 processamento tutto-ottico del segnale.

Rapporto con il mondo del lavoro: 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. Si segnalano Microsoft, Hewlett Packard, IBM, Selex Sistemi Integrati e altre aziende del gruppo Finmeccanica, Athos Origin, TXT e-solutions, Alcatel-Lucent, Marconi-Ericsson, Telecom, List, Amazon, Google, Yahoo. Tra gli enti pubblici, rapporti costanti si hanno con il CNR e tutte le altre principali istituzioni di ricerca, Agenzia Spaziale Italiana, CNIT, diverse reti di eccellenza europee, nonché pubbliche amministrazioni locali e periferiche.

In particolare il TeCIP è parte del Centro Integrato di Ricerca sulle Reti e Tecnologie Fotoniche (IRCPHoNeT) 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 TeCIP ha accordi di ricerca con altre aziende italiane del gruppo Finmeccanica, 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.

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.

Molto importante è il fatto che alcuni tipi di contatti sono funzionali al sostegno economico degli studenti e alla possibile assunzione dopo il conseguimento della laurea.

Informazioni aggiuntive: MOTIVAZIONI DELL'ISTITUZIONE DEL CORSO INTERATENEO

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.

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

- le aree scientifico-disciplinari comprese nel Dipartimento di Informatica e nel Dipartimento dell'Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Pisa,

- il TeCIP 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 dell'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 Informatica e Networking è:

- nelle imprese operanti nel campo delle infrastrutture innovative hardware-software di calcolo e 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.





Curriculum: Computer Science and Networking

Primo anno (57 CFU)

Advanced programming (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Advanced programming	9	INF/01	Caratterizzanti

High Performance Computing (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
High Performance Computing	9	INF/01	Caratterizzanti

Parallel and distributed systems: paradigms and models (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Parallel and Distributed Systems: paradigms and models	9	INF/01	Caratterizzanti

Fundamentals of signals, systems and networks (12 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Fundamentals of signals, systems and networks	12	ING-INF/03	Affini o integrative

Ingegneria del teletraffico (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Ingegneria del teletraffico	9	ING-INF/03	Affini o integrative

Network management and configuration (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Network management and configuration	9	ING-INF/03	Affini o integrative



Curriculum: Computer Science and Networking

Secondo anno (63 CFU)

Advanced software engineering (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Advanced software engineering	9	INF/01	Caratterizzanti

Algorithm engineering (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Algorithm Engineering	9	INF/01	Caratterizzanti

Gruppo: GR-c (12 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Insegnamenti caratterizzanti	Caratterizzanti	Discipline Informatiche

Gruppo: GR-a (9 CFU)

Descrizione	Tipologia	Ambito
Insegnamenti affini o integrativi	Affini o integrative	

Free-choice exam (9 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Free-choice exam	9	NN	Altre attività - scelta libera dello studente

Final Thesis (15 CFU)

	CFU	SSD	Tipologia
Final Thesis	15	NN	Prova finale



Gruppi per attività a scelta nel CDS Informatica e networking

Gruppo GR-a (9 CFU)*Descrizione:* Insegnamenti affini o integrativi*Tipologia :* Affini o integrative**Attività contenute nel gruppo****Applied optics and propagation (6 CFU)**

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Applied optics and propagation	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Business process modeling (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Business process modeling	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Concurrent programming (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Concurrent programming	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Cost models and run time design (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Cost models and run time design	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Data mining (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Data mining	9	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed and parallel data bases (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed and parallel data bases	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed components (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed components	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed software design lab (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed software design lab	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni lab

Embedded systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Embedded systems	6	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Fault tolerance in distributed systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	



Regolamento Informatica e networking

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Fault tolerance in distributed systems				lezioni frontali + esercitazioni

Information and transmission theory (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Information and transmission theory	9	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Lab of Photonic Systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Lab of Photonic Systems	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Multimedia network performance (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Multimedia network performance	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Network optimization (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Network optimization	6	MAT/09 RICERCA OPERATIVA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Networking architectures, components and services (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Networking architectures, components and services	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Networks and technologies for telecommunications (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Networks and technologies for telecommunications	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Numerical techniques and applications (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Numerical techniques and applications	6	MAT/08 ANALISI NUMERICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Optical amplification and sensing (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Optical amplification and sensing	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Optical communication theory and techniques (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Optical communication theory and techniques	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Packet switching and processing architectures (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Packet switching and processing architectures	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel and distributed algorithms (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
--------	-----	-----	-----------	----------------



Regolamento Informatica e networking

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel and distributed algorithms	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel scientific computing (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel scientific computing	6	MAT/08 ANALISI NUMERICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Peer to Peer Systems and Blockchains (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Peer to peer systems and blockchains	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Performance and design issues of wireless networks (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Performance and design issues of wireless networks	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Pervasive computing (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Pervasive computing	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Photonic switching (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Photonic switching	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Real-time systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Real-time systems	6	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Reliability (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Reliability	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Routing Architectures and Protocols Lab (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Routing Architectures and Protocols Lab	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Security methods and verification (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Security methods and verification	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Software verification methods (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Software verification methods	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Virtual network environments (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica



Regolamento Informatica e networking

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Virtual network environments	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Web security (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Web security	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Wireless networks of embedded systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Wireless networks of embedded systems	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Gruppo GR-c (12 CFU)

Descrizione: Insegnamenti caratterizzanti

Tipologia : Caratterizzanti **Ambito:** Discipline Informatiche

Attività contenute nel gruppo

Design and architecture of complex platforms (12 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Design and architecture of complex platforms	12	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali+laboratorio

Distributed enabling platforms (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed enabling platforms	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed operating systems (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed operating systems	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

ICT risk assessment (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
ICT risk assessment	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Information retrieval (6 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Information retrieval	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel and distributed applications (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel and distributed applications	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Principles for software composition (9 CFU)

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Principles for software composition	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Programming tools for parallel and distributed systems (6 CFU)



Regolamento Informatica e networking

Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Programming tools for parallel and distributed systems	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni
System virtualization (6 CFU)				
Modulo	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
System virtualization	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni



Attività formative definite nel CDS Informatica e networking

Advanced programming (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Advanced programming

Obiettivi formativi: Obiettivi

Gli obiettivi del corso sono:

- a. 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
- b. di familiarizzare gli studenti con i moderni principi, tecniche e migliori pratiche per la costruzione di software sofisticato
- c. di introdurre tecniche di programmazione a livelli di astrazione più elevata, in particolare generative programming, component programming e web computing
- d. di presentare frameworks allo stato dell'arte che incorporano queste tecniche.

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.

Syllabus

- 1. Pragmatica dei Linguaggi di Programmazione
- 2. Supporto Run Time e Ambienti di Esecuzione
- 3. Programmazione Generica
- 4. Librerie di Classi e Framework
- 5. Programmazione Generativa
- 6. Interoperabilità tra Linguaggi
- 7. Programmazione Basata su Componenti
- 8. Web Services
- 9. Web e Application Frameworks
- 10. Linguaggi di Scripting

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

The objectives of this course are:

- a. 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
- b. to acquaint the students with modern principles, techniques, and best practices of sophisticated software construction
- c. to introduce the students to techniques of programming at higher abstraction levels, in particular generative programming, component programming and web computing
- d. to present state-of-the-art frameworks incorporating these techniques.

This course focuses on the quality issues pertaining to detailed design and coding, such as reliability, performance, adaptability and integrability into larger systems.

Syllabus

- 1. Programming Language Pragmatics
- 2. Run Time Support and Execution Environments
- 3. Generic Programming
- 4. Class Libraries and Frameworks
- 5. Generative Programming
- 6. Language Interoperability
- 7. Component Based Programming
- 8. Web Services
- 9. Web and Application Frameworks
- 10. Scripting Languages

The exam consists in a homework or laboratory test, and and oral test.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Advanced programming	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Advanced software engineering (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Advanced software engineering

Obiettivi formativi: The overall objective of the course is to introduce some of the main aspects in the design, analysis, evelopment and deployment of modern software systems. Service-based software engineering is introduced by presenting core interoperability standards, service descriptions, and service compositions techniques. Techniques for modelling and analysing business processes are then illustrated. Finally, cloud-based software engineering and DevOps practices are discussed. The course includes a weekly "hands-on" lab where students experiment the design, analysis, development and deployment techniques introduced.

Syllabus

- Service-based software engineering
- Business process modelling and analysis
- Cloud-based software engineering
- DevOps practices
- Hands-on laboratory

Obiettivi formativi in Inglese: The overall objective of the course is to introduce some of the main aspects in the design, analysis, evelopment and deployment of modern software systems. Service-based software engineering is introduced by



Regolamento Informatica e networking

presenting core interoperability standards, service descriptions, and service compositions techniques. Techniques for modelling and analysing business processes are then illustrated. Finally, cloud-based software engineering and DevOps practices are discussed. The course includes a weekly "hands-on" lab where students experiment the design, analysis, development and deployment techniques introduced.

Syllabus

- Service-based software engineering
- Business process modelling and analysis
- Cloud-based software engineering
- DevOps practices
- Hands-on laboratory

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Advanced programming

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Advanced software engineering	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Algorithm engineering (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Algorithm engineering

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

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.

Syllabus

- Design of algorithms for massive datasets: disk aware or cache oblivious
- Design of advanced data structures in hierarchical memories for atomic or string data
- Data compression for structured and unstructured data
- Algorithms for large graphs
- Engineering considerations about the implementation of algorithms and data structures

Obiettivi formativi in Inglese: Study, design and analyze advanced algorithms and data structures for the efficient solution of combinatorial problems involving all basic data types, such as integer sequences, strings, (geometric) points, trees and graphs. The design and analysis will involve several models of computation — such as RAM, 2-level memory, cache-oblivious, streaming — in order to take into account the architectural features of modern PCs and the availability of Big Data upon which algorithms could work on. We will add to such theoretical analysis several engineering considerations spurring from the implementation of the proposed algorithms and from experiments published in the literature

- Design of algorithms for massive datasets: disk aware or cache oblivious
- Design of advanced data structures in hierarchical memories for atomic or string data
- Data compression for structured and unstructured data
- Algorithms for large graphs
- Engineering considerations about the implementation of algorithms and data structures

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: L'esame consiste di una prova scritta e di una prova orale.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Algorithm Engineering	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Applied optics and propagation (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Applied optics and propagation

Obiettivi formativi: Aims

This course will provide the fundamentals of electromagnetic fields, and present in detail the applications of optics. The course will provide concepts and basic notions on light waves, their nature, their description and their physical characteristics, and also outline the main areas of optics application. The course provides the fundamentals of geometrical optics (refraction and reflection, lenses, microscopes etc.), of wave optics (interference, diffraction, polarization) and quantum optics (concept of photon emission properties / absorption of light, lasers) .

Program

Basics of electro-magnetic fields. The geometrical optics and optics of light rays: reflection, refraction, lenses, complex systems of optical elements- Optical Matrix - Maxwell's equations - The phenomenon of polarization (Jones and Stokes



description) - Interference and Diffraction: principles, Young experiment, Bragg condition, Fraunhofer and Fresnel diffraction, gaussian beams - Quantum Optics: light emission and absorption, optical spectral properties of materials, population inversion - Lasers basics and laser applications

Obiettivi formativi in Inglese: Aims

This course will provide the fundamentals of electromagnetic fields, and present in detail the applications of optics. The course will provide concepts and basic notions on light waves, their nature, their description and their physical characteristics, and also outline the main areas of optics application. The course provides the fundamentals of geometrical optics (refraction and reflection, lenses, microscopes etc.), of wave optics (interference, diffraction, polarization) and quantum optics (concept of photon emission properties / absorption of light, lasers) .

Program

Basics of electro-magnetic fields. The geometrical optics and optics of light rays: reflection, refraction, lenses, complex systems of optical elements- Optical Matrix - Maxwell's equations - The phenomenon of polarization (Jones and Stokes description) - Interference and Diffraction: principles, Young experiment, Bragg condition, Fraunhofer and Fresnel diffraction, gaussian beams - Quantum Optics: light emission and absorption, optical spectral properties of materials, population inversion - Lasers basics and laser applications

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Fundamentals of signals, systems and networks.

Modalità di verifica finale: Written and oral.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Applied optics and propagation	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Business process modeling (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Business process modeling

Obiettivi formativi: The course presents techniques for Business Analytics according to the process-driven view of Business Process Modeling. It presents 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. 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.

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).
- Hints on the evolution of business process architectures.
- Process modeling.
- 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.

Obiettivi formativi in Inglese: The course presents techniques for Business Analytics according to the process-driven view of Business Process Modeling. It presents 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. 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.

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).
- Hints on the evolution of business process architectures.
- Process modeling.
- 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.

s.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Business process modeling	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Concurrent programming (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Concurrent programming

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

1. Modelli di programmazione concorrente
2. Applicazione a librerie di comunicazione
3. Applicazione a librerie a memoria condivisa
4. Linguaggi concorrenti
5. Ambienti e strumenti di programmazione parallela strutturata e framework distribuiti
6. Studio di casi

Struttura del corso

6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. Concurrent programming models
2. Application to communication libraries
3. Application to shared memory libraries
4. Concurrent languages
5. Environments and tools for structured parallel programming and distributed frameworks
6. Case studies.

Course structure

6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Concurrent programming	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Cost models and run time design (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Cost models and run time design

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

1. Architetture astratte e modelli di costo per sistemi distribuiti
2. Metodologie e tecniche per analisi statica di applicazioni distribuite
3. Metodologie e tecniche per analisi di applicazioni distribuite a tempo di esecuzione
4. Progetto di supporti a tempo di esecuzione e ottimizzazioni
5. Strumenti configurazione, inizializzazione, esecuzione
6. Studio di casi



Regolamento Informatica e networking

Struttura del corso

6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. Abstract architectures and cost models for distributed systems
2. Methodologies and techniques for static analysis of distributed applications
3. Methodologies and techniques for run-time analysis of distributed applications
4. Design of run-time supports and optimizations
5. Configuration, initialization, and execution tools
6. Case studies.

Course structure

6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Cost models and run time design	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Data mining (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Data mining

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

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:

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;
2. una rassegna delle tecniche avanzate per il mining delle nuove forme di dati;
3. una rassegna delle principali aree applicative e di casi di studio paradigmatici.

Syllabus

- Concetti di base del data mining e del processo di estrazione della conoscenza
- Preprocessing ed analisi esplorativa dei dati
- Pattern frequenti e regole associative
- Classificazione: alberi di decisione e metodi Bayesiani
- Clustering: metodi basati su partizione, gerarchici, basati su densità
- Esperimenti analitici con strumenti di data mining
- Mining di serie temporali e dati spazio-temporali
- Mining di dati sequenziali, mining di grandi grafi e reti
- Linguaggi, standard e architetture dei sistemi di data mining
- Impatto sociale del data mining
- Data mining e protezione della privacy
- Cenni alle applicazioni:
Grande distribuzione, Marketing, CRM
Industria delle telecomunicazioni,
Analisi finanziaria, analisi di rischio
Rilevamento di frodi
Pubblica amministrazione e sanità
Mobilità e trasporti

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.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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:

1. an introduction to the basic concepts of data mining and the knowledge discovery process, and associated analytical models and algorithms;
2. an account of advanced techniques for analysis and mining of novel forms of data;
3. an account of main application areas and prototypical case studies.

Syllabus

- Concepts of data mining and the knowledge discovery process
- Data preprocessing and exploratory data analysis



Regolamento Informatica e networking

- Frequent patterns and associations rules
- Classification: decision trees and Bayesian methods
- Cluster analysis: partition-based, hierarchical and density-based clustering
- Experiments with data mining toolkits
- Mining time-series and spatio-temporal data
- Mining sequential data, mining large graphs and networks
- Data mining languages, standards and system architectures
- Social impact of data mining
- Privacy-preserving data mining
- Applications (hints):
- Retail industry, Marketing, CRM
- Telecommunication industry,
- Financial data analysis, risk analysis
- Fraud detection
- Public administration and health
- Mobility and transportation

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.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Data mining	9	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Design and architecture of complex platforms (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Design and architecture of complex platforms

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso tratta di modelli, metodologie di progetto e studi di casi di architetture complesse, distribuite ed eterogenee, 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 architettureali, 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 attraverso attività sperimentali e di laboratorio.

Syllabus

1. Paradigmi architettureali
 - 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

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

This course deals with models, design methodologies and case studies of complex, distributed and heterogeneous 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 through experimental and laboratory activities.

Syllabus

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

Exam consists in a project and an oral part.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: High Performance Computing.

Modalità di verifica finale: Project and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Design and architecture of complex platforms	12	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali+laboratorio

Distributed and parallel data bases (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Distributed and parallel data bases

Obiettivi formativi: 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.

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

L'esame consiste in una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

Syllabus

- 1) Distributed DBMS architecture
- 2) Distributed database design
 - a. Fragmentation design
 - b. Allocation design
- 3) Distributed query processing
 - a. Query decomposition
 - b. Optimization of access strategies
- 4) Distributed transaction management
 - a. Atomicity
 - b. Concurrency control
 - c. Reliability
- 5) Parallel database systems
 - a. Shared nothing architecture and data partitioning
 - b. Parallel algorithms for relational operations
 - c. Parallel query optimization

The examination consists of an oral exam

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed and parallel data bases	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed components (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Distributed components



Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

1. modelli a componenti distribuite,
2. componenti ad alte prestazioni,
3. modelli di costo e progettazione di supporti,
4. portabilità in sistemi eterogenei,
5. affidabilità e sicurezza,
6. studio di casi

Struttura del corso

6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. distributed components models,
2. high-performance components,
3. cost models and support design,
4. portability in heterogeneous systems,
5. reliability and security,
6. case studies.

Course structure

6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed components	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed enabling platforms (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Distributed enabling platforms

Obiettivi formativi: 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.

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

Obiettivi formativi in Inglese: 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,

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
- Applications tools for grid and cloud Computing

Grading

The examination procedure consists in a colloquium on course topics and on a project assigned to the student.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: High Performance Computing.

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese



Moduli				
Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed enabling platforms	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Distributed operating systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Distributed operating systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

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. 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. Una parte importante del corso è costituita dalla presentazione dal punto di vista tecnologico di un Sistema Operativo Distribuito di riferimento.

Syllabus

Richiami e fondamenti

Modelli di sistema distribuito e meccanismi di base

Sistemi middleware, qualità del servizio

DOS single-system-image (SSI)

Istanze di kernel cooperanti, implementazione, applicabilità;

DOS geografici

Organizzazioni virtuali; sicurezza, meccanismi di comunicazione e cooperazione;

File system distribuiti su larga scala;

Meccanismi di esecuzione

Eterogeneità delle risorse nei DOS

Tipi di risorse e vincoli imposti al sistema

Impatto sulle astrazioni e l'implementazione del sistema

Complementi

DOS ed architetture di calcolo gerarchiche multilivello

DOS e virtualizzazione : interpreti di sistema, contenimento, virtualizzazione, paravirtualizzazione

Future Internet e DOS

Struttura del corso

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.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

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).

Syllabus

Basic notions

Models of Distributed Operating Systems, basic techniques

Middleware systems, Quality of Service

Single-system-image DOSes (SSI)

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

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.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli				
Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed operating systems	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni



Distributed software design lab (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Distributed software design lab

Obiettivi formativi: Obiettivi

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).

Syllabus

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

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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).

Syllabus

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

The exam consists in a colloquium concerning course matter plus a discussion on a project realized during the course.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: .

Modalità di verifica finale: project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Distributed software design lab	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Embedded systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Embedded systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso copre le principali fasi dello sviluppo di sistemi embedded, con particolare attenzione al le 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.

Syllabus

- 1) Modello di sviluppo di sistemi embedded
 - a. I sistemi embedded e l'impatto sulla moderna elettronica industriale
 - b. Le fasi del processo di sviluppo, progettazione basata su modelli.
 - c. Modelli di calcolo per sistemi embedded: macchine a stati finiti, FSM gerarchiche, automi temporizzati, dataflows.
 - 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.
 - e. Introduzione alle tecniche di verifica, analisi funzionale e temporale.
 - f. Generazione automatica di codice.
 - g. Tecniche di test, test di conformità, il concetto di copertura nel test, copertura MC/DC.
- 2) Programmazione di Sistemi Embedded: sistemi operativi e comunicazione wireless – Tecnologie ed esempi.

Struttura del corso

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.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Model-based development of embedded Systems
 - a. Embedded systems and impact on modern day industrial electronics
 - b. Stages in the development flow, model based design.
 - c. Computation models for Embedded Systems: finite state machines, hierarchical FSM, timed automata, dataflows.
 - 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.



- e. Introduction to verification techniques, functional and timing analysis.
 - f. Automatic code generation for abstract models.
 - g. Testing techniques, conformance testing, concept of coverage, MC/DC coverage.
- 2) Embedded Systems Programming: Operating systems and wireless communication: technologies and examples-

Course structure

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.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral and project

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Embedded systems	6	ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Fault tolerance in distributed systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Fault tolerance in distributed systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

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. Una parte del corso è dedicata allo studio sperimentale delle tecniche esistenti e di implementazione, tramite sessioni in laboratorio.

Syllabus

- 1) Tecniche di tolleranza ai guasti per sistemi distribuiti
 - a. Replicazione software
 - b. Azioni atomiche
 - c. Checkpointing e Rollback Recovery
 - d. Modelli di costo dei supporti alla tolleranza ai guasti
- 2) Supporti
 - a. Primitive di comunicazione di supporto
 - b. Memoria Stabile
 - c. Message Logging
 - d. Garbage collection di checkpoint
- 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

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.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

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.

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.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: High Performance Computing.

Modalità di verifica finale: Project, and oral exam



Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Fault tolerance in distributed systems	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Final Thesis (15 CFU)

Denominazione in Inglese: Final Thesis

Obiettivi formativi: 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.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

CFU: 15

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Final Thesis	15	NN No settore	Prova finale	prova finale

Free-choice exam (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Free-choice exam

Obiettivi formativi: 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 in un gruppo di insegnamenti.

Su approvazione del Consiglio di Corso di Studi, l'esame a scelta può consistere in un esame da 6 CFU e dalla Rassegna di Orientamento per la Prova Finale (3 CFU).

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

Under approval of the Consiglio di Corso di Studi, the free choice exam can consist of a 6-CFU exam and the Survey in Preparation of the Final Proof (3 CFUs).

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Dipendente dall'esame scelto.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Free-choice exam	9	NN No settore	Altre attività - scelta libera dello studente	lezioni frontali + esercitazioni

Fundamentals of signals, systems and networks (12 CFU)

Denominazione in Inglese: Fundamentals of signals, systems and networks

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso introduce i fondamenti di teoria dei segnali, dei processi stocastici, i fondamenti di teoria delle code alcuni elementi di base dell'elettromagnetismo e alcuni strumenti di analisi matematica. Il corso presenterà anche le principali architetture per i segmenti di accesso, metropolitani e di core.

Syllabus

- 1) Teoria dei segnali, complementi di matematiche
 - a. Segnali continui e discreti a energia finita e potenza finita
 - b. Segnali periodici
 - c. Sistemi lineari tempo invarianti
 - d. Descrizione dei segnali e dei sistemi nelle frequenze
 - e. Strumenti avanzati di analisi matematica
- 2) Processi stocastici e teoria delle code
 - a. Concetti generali
 - b. Probabilità e variabili casuali
 - c. Processi stocastici
 - d. Catene e processi di Markov



- e. Elementi di teoria delle code
- 3) Progetto di reti
 - a. Gerarchia di rete
 - b. Segmento di accesso
 - c. Segmento metropolitano
 - d. Segmento di core
 - e. Architetture future

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

This course introduces the fundamentals of signal theory, of stochastic processes, the fundamentals of queueing theory, some basic elements of electromagnetism and some calculus. The course will also cover the main network architectures for access, metropolitan and core segments.

Syllabus

- 1) Signal Theory, basic calculus
 - a. Finite energy and finite power discrete and continuous signals
 - b. Periodic signals
 - c. Time invariant linear systems
 - d. Description of signals and systems in the frequency domain
 - e. Advanced calculus
- 2) Processi stocastici e teoria delle code
 - a. General concepts
 - b. Probability and random variables
 - c. Stochastic processes
 - d. Markov chain and process
 - e. Elements of queueing theory
- 3) Design of networks
 - a. Network hierarchy
 - b. Access segment
 - c. Metropolitan segment
 - d. Core segment
 - e. Future architectures

Course structure

12 credits consisting of front lectures and exercise. Exam consists in a written test concerning course concepts and a possible discussion of a project assigned to the student.

CFU: 12

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Fundamentals of signals, systems and networks	12	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

High Performance Computing (9 CFU)

Denominazione in Inglese: High Performance Computing

Obiettivi formativi: Obiettivi

Questo corso tratta di due aspetti fortemente interrelati nel campo del calcolo ad alte prestazioni:

1. concetti fondamentali e tecniche di strutturazione e progetti di computazioni parallele, metodologie e paradigmi di parallelizzazione, modelli di programmazione parallela, loro implementazione e modelli di costo;
 2. architetture ad alte prestazioni: multiprocessor a memoria condivisa, multicomputer a memoria distribuita, cluster, ed altre.
- Entrambi gli aspetti sono studiati in termini di modelli strutturali, supporti statici e dinamici al modelli di programmazione, valutazione delle prestazioni, capacità di costruire applicazioni complesse e/o piattaforme abilitanti per composizione, anche attraverso esempi di casi applicativi reali. Sono studiate caratteristiche e tendenze tecnologiche, come multi-/many-core e reti ad alte prestazioni.

Una parte iniziale è dedicata a rivedere concetti e tecniche base dello studio strutturato all'architettura degli elaboratori, allo scopo di uniformare diverse preparazioni di base.

Syllabus

- 0. Computing architecture primer
 - 1. Metodologie per strutturare e programmare applicazioni parallele ad alte prestazioni; fondamenti di modelli di costo: metriche, elementi di teoria delle code e reti di code, bilanciamento del carico, ottimizzazioni statiche e dinamiche
 - 2. Paradigmi di parallelizzazione: stream-parallel (pipeline, data-flow, farm, divide and conquer, partizionamento funzionale), data-parallel (map, stencil fissi e variabili, reduce, prefix), and loro composizioni
 - 3. Meccanismi di cooperazione: comunicazioni dedicate e collettive, oggetti condivisi, strumenti di compilazione, supporti a tempo di esecuzione e loro ottimizzazioni
 - 4. Multiprocessor a memoria condivisa. SMP, NUMA, modelli di costo; reti di interconnessione e loro valutazione: reti indirette e multistadio, reti dirette e cubi, fat tree, reti on-chip
 - 5. Architetture a memoria distribuita: multicomputer, cluster, piattaforme distribuite eterogenee, reti di comunicazione ad alte prestazioni
 - 6. Aspetti avanzati di ricerca e/o tecnologici: multi-/many-core, multithreading simd/vectorizzazione/gpu, calcolo pervasivo ad alte prestazioni.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

This course deals with two interrelated issues in high-performance computing:

1. fundamental concepts and techniques in parallel computation structuring and design, including parallelization methodologies and paradigms, parallel programming models, their implementation, and related cost models;
2. architectures of high-performance computing systems, including shared memory multiprocessors, distributed memory multicomputers, clusters, distributed enabling platforms, and others.



Regolamento Informatica e networking

Both issues are studied in terms of structural model, static and dynamic support to computation and programming models, performance evaluation, capability for building complex and heterogeneous applications and/or enabling platforms, also through examples of application cases. Technological features and trends are studied, in particular multi-/many-core technology and high-performance networks.

An initial part of the course is dedicated to review basic concepts and techniques in structured computer architecture, in order to render the different backgrounds of students as uniform as possible.

Syllabus

0. Computing architecture primer
1. Methodology for structuring and programming high-performance parallel applications, basic cost models: metrics, elements of queuing theory and queuing networks, load balancing, static and dynamic optimizations
2. Parallel paradigms: stream-parallel (pipeline, data-flow, farm, divide and conquer, functional partitioning), data-parallel (map, fixed and variable stencils, reduce, prefix), and their compositions
3. Cooperation mechanisms: dedicated and collective communications, shared objects, compiling tools, run-time supports and their optimization
4. Shared memory multiprocessors: SMP and NUMA, cost models; interconnection networks and their evaluation: indirect and multistage networks, direct and cube networks, fat tree, on-chip networks
5. Distributed memory architectures: multicomputers, clusters, distributed heterogeneous platforms, high-performance communication networks
6. Advanced research and/or technological issues: multi-/many-core, multithreading simd/vectorization/gpu, pervasive high-performance computing.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

La prova scritta finale può essere sostituita da due prove di verifica intermedia.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
High Performance Computing	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

ICT risk assessment (9 CFU)

Denominazione in Inglese: ICT risk assessment

Obiettivi formativi: At the end of this course, the student should be able to discover and analyze the weaknesses and the vulnerabilities of a system to evaluate in a quantitative and formal way the risk it poses. The student should be able to select and deploy a cost-effective set of countermeasures at the various implementation levels to improve the overall ability of the system to withstand its attackers. Focus of the course is on a predictive approach where risk assessment and management is a step in the system design. The student should also be able to know the various tools that can support the assessment and simplify both the assessment and the selection of countermeasures. In this framework, the focus on cloud computing makes it possible to cover the most complex assessment.

- Risk Assessment and Management of ICT Systems 3 CFU
 - o Vulnerabilities/Attacks 1 CFU
 - o Countermeasures 1 CFU
 - o Tools for Automating Assessment & Management 1 CFU
- Security of Cloud Computing 6 CFU
 - o Economic Reasons/Deployment Models/ Service Models 1 CFU
 - o Virtualization and TCM 1 CFU
 - o New Vulnerabilities 1 CFU
 - o New Attacks 1 CFU
 - o New Countermeasures 1 CFU
 - o Certification of Cloud Provider 1 CFU

Obiettivi formativi in Inglese: At the end of this course, the student should be able to discover and analyze the weaknesses and the vulnerabilities of a system to evaluate in a quantitative and formal way the risk it poses. The student should be able to select and deploy a cost-effective set of countermeasures at the various implementation levels to improve the overall ability of the system to withstand its attackers. Focus of the course is on a predictive approach where risk assessment and management is a step in the system design. The student should also be able to know the various tools that can support the assessment and simplify both the assessment and the selection of countermeasures. In this framework, the focus on cloud computing makes it possible to cover the most complex assessment.

- Risk Assessment and Management of ICT Systems 3 CFU
 - o Vulnerabilities/Attacks 1 CFU
 - o Countermeasures 1 CFU
 - o Tools for Automating Assessment & Management 1 CFU
- Security of Cloud Computing 6 CFU
 - o Economic Reasons/Deployment Models/ Service Models 1 CFU
 - o Virtualization and TCM 1 CFU
 - o New Vulnerabilities 1 CFU
 - o New Attacks 1 CFU
 - o New Countermeasures 1 CFU
 - o Certification of Cloud Provider 1 CFU

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: .

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
ICT risk assessment	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	



Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
				lezioni frontali + esercitazioni

Information and transmission theory (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Information and transmission theory

Obiettivi formativi: 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.

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.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

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.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Information and transmission theory	9	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Information retrieval (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Information retrieval

Obiettivi formativi: 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.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Algorithm Engineering.

Modalità di verifica finale: project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Information retrieval	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni



Ingegneria del teletraffico (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Teletraffic engineering

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 1) Processi di Markov a stato discreto
 - a. Processi di Markov a stato discreto e tempo discreto (Catene di Markov)
 - b. Processi di Markov a stato discreto e tempo continuo
- 2) Processi puntuali
 - a. Processi di sola nascita e di sola morte
 - b. Processo di Bernoulli a tempo continuo e tempo discreto
 - c. Processo di Poisson
- 3) Processi di nascita e morte
 - a. Condizioni di ergodicità
 - b. Valutazione dei momenti di primo e secondo ordine
- 4) Generalità sull'analisi del traffico in rete
 - a. Modelli stocastici
 - b. Modelli deterministici
 - c. Non stazionarietà del traffico. Definizioni TCBH, ADPH
- 5) Code Markoviane
 - a. notazione di Kendall; Geo/Geo/1, M/M/Ns, M/M/Ns/0, M/M/1/Nw;
 - b. Formula B di Erlang, Formula C di Erlang, Formula di Engset.
 - c. Problemi e relative soluzioni per il calcolo numerico delle formule 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.
 - d. Approccio Matrix-Geometric per la soluzione di Catene di Markov descritte da matrici di Hessenberg a blocchi.
 - e. Applicazione dell'approccio Matrix-Geometric per lo studio di sistemi a coda M/Cox2/1.
- 6) Code non Markoviane:
 - a. La trattazione di una semplice coda non markoviana: la coda M/G/1;
 - b. la catena di Markov immersa; analisi della coda in regime asintotico.
 - c. Code M/G/1 con classi di utenza e con priorità
- 7) Reti di code:
 - a. Reti di code markoviane aperte e chiuse. Reti di code acicliche.
 - b. Teorema di Burke. Teorema di Jackson.
 - c. Teorema di Gordon-Newell.
 - d. Algoritmo della convoluzione e approccio Mean Value Analysis per la soluzione delle reti di code di Gordon-Newell.
 - e. Reti di code BCMP. Indici prestazionali in reti di code markoviane chiuse e BCMP.
- 8) Tecniche numeriche per la soluzione di catene di Markov
 - a. Librerie Matfun e Stats di MATLAB. Generazione di osservazioni di vv.aa. di Erlang k, iperesponenziale, ipoesponenziale e di Coxn.
 - b. Grafico quantile-quantile. Decomposizione agli autovalori per il calcolo del transitorio in Catene di Markov.
 - c. Metodi diretti per il calcolo delle probabilità asintotiche di stato di Catene di Markov.

Obiettivi formativi in Inglese: 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 in general. Transient and Steady-state analysis of Discrete and Continuous Time Markov processes are introduced. Fundamentals concept related to Queuing 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.

- 1) Discrete state Markov processes
 - a. Discrete State, Discrete Time Markov Processes (Markov chains)
 - b. Discrete State, Continuous Time Markov Processes
- 2) Point Processes
 - a. Pure Birth and Pure Death processes
 - b. Discrete time and continuous time Bernoulli processes
 - c. Poisson process
- 3) Birth and Death Processes
 - a. Ergodic conditions
 - b. First and second order momentum
- 4) Basics on teletraffic analysis
 - a. Stochastic models
 - b. Deterministic models
 - c. Non stationary behavior. TCBH, ADPH definitions
- 5) Markovian queues
 - a. Kendall notation; Geo/Geo/1, M/M/Ns, M/M/Ns/0, M/M/1/Nw;
 - b. Erlang B Formula, Erlang C Formula, Engset formula.
 - 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.
 - d. Matrix-Geometric approach for the solution of Markov chains described by block Hessenberg matrices.



- e. Matrix-Geometric approach for the analysis of the M/Cox2/1 queue.
- 6) Non Markovian queues:
 - a. A simple non markovian queue: the M/G/1 queue;
 - b. The embedded Markov chain; steady state analysis of the M/G/1 queue.
 - c. Multiple user classes and priorities in M/G/1 queues
- 7) Queueing networks:
 - a. Open and Closed Markovian Queueing Networks.
 - b. Burke Theorem. Jackson Theorem.
 - c. Gordon-Newell Theorem.
 - d. Convolution Algorithm and Mean Value Analysis for the solution of the Gordon-Newell queueing networks.
 - e. BCMP queueing networks. Performance indexes in markovian open and closed queueing networks and BCMP.
- 8) Numerical tools for the solution of Markov Chains
 - a. Matlab Matfun e Stats Libraries. Erlang k, iperexponential, ipoexponential and Coxn generators
 - b. Quantile-quantile plots. Eigenvalues decomposition for the transient analysis of Markov chains.
 - c. Direct methods for the evaluations of the steady state in ergodic Markov Chains.

Written test, laboratory test on MATLAB, and Oral Exam.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: L'esame consiste in una prova scritta e una prova orale.

La prova scritta finale può essere sostituita da tre prove di verifica intermedia.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Ingegneria del teletraffico	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Lab of Photonic Systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Lab of Photonic Systems

Obiettivi formativi: Aims

The course objectives are to provide the basic elements of the design of an optical transmission system and learn about the operation of the devices and equipment used for the realization and testing of optical systems. The first part of the course provides a detailed theoretical analysis of transmission problems that must be considered in the design of today optical systems, such as fiber propagation effects (both linear and nonlinear). The second part, which has a strong experimental flavour, introduces the student to the practical knowledge and use of key components and experimental techniques in the field of photonic systems. The course will also illustrate the principles of operation of the main equipment for analysis and measurement (including oscilloscopes, sampling oscilloscopes, spectrum analyzers etc.).

Program

High speed optical systems: applications, perspectives and design problems. power budget, amplification and optical noise chromatic dispersion: the effect and its impact on system performance. Compensation of chromatic dispersion: devices and techniques. Effect of polarization mode dispersion (PMD). Nonlinear optical effects: stimulated scattering effects and effects related to the Kerr nonlinearity.

Laser sources and modulators: DFB Laser and Laser Diodes, Fabry-Perot lasers, Laser Mode-Locking, Modulation of the lasers: direct and External.

Devices used in photonic systems: polarizers and polarization controllers, isolators, circulators and couplers, optical filters , detectors. OTDR , elements of optical amplification , fiber-air coupling solutions.

Equipment: electrical sampling oscilloscopes, Real-time oscilloscopes , Optical Spectrum Analyzers (OSA), polarimeters. temperature controllers , data acquisition tools and automation of measurement processes.

Obiettivi formativi in Inglese: Aims

The course objectives are to provide the basic elements of the design of an optical transmission system and learn about the operation of the devices and equipment used for the realization and testing of optical systems. The first part of the course provides a detailed theoretical analysis of transmission problems that must be considered in the design of today optical systems, such as fiber propagation effects (both linear and nonlinear). The second part, which has a strong experimental flavour, introduces the student to the practical knowledge and use of key components and experimental techniques in the field of photonic systems. The course will also illustrate the principles of operation of the main equipment for analysis and measurement (including oscilloscopes, sampling oscilloscopes, spectrum analyzers etc.).

Program

High speed optical systems: applications, perspectives and design problems. power budget, amplification and optical noise chromatic dispersion: the effect and its impact on system performance. Compensation of chromatic dispersion: devices and techniques. Effect of polarization mode dispersion (PMD). Nonlinear optical effects: stimulated scattering effects and effects related to the Kerr nonlinearity.

Laser sources and modulators: DFB Laser and Laser Diodes, Fabry-Perot lasers, Laser Mode-Locking, Modulation of the lasers: direct and External.

Devices used in photonic systems: polarizers and polarization controllers, isolators, circulators and couplers, optical filters , detectors. OTDR , elements of optical amplification , fiber-air coupling solutions.



Equipment: electrical sampling oscilloscopes, Real-time oscilloscopes , Optical Spectrum Analyzers (OSA), polarimeters. temperature controllers , data acquisition tools and automation of measurement processes.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Fundamentals of signals, systems and networks.

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Lab of Photonic Systems	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Multimedia network performance (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Multimedia network performance

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 1) Network Calculus
 - a. Concetti generali: curve di arrivo e di servizio, bound relativi a backlog e delay
 - b. Caratterizzazione del traffico mediante token bucket
 - c. Applicazioni a Internet: architetture IntServ e DiffServ
 - d. Modelli basati sui tempi di arrivo e di partenza dei pacchetti: GR node e PSRG node
- 2) Modellizzazione del traffico
 - a. Modelli di traffico SRD
 - b. Modelli di traffico LRD
 - c. Modellizzazione di connessioni TCP
- 3) Simulazione di Eventi Rari
 - a. Teoria delle Grandi Deviazioni
 - b. Effective Bandwidth
 - c. Restart
 - d. Importance Sampling

Struttura del corso

6 crediti. L'esame consiste in una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Network Calculus
 - a. Basic concepts: arrival and service curves, bounds on backlog and delay
 - b. Token bucket traffic characterization
 - c. Application to the Internet: IntServ and DiffServ architectures.
 - d. Traffic models based on packet arrival and departure times: GR and PSRG nodes.
- 2) Traffic modelling
 - a. SRD traffic models
 - b. LRD traffic models
 - c. Models of TCP connections
- 3) Rare Event Simulation
 - a. Large Deviation Theory
 - b. Effective Bandwidth
 - c. Restart
 - d. Importance Sampling

Course structure

6 credits. The exam will consist of an oral examination.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Ingegneria del Traffico.

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Multimedia network performance	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni



Network management and configuration (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Network management and configuration

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso ha come obiettivo di fornire agli studenti una critica carrellata sull'evoluzione dei protocolli di telecomunicazione. Il corso si focalizzerà principalmente sui protocolli dell'architettura Internet (TCP/IP) e sul protocollo Ethernet. Infine verranno presentati i più recenti standard proposti. Protocolli (ad es. MPLS) ed algoritmi per l'ingegneria del traffico verranno introdotti. Verranno forniti elementi di simulazione ad eventi discreti. I concetti presentati in classe saranno oggetto di esperimenti in laboratorio.

Syllabus

- 1) Reti di telecomunicazione
 - Elementi di trasmissione dati (4 hours)
 - o Trasmissione digitale ed analogica
 - o Conversione analogica/digitale
 - o Mezzi di propagazione
 - o Comunicazioni orientate alla connessione e non orientate alla connessione
 - o Comunicazione a pacchetto
 - Ripasso della architettura protocollare ISO/OSI e TCP/IP (2 hours)
 - MAC and Logical Link Control (4 hours)
 - o Automatic Repeat reQuest (ARQ)
 - o Pipelining
 - Ethernet (6 hours)
 - o CSMA/CD
 - o Repeaters, Bridges, Switches
 - o Ethernet Commutato
 - 1GbE, 10GbE, oltre 10GbE
 - o VLAN
 - Protocollo IP (4 hours)
 - o Classi
 - o Subnetting
 - o Supernetting
 - o Fondamenti di instradamento
 - OSPF
 - o Quality del Servizio
 - IntServ
 - DiffServ
 - MPLS (4 hours)
 - o OSPF-TE
 - o RSVP-TE
 - Reti Ottiche (4 hours)
 - o SONET/SDH
 - o Wavelength Division Multiplexing (WDM)
 - Sopravvivenza ai guasti nelle reti ed affidabilità (6 hours)
 - Sopravvivenza ai guasti in reti IP, MPLS ed Ottiche
 - o Cenni di teoria dell'affidabilità
 - Introduzione alla simulazione ad eventi discreti (6 hours)
- 2) Lab of Traffic Engineering
 - Laboratorio di Ingegneria del traffico
 - o Metodi per la progettazione di reti di telecomunicazione
 - o Esercizi in laboratorio

Struttura del corso

9 crediti di lezioni frontali ed esercitazioni di laboratorio.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

This course aims at providing students with a guided and critical overview of the communications network protocol evolution. The course will mainly focus on the TCP/IP architecture of the current Internet and on the Ethernet protocol. Finally the most recently introduced standards will be presented. Protocols (e.g., MPLS) and algorithms for traffic engineering and resilience will be introduced. Elements of event driven simulation will be provided. The concept presented in class will become topic of lab experiments.

Syllabus

- 1) Communications Networks
 - Data Transmission fundamentals (4 hours)
 - o Digital vs Analog Transmission
 - o Analog to Digital Conversion
 - o Physical Media
 - o Connection-oriented vs connectionless communications
 - o Packet switching
 - Review of ISO/OSI and TCP/IP protocol architecture (2 hours)
 - MAC and Logical Link Control (4 hours)
 - o Automatic Repeat reQuest (ARQ)
 - o Pipelining
 - Ethernet (6 hours)
 - o CSMA/CD
 - o Repeaters, Bridges, Switches
 - o Switched Ethernet
 - 1GbE, 10GbE, beyond 10GbE
 - o VLAN
 - IP Protocols (4 hours)
 - o Classes
 - o Subnetting
 - o Supernetting
 - o Routing basics
 - OSPF



- o Quality of service
 - IntServ
 - DiffServ
- MPLS protocols (4 hours)
- o OSPF-TE
- o RSVP-TE
- Optical Networks (4 hours)
- o SONET/SDH
- o Wavelength Division Multiplexing (WDM)
- Network resilience and availability (6 hours)
- o Resilience in IP, MPLS and Optical Networks
- o Introduction to availability theory
- Introduction to event driver simulation (6 hours)
- 2) Lab of Traffic Engineering
 - a. Methods for designing communications networks
 - b. Lab hands-on session

Course structure

9 credits consisting of front lectures and laboratory exercise. Exam consists in written test concerning course concepts and a possible discussion of a project assigned to the student.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Network management and configuration	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Network optimization (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Network optimization

Obiettivi formativi: Obiettivi

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".

Syllabus

- 1) Problemi di ottimizzazione di rete di base: modelli e algoritmi
 - a. Cammini minimi
 - b. Flusso massimo
 - c. Flusso di costo minimo
- 2) Problemi di ottimizzazione di rete "NP-Hard": modelli e algoritmi
 - a. Modelli di routing
 - b. Modelli di network design
 - c. Principali tecniche euristiche
 - d. Approcci esatti
- 3) Applicazioni
 - a. "QoS routing"
 - b. Problemi di "location"
 - c. Problemi di "resiliency"
 - d. Robustezza nelle reti di comunicazione
 - e. Equilibrio in reti di traffico
 - f.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Basic network optimization problems: models and algorithms
 - a. Maximum flow
 - b. Minimum cost flow
 - c. Multicommodity flows
- 2) NP-Hard network optimization problems: models and algorithms
 - a. Routing models
 - b. Network design models
 - c. Main heuristic techniques
 - d. Exact approaches
- 3) Applications
 - a. QoS routing
 - b. Location problems
 - c. Resiliency problems
 - d. Robustness in communication networks
 - e. Equilibrium in traffic networks



The exam consists of an oral examination.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Network optimization	6	MAT/09 RICERCA OPERATIVA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Networking architectures, components and services (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Networking architectures, components and services

Obiettivi formativi: Objectives

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, devoted to the simulation of IP networks, the study of TCP (Linux TCP) and the implementation of rules for packet filtering and NATting in the Linux OS.

Syllabus

1. IPv6 and MIP
 - a. General features of IPv6 and header format
 - b. ICNIPv6 and procedures of Neighbour Discovery
 - c. Transition IPv4-IPv6
 - d. Host mobility: MIPv4 e MIPv6
2. Multicast
 - a. Multicast addresses
 - b. IGMP
 - c. Multicast Routing Protocols (DVMRP, PIM-SM, PIM-DM)
3. Transport Layer
 - a. Overview on transport layer protocols (UDP, TCP, DCCP)
 - b. Flow and Congestion Control mechanisms in TCP and DCCP
 - c. RTT estimations
 - d. Congestion Avoidance techniques (DECbit, RED, CHOKe, TCP Vegas)
4. Quality of Service
 - a. Queueing and scheduling disciplines (FIFO, priority queueing, GPS, WFQ, WF2Q)
 - b. Token bucket traffic characterization
 - c. Intserv architecture
 - d. DiffServ architecture
5. P2P
 - a. General features
 - b. Classification of P2P architectures and examples
6. Lab
 - a. Simulation of IP networks
 - b. Simulation analysis of TCP connections
 - c. TCP linux in Linux OS
 - d. Iptables: packet filtering and NATting

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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, devoted to the simulation of IP networks, the study of TCP (Linux TCP) and the implementation of rules for packet filtering and NATting in the Linux OS.

Syllabus

1. IPv6 and MIP
 - a. General features of IPv6 and header format
 - b. ICNIPv6 and procedures of Neighbour Discovery
 - c. Transition IPv4-IPv6
 - d. Host mobility: MIPv4 e MIPv6
2. Multicast
 - a. Multicast addresses
 - b. IGMP
 - c. Multicast Routing Protocols (DVMRP, PIM-SM, PIM-DM)
3. Transport Layer
 - a. Overview on transport layer protocols (UDP, TCP, DCCP)
 - b. Flow and Congestion Control mechanisms in TCP and DCCP
 - c. RTT estimations
 - d. Congestion Avoidance techniques (DECbit, RED, CHOKe, TCP Vegas)
4. Quality of Service
 - a. Queueing and scheduling disciplines (FIFO, priority queueing, GPS, WFQ, WF2Q)
 - b. Token bucket traffic characterization
 - c. Intserv architecture
 - d. DiffServ architecture
5. P2P
 - a. General features
 - b. Classification of P2P architectures and examples
6. Lab



- a. Simulation of IP networks
- b. Simulation analysis of TCP connections
- c. TCP linux in Linux OS
- d. IPtables: packet filtering and NATting

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including lab, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Networking architectures, components and services	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Networks and technologies for telecommunications (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Networks and technologies for telecommunications

Obiettivi formativi: The course is divided in three modules.

The first module, Network Management Systems (NMS), introduces the fundamentals of network management techniques. The second module Laboratory of Network Software (LabNS), introduces the utilization of a commercial software (OPNET Modeler) enabling communication network simulation. In this module the students will have the opportunity of simulating the network architectures, the protocols, and the management techniques learned in the previous module. The third module FPGA for Communications Network Prototyping (FCN) introduces FPGA programming basics and shows how FPGAs can be used for prototyping communications network protocols. In this module students will have the opportunity of implementing basic protocols in FPGAs.

PROGRAM

- Network Management Systems (NMS)
- +Management framework and systems
- +Information and Data Model
- +Protocols and standards
- +IP-based management framework
- +Sub-IP (optical) management framework
- +Emerging network management paradigms
- *Software-Defined Networks
- *In-network Management
- *Probabilistic Network Management
- *Data Center Management

- Laboratory of Network Software (LabNS)
- +Network modeling and simulation: introduction to OPNET Modeler
- +Process modeling with OPNET Modeler and exercise
- +Variables, statistics, attributes, packets and exercise
- +Manual debugging, OPNET Modeler debugger
- +Link models and pipeline stage and exercise
- +Dynamic processes and exercise
- +OPNET practice

- FPGA for Communications Network Prototyping (FCN)
- +Introduction to FPGAs
- +Introduction to Quartus Prime
- +In and Out
- +Clocks and Registers
- +State Machines
- +Modular Design
- +Memories
- +Managing Clocks
- +I/O Flavors
- +Laboratory exercises

Obiettivi formativi in Inglese: The course is divided in three modules.

The first module, Network Management Systems (NMS), introduces the fundamentals of network management techniques. The second module Laboratory of Network Software (LabNS), introduces the utilization of a commercial software (OPNET Modeler) enabling communication network simulation. In this module the students will have the opportunity of simulating the network architectures, the protocols, and the management techniques learned in the previous module. The third module FPGA for Communications Network Prototyping (FCN) introduces FPGA programming basics and shows how FPGAs can be used for prototyping communications network protocols. In this module students will have the opportunity of implementing basic protocols in FPGAs.

PROGRAM

- Network Management Systems (NMS)
- +Management framework and systems
- +Information and Data Model
- +Protocols and standards
- +IP-based management framework
- +Sub-IP (optical) management framework
- +Emerging network management paradigms
- *Software-Defined Networks
- *In-network Management
- *Probabilistic Network Management
- *Data Center Management



- Laboratory of Network Software (LabNS)
- +Network modeling and simulation: introduction to OPNET Modeler
- +Process modeling with OPNET Modeler and exercise
- +Variables, statistics, attributes, packets and exercise
- +Manual debugging, OPNET Modeler debugger
- +Link models and pipeline stage and exercise
- +Dynamic processes and exercise
- +OPNET practice

- FPGA for Communications Network Prototyping (FCN)
- +Introduction to FPGAs
- +Introduction to Quartus Prime
- +In and Out
- +Clocks and Registers
- +State Machines
- +Modular Design
- +Memories
- +Managing Clocks
- +I/O Flavors
- +Laboratory exercises

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Networks and technologies for telecommunications	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Numerical techniques and applications (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Numerical techniques and applications

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso propone l'analisi e l'approfondimento di metodi numerici per la risoluzione di problemi applicativi. Particolare rilievo è dato alle tecniche di algebra lineare numerica piu' frequentemente usate nelle applicazioni.

Syllabus

1. Preliminari di algebra lineare: diagonalizzabilità e forme canoniche, matrici definite positive, decomposizione ai valori singolari, norme, condizionamento di una matrice
2. Metodi diretti per sistemi lineari: matrici elementari, fattorizzazioni LU, LLh, QR, rotazioni di Givens, metodi di Cholesky e di Householder
3. Metodi iterativi per sistemi lineari: metodi classici, ultrarilassamento, metodo del gradiente coniugato
4. Metodi iterativi per sistemi non lineari: metodo di Newton, metodi quasi-Newton
5. Metodi iterativi per il calcolo di autovalori: condizionamento del problema, metodo delle potenze, metodi LR e QR, tridiagonalizzazione di una matrice simmetrica
6. Problema lineare ai minimi quadrati: equazioni normali, uso della SVD
7. Metodi per matrici tridiagonali: riduzione ciclica, uso delle successioni di Sturm, tecniche divide et impera
8. Matrici non negative: teorema di Perron-Frobenius, matrici stocastiche
9. Trasformata discreta di Fourier: alcune applicazioni

L'esame consiste in una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. Basic notions in linear algebra: similar reduction to diagonal and other canonical forms, positive definite matrices, singular value decomposition, norms, condition number
2. Direct methods for linear systems: elementary matrices, LU, LLh, QR, factorizations, Givens rotations, Cholesky and Householder methods
3. Iterative methods for linear systems: classic methods, overrelaxation, conjugate gradient method
4. Iterative methods for nonlinear systems: Newton and quasi-Newton methods
5. Iterative methods for eigenvalues: conditioning of the problem, power method, LR and QR methods, reduction to tridiagonal form of a symmetric matrix
6. Linear least squares problem: normal equations and SVD
7. Methods for tridiagonal matrices: cyclic reduction, Sturm sequences, divide-and-conquer techniques
8. Non-negative matrices: Perron-Frobenius results, stochastic matrices
9. Discrete Fourier Transform: some applications

Oral examination.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica



Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Numerical techniques and applications	6	MAT/08 ANALISI NUMERICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Optical amplification and sensing (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Optical amplification and sensing

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

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.

Syllabus

Amplificatori ottici e sensori in fibra ottica

- 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
- Fotodiodi: fotodiodi pin e fotodiodi a valanga
- Componenti passivi: fibra ottica, accoppiatore ottico, interferometro Mach-Zehnder, tecnologie di filtri ottici, filtri ottici sintonizzabili, multiplexore e de-multiplexore ottico
- Dispositivi non reciproci: isolatore e circolatore ottico
- Basi di amplificazione ottica: emissione stimolata ed amplificazione ottica, caratteristiche fondamentali degli amplificatori ottici, guadagno, cifra di rumore, potenza di saturazione
- 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
- 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

Laboratorio di amplificazione ottica e componenti

- Utilizzare un power-meter ottico, utilizzare i fotodiodi pin ed i fotodiodi a valanga
- Misura di parametri indipendenti dalla lunghezza d'onda su componenti ottici passivi.
- Utilizzare l'analizzatore di spettro ottico nelle misure di componenti ottici
- Caratterizzare un laser
- Misura di guadagno e saturazione su amplificatori ottici
- La cifra di rumore degli amplificatori ottici: fondamenti della misura
- Caratterizzare un EDFA
- Caratterizzare la larghezza di riga: rilevazione ottica omodina ed eterodina
- Misure dinamiche su oscilloscopio e misure di spettro elettrico

Struttura del corso

9 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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

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.

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.

Syllabus

Optical amplification and fiber-optics sensing

- 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
- Photodiodes: pin and avalanche photodiodes
- Passive components: optical fiber, coupler/splitter, Mach-Zehnder interferometer, optical filter technologies, tuneable filters, multiplexer/ de-multiplexer
- Non-reciprocal devices: isolator and the circulator
- Optical amplifier basics: stimulated emission and optical amplification, basic amplifier features, gain, noise figure, saturation power
- Overview of distributed and discrete amplifiers: Raman and Erbium-doped fiber amplifiers, semiconductor optical amplifier (SOA), parametric processes and parametric amplification
- Optical fiber sensors: introduction to fiber-optics sensing, distributed Raman and Brillouin sensors, fiber-Bragg grating sensors

Laboratory of photonic amplification and components

- Using a power meter, using a pin photodiode and an avalanche photodiode
- Measurements of wavelength-independent parameters in optical passive components
- Using the optical spectrum analyser in optical component measurements
- Characterising a laser
- Measurements of amplifier gain and saturation



- The amplifier optical noise figure: measurement basics
- Characterizing an EDFA
- Component linewidth characterisation: optical homodyne and heterodyne measurements
- Dynamic measurement with an oscilloscope and electric spectrum measurements

Course structure

9 credits consisting in teaching and exercises. The final exam will be a written exam.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Fundamentals of signals, systems and networks

Modalità di verifica finale: Written

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Optical amplification and sensing	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Optical communication theory and techniques (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Optical communication theory and techniques

Obiettivi formativi: 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 highperformance optical transmitters and receivers and their noise properties are also outlined.

Syllabus

1. Digital transmission theory

a) Data transmission over Gaussian channels

b) System design for band-limited channels

c) Channel and line coding

d) Adaptive equalization

2. Fundamentals of optical communications

a) Optical transmitters and modulation formats

b) Impact of fiber linear and nonlinear transmission impairments

c) Optical receivers and noise

Obiettivi formativi in Inglese: 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 highperformance optical transmitters and receivers and their noise properties are also outlined.

Syllabus

1. Digital transmission theory

a) Data transmission over Gaussian channels

b) System design for band-limited channels

c) Channel and line coding

d) Adaptive equalization

2. Fundamentals of optical communications

a) Optical transmitters and modulation formats

b) Impact of fiber linear and nonlinear transmission impairments

c) Optical receivers and noise

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Fundamentals of signals, systems and networks

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese



Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Optical communication theory and techniques	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Packet switching and processing architectures (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Packet switching and processing architectures

Obiettivi formativi: Obiettivi

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 commutazione di pacchetto, presentandone gli schemi principali con relativa analisi delle prestazioni e le problematiche associate. Di seguito vengono affrontati i problemi di lookup e classificazione, presentando i più noti algoritmi attualmente in uso. Infine viene trattato il tema delle misure e monitoraggio di traffico ad elevate prestazioni attraverso l'uso di strutture dati probabilistiche (quali Bloom Filter e opportune varianti).

Syllabus

- 1) Generalità sui sistemi di commutazione (circuito/pacchetto)
- 2) Reti di interconnessione
 - a. Proprietà fondamentali delle reti di interconnessione
 - b. Reti multistadio
 - c. Reti di Clos
 - i. Reti strettamente non bloccanti e riarrangiabili
 - ii. Strutture ricorsive per la costruzione di reti di Clos
 - d. Reti autoinstradanti (reti Banyane)
- 3) Architetture di commutazione di pacchetto
 - a. Output Queued Switches (OQ)
 - i. Ritardo medio e throughput massimo
 - b. Input Queued Switches (IQ)
 - i. Il problema dell'Head Of the Line blocking (HOL)
 - ii. Virtual Output Queueing
 - iii. Algoritmi di Scheduling (MWM, MSM, etc.)
 - c. Combined Input-Output queueing (CIOQ) ed emulazione di OQ
- 4) Lookup e classificazione di pacchetti
 - a. Algoritmi di Exact/Prefix match:
 - i. Unibit e Multibit Trie
 - ii. Lulea-Compressed Tries
 - iii. Tree bitmap
 - b. Schemi mono/multi dimensionali di classificazione di pacchetti
- 5) Misure e monitoraggio di traffico
 - a. Cattura di traffico
 - b. Elaborazione dei pacchetti "on-the-wire"
 - c. Tecniche probabilistiche per applicazioni di monitoraggio ad elevate prestazioni

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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 lookup and classification by presenting main algorithms currently in use. Finally, the course addresses the topic of traffic measurements and monitoring by introducing the main probabilistic techniques (mainly Bloom filters and their variations) to improve performance on high-speed links.

Syllabus

- 1) Basics on switching paradigms (circuit/packet switching)
- 2) Switching fabrics
 - a. Basic properties of Interconnection Networks
 - b. Multistage Networks
 - c. Clos Networks
 - i. Strictly and Rearrangeably non blocking networks
 - ii. Recursive construction of Clos networks
 - d. Self-routing (Banyan) Networks
- 3) Packet switching architectures
 - a. Output Queued Switches (OQ)
 - i. Average delay and maximum throughput
 - b. Input Queued Switches (IQ)
 - i. Head Of the Line blocking (HOL)
 - ii. Virtual Output Queueing
 - iii. Scheduling (MWM, MSM, etc.)
 - c. Combined Input-Output queueing (CIOQ) and OQ emulation
- 4) Packet Lookup and Classification
 - a. Exact/Prefix match lookup algorithms
 - i. Unibit and MultibitTrie
 - ii. Lulea-Compressed Tries
 - iii. Tree bitmap
 - b. Mono/Multi dimensional packet classification
- 5) Traffic Measurements/Monitoring
 - a. Packet capturing
 - b. On-the-wire packet processing
 - c. Probabilistic techniques for high performance monitoring applications

Exam consists of an oral colloquium including the discussion on a simple project that will be assigned during class time.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Ingegneria del Traffico, Network management and configuration



Modalità di verifica finale: Written, including lab, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Packet switching and processing architectures	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel and distributed algorithms (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Parallel and distributed algorithms

Obiettivi formativi: 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.

Syllabus

- 1) Modelli di calcolo
 - a. Il modello PRAM
 - b. Reti a parallelismo fissato, BSP
 - c. Il modello distribuito
- 2) Tecniche di progetto e analisi di algoritmi paralleli:
 - a. Somme prefisse, List ranking, Euler tour.
 - b. Altre tecniche e problemi difficilmente parallelizzabili
- 3) Tecniche di progetto e analisi di algoritmi distribuiti:
 - a. La complessità della comunicazione
 - b. Algoritmi di controllo
 - c. Algoritmi fault tolerant
 - d. Manipolazioni di dati distribuiti
- 4) Esempi classici:
 - a. Coordinazione e controllo
 - b. Broadcast e Spanning Tree.
 - c. Calcolo su alberi: Saturazione e valutazione di funzioni.
 - d. L'elezione su anello e altre reti.
 - e. Routing

Obiettivi formativi in Inglese: The course introduces the main algorithmic techniques related to parallel and distributed computational models. In particular, we will define the most common complexity concepts useful to analyze these models and their computational limits, and we will introduce the necessary tools to deal with the design and analysis of distributed and parallel algorithms.

Syllabus

- 1) Computational models:
 - a. The PRAM model
 - b. The BSP model
 - c. The distributed model
- 2) Basic techniques for the design and analysis of parallel algorithms:
 - a. Prefix sums, List ranking, Euler tour.
 - b. Other techniques, and problems hard to parallelize
- 3) Basic techniques for the design and analysis of distributed algorithms:
 - a. Communication complexity
 - b. Control algorithms
 - c. Fault tolerant algorithms
 - d. Distributed data
- 4) Classic problems:
 - a. Coordination and control
 - b. Broadcast and Spanning Tree
 - c. Computation on trees: Saturations and functions' evaluation
 - d. Election on the ring and in arbitrary networks
 - e. Routing

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Algorithm Engineering.

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel and distributed algorithms	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel and distributed applications (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Parallel and distributed applications

Obiettivi formativi: 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.

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

L'esame consiste in una prova orale e nella discussione di un progetto sviluppato durante il corso.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

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

Oral exam and discussion of a laboratory project to be developed during the course.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: High Performance Computing.

Modalità di verifica finale: Project and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel and distributed applications	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	laboratorio e/o esercitazioni

Parallel and distributed systems: paradigms and models (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Parallel and distributed systems: paradigms and models

Obiettivi formativi: Aim

The course aims at providing a mix of foundations and advanced knowledge in the field of parallel computing specifically targeting data intensive applications. A first part of the course will provide the necessary background related to the parallel hardware, from multicore to accelerators up to distributed systems such as clusters and cloud. Then the principles of parallel computing will be addressed, including measures characterizing parallel computations, mechanisms and policies supporting parallel computing and typical data intensive patterns. Eventually a survey of existing programming frameworks will be included, aimed at preparing the students to use and exploit the more modern and advanced framework currently used in both research and production institutions. As a result, the student attending the course will be given a general perspective of the parallel computing area as well as a comprehensive survey of the currently available frameworks for data intensive computing. The whole set of arguments will be complemented with practical exercises, in class—according to the bring your own device principle—or as homework assignments. The correct and timely production of assignment solutions will constitute the final written essay needed to access the oral part of the exams. The student may choose to prepare a more consistent final project as substitute of the assignment exercises. The different programming frameworks used in the course will be introduced detailing the main features and usage patterns, leaving to the student the task of learning the low level syntactic details (under the supervision of the professors) as part of the homework assignments.

Contents

Evolution of computing devices from sequential to parallel (1.5 ETCS): introduction to multicore, general purpose many core, accelerators, clusters and cloud architectures.

Principles of parallel computing (4.5 ETCS): measures of interest (time and power), horizontal and vertical scalability, communication/sharing and synchronization mechanisms, concurrent activities (processes, threads, kernels) , vectorization, typical patterns for data intensive parallel computing. Lab exercise and assignments using OpenMP, TBB, FastFlow, MPI.

Advanced parallel & distributed computing frameworks for data intensive applications (3 ETCS): GPU, data stream processing and data intensive programming frameworks. Lab exercise and assignments using CUDA/OpenCL, Hadoop, Spark, Storm.

Obiettivi formativi in Inglese: Aim

The course aims at providing a mix of foundations and advanced knowledge in the field of parallel computing specifically targeting data intensive applications. A first part of the course will provide the necessary background related to the parallel hardware, from multicore to accelerators up to distributed systems such as clusters and cloud. Then the principles of parallel computing will be addressed, including measures characterizing parallel computations, mechanisms and policies supporting parallel computing and typical data intensive patterns. Eventually a survey of existing programming frameworks will be included, aimed at preparing the students to use and exploit the more modern and advanced framework currently used in both research and production institutions. As a result, the student attending the course will be given a general perspective of the parallel computing area as well as a comprehensive survey of the currently available frameworks for data intensive computing. The whole set of arguments will be complemented with practical exercises, in class—according to the bring your own device principle—or as homework assignments. The correct and timely production of assignment solutions will constitute the final written essay needed to access the oral part of the exams. The student may choose to prepare a more consistent final project as substitute of the assignment exercises. The different programming frameworks used in the course will be



Regolamento Informatica e networking

introduced detailing the main features and usage patterns, leaving to the student the task of learning the low level syntactic details (under the supervision of the professors) as part of the homework assignments.

Contents

Evolution of computing devices from sequential to parallel (1.5 ETCS): introduction to multicore, general purpose many core, accelerators, clusters and cloud architectures.

Principles of parallel computing (4.5 ETCS): measures of interest (time and power), horizontal and vertical scalability, communication/sharing and synchronization mechanisms, concurrent activities (processes, threads, kernels), vectorization, typical patterns for data intensive parallel computing. Lab exercise and assignments using OpenMP, TBB, FastFlow, MPI.

Advanced parallel & distributed computing frameworks for data intensive applications (3 ETCS): GPU, data stream processing and data intensive programming frameworks. Lab exercise and assignments using CUDA/OpenCL, Hadoop, Spark, Storm.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Project and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel and Distributed Systems: paradigms and models	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Parallel scientific computing (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Parallel scientific computing

Obiettivi formativi: This course introduces high performance computing algorithms which an emphasis on using distributed memory systems for scientific computing. The topics include:

- Iterative methods for linear systems.
- Synchronous and asynchronous iterative methods for linear systems.
- Iterative methods for non linear systems.
- Synchronous and asynchronous iterative methods for non linear systems.

-- Applications: linear systems, graph theory and network analysis.

Obiettivi formativi in Inglese: This course introduces high performance computing algorithms which an emphasis on using distributed memory systems for scientific computing. The topics include:

- Iterative methods for linear systems.
- Synchronous and asynchronous iterative methods for linear systems.
- Iterative methods for non linear systems.
- Synchronous and asynchronous iterative methods for non linear systems.

-- Applications: linear systems, graph theory and network analysis.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: High Performance Computing.

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Parallel scientific computing	6	MAT/08 ANALISI NUMERICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Peer to Peer Systems and Blockchains (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Peer to Peer Systems and Blockchains

Obiettivi formativi: Introduction of the basic technologies for the development of highly distributed systems and some real scenarios exploiting them. Presentation of the disruptive technology of blockchains, and of its numerous applications to different fields.

Syllabus

- P2P Topologies (2 + 1/2 credits)
 - o Peer to Peer (P2P) systems: general concepts
 - o Unstructured Overlays: Flooding, Random Walks, Epidemic Diffusion
 - o Structured Overlays: Distributed Hash Tables (DHT), Routing on a DHT
 - o Case Studies: Bittorrent as a Content Distribution Network: KAD implementation of the Kademia DHT, game-based cooperation
- Complex Network for the analysis of P2P systems (1/2 credits)
 - o Network models
 - o Random Graphs and Small Worlds
 - o Small World navigability: Watts Strogatz and Kleinberg.



- o Complex networks navigability
- Cryptocurrencies and Blockchains (3 credits)
- o Basic concepts:
- o review of basic cryptographic tools (digital signatures, cryptographic hash, Merkle trees...), blockchains: definitions, distributed consensus: definitions,
- o The Bitcoin blockchains
- o Nakamoto consensus
- o Bitcoin mining mechanism, fraudulent mining.
- o pseudoanonymity: traceability and mixing
- o The Bitcoin P2P Network
- o Bitcoin ecosystem
- o scalability issues
- o applications and security
- o Bitcoin Extensions/alternatives: altcoins, sidechains, the
- o StellarConsensus Protocol
- o Applications of blockchains
- o Ethereum: programming smart contracts
- o Blockchain 1.0: cryptocurrencies
- o Blockchain 2.0: financial instruments built on cryptocurrencies
- o Blockchain 3.0: applications beyond cryptocurrencies (DNS, lotteries, voting, IoT...)

Obiettivi formativi in Inglese: Introduction of the basic technologies for the development of highly distributed systems and some real scenarios exploiting them. Presentation of the disruptive technology of blockchains, and of its numerous applications to different fields.

Syllabus

- P2P Topologies (2 + 1/2 credits)
- o Peer to Peer (P2P) systems: general concepts
- o Unstructured Overlays: Flooding, Random Walks, Epidemic Diffusion
- o Structured Overlays: Distributed Hash Tables (DHT), Routing on a DHT
- o Case Studies: Bittorrent as a Content Distribution Network: KAD implementation of the Kademia DHT, game-based cooperation
- Complex Network for the analysis of P2P systems (1/2 credits)
- o Network models
- o Random Graphs and Small Worlds
- o Small World navigability: Watts Strogatz and Kleinberg.
- o Complex networks navigability
- Cryptocurrencies and Blockchains (3 credits)
- o Basic concepts:
- o review of basic cryptographic tools (digital signatures, cryptographic hash, Merkle trees...), blockchains: definitions, distributed consensus: definitions,
- o The Bitcoin blockchains
- o Nakamoto consensus
- o Bitcoin mining mechanism, fraudulent mining.
- o pseudoanonymity: traceability and mixing
- o The Bitcoin P2P Network
- o Bitcoin ecosystem
- o scalability issues
- o applications and security
- o Bitcoin Extensions/alternatives: altcoins, sidechains, the
- o StellarConsensus Protocol
- o Applications of blockchains
- o Ethereum: programming smart contracts
- o Blockchain 1.0: cryptocurrencies
- o Blockchain 2.0: financial instruments built on cryptocurrencies
- o Blockchain 3.0: applications beyond cryptocurrencies (DNS, lotteries, voting, IoT...)

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Didactic project or written exam + oral proof.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Peer to peer systems and blockchains	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Performance and design issues of wireless networks (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Performance and design issues of wireless networks

Obiettivi formativi: Obiettivi

Gli obiettivi del corso sono la presentazione dell'evoluzione dell'architettura delle reti cellulari, delle tecnologie maggiormente diffuse per reti wireless LAN, MAN e PAN, 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.

Syllabus

1) Concetti base per lo studio di reti wireless

- a. Propagazione e interferenza
- b. tecniche di moltiplicazione e di accesso multiplo
- c. classificazione delle diverse tecnologie wireless

2) Reti radiomobili

- a. Organizzazione generale di una rete radiomobile
- b. Architettura di una rete GSM e UMTS
- c. Il protocollo SIP e l'architettura IMS (IP Multimedia Subsystem)



Regolamento Informatica e networking

- d. Aspetti di progettazione delle reti radiomobili
- 3) Reti Wireless LAN
 - a. Lo standard IEEE 802.11
 - b. Modi operativi delle reti IEEE 802.11
 - c. Distributed Coordination Function e Point Coordination Function
 - d. Evoluzione dei sistemi 802.11
 - e. Aspetti prestazionali e di progetto delle reti IEEE 802.11
- 4) Reti WiMAX
 - a. Architettura di una rete WiMAX
 - b. Lo standard IEEE 802.16
- 5) Wireless Mesh Networks (WMN)
 - a. Architettura di una WMN
 - b. Aspetti prestazionali e di progetto di WMN basata su tecnologia IEEE 802.11
 - c. La pianificazione dei canali radio
 - d. Capacità
 - e. Protocolli di Routing
 - f. Protocolli di Trasporto
 - g. Aspetti di Fairness
 - h. Aspetti di QoS
 - i. Il gruppo di lavoro IEEE 802.11s
- 6) Wireless Personal Area Networks (WPAN)
 - a. Rete Bluetooth
 - b. Rete ZigBee
 - c. problemi di interferenza fra sistemi Bluetooth, ZigBee e IEEE 802.11 in banda ISM a 2.4 GHz

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Cellular Networks
 - a. General structure of a cellular network
 - b. GSM network Architetture
 - c. UMTS network Architetture
 - d. Mobility and session management in cellular networks
- 2) Wireless LAN
 - a. The standard IEEE 802.11
 - b. Operative modes of IEEE 802.11 networks
 - c. Distributed Coordination Function and Point Coordination Function
 - d. IEEE 802.11 systems evolution
 - e. Security threats and solutions in IEEE 802.11 networks
- 3) WiMAX Networks
 - a. WiMAX network architecture
 - b. The standard IEEE 802.16
- 4) Wireless Mesh Networks (WMN)
 - a. MAC protocols
 - b. Capacity
 - c. Routing protocols
 - d. Transport protocols
 - e. Fairness issues
 - f. QoS, Security and Management issues
 - g. The working group IEEE 802.11s
- 5) Lab activity
 - a. Design issues of cellular networks
 - 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

Oral exam.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Ingegneria del Teletraffico, Network management and configuration

Modalità di verifica finale: oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Performance and design issues of wireless networks	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	laboratorio e/o esercitazioni

Pervasive computing (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Pervasive computing

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 1. modelli di pervasive/ubiquitous computing



2. ambient intelligence,
3. context-awareness,
4. human-centered computing,
5. sentient computing,
6. analisi e valutazione di tecnologie, sistemi e framework,
7. studio di casi

Struttura del corso

6 CFU. L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. models for pervasive/ubiquitous computing
2. ambient intelligence,
3. context-awareness,
4. human-centered computing,
5. sentient computing,
6. analysis and evaluation of technologies, systems and frameworks,
7. case studies.

Course structure

6 CFUs. Exam consists in a written and an oral part.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Pervasive computing	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali

Photonic switching (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Photonic switching

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 1) Semiconduttori per la fotonica
 - a. Proprietà ottiche dei semiconduttori.
 - b. LEDs.
 - c. Propagazione ottica guidata e cavità, perdite e condizione di soglia.
 - d. Laser DBR, DFB, VCSEL, quantum cascaded, a microcavità.
 - e. Parametri-chiave di progetto e meccanismi di degradazione nei laser a semiconduttore.
 - f. Amplificatori ottici a semiconduttore.
 - g. Ricevitori PIN ed a effetto-valanga.
- 2) Fotonica passiva e dispositivi funzionali integrati
 - a. Ottica guidata integrata.
 - b. Dispositivi passivi integrati.
 - c. Dispositivi funzionali integrati.
 - d. Dispositivi non lineari.
- 3) Tecniche di deposizione e di crescita di semiconduttori composti.
 - a. Ossidazione, sputtering, evaporazione.
 - b. CVD "Plasma enhanced" e "low-pressure".
 - c. Epitassia a fase liquida (LPE/) e a fase di vapore (VPE/MOCVD).
 - d. Epitassia a fascio molecolare.(MBE).
- 4) Strumenti di lavorazione/produzione
 - a. Litografia (a fascio di elettroni, a fascio laser, ottica), metallizzazione.
 - b. Tecniche di incisione "umide" e "a secco".
 - c. Tecniche di impiantazione ionica, diffusione, annealing.
 - d. Packaging dei dispositivi.
- 5) Caratterizzazione e testing dei materiali/dispositivi
 - a. Strumentazione per la caratterizzazione dei materiali (diffrazione ai raggi x, foto-luminescenza, misure basate su effetto Hall, tecniche di spettroscopia e microscopia).
 - b. Strumentazione per la caratterizzazione di dispositivi, esempi di setup per testing.
- 6) Dispositivi a cristalli fotonici
 - a. Principi di base
 - b. PCD a una, due e tre dimensioni: tipologia, tecniche di fabbricazione e di caratterizzazione.
- 7) Tecnologie per la fibra ottica
 - a. Tecnologia per fibre step- e graded-index.
 - b. Fibre microstrutturate.
 - c. Dispositivi in fibra.
 - d. Amplificatori ottici in fibra.



- e. Sensori in fibra ottica.
- f. Accoppiamento in fibra
- 8) Tecnologia per il vetro-su-Silicio.
- 9) Commutazione a rotazione di polarizzazione in una fibra altamente non lineare (HNLF).
- 10) Inversione di segnale con XGM in un SOA.
- 11) Caratterizzazione di un impulso di un laser mode-locked.
- 12) Caratterizzazione di un NOLM mediante impulsi ottici.
- 13) Porta logica ottica AND mediante HNLF
- 14) Generazione di pacchetti RZ.

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.

Obiettivi formativi in Inglese: 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.

Syllabus

- 1) Semiconductors for Photonics
 - a. Optical Properties of Semiconductors.
 - b. LEDs.
 - c. Optical guiding and cavities, losses and threshold condition.
 - d. DBR lasers, DFB lasers, VCSELs, quantum-cascaded lasers, microcavity lasers.
 - e. Key design parameters and degradation mechanisms in semiconductor lasers.
 - f. Semiconductor optical amplifiers.
 - g. PIN and avalanche receivers.
- 2) Photonic Passive and Functional Integrated Devices
 - a. Integrated guided optics.
 - b. Passive integrated devices.
 - c. Functional integrated devices.
 - d. Nonlinear devices.
- 3) Deposition and Compound Semiconductors Growth Techniques
 - a. Oxidation, sputtering, evaporation.
 - b. "Plasma enhanced" and "low-pressure" CVD.
 - c. Liquid-phase (LPE) and vapour-phase (VPE/MOCVD) epitaxy.
 - d. Molecular beam epitaxy (MBE).
- 4) Processing/Manufacturing Devices
 - a. Lithography (electron-beam lithography, laser-beam lithography, optical lithography) and metallization.
 - b. "wet" e "dry" etching techniques.
 - c. Ion implantation techniques, diffusion, annealing.
 - d. Device packaging.
- 5) Material/Device Testing and Characterization
 - a. Characterization equipment for materials (x-ray diffraction, photo-luminescence, Hall measurements, spectroscopy and microscopy techniques).
 - b. Characterization equipment for devices, examples of test setup.
- 6) Photonic Crystals Devices
 - a. Basic principles.
 - b. One-, two-, and three-dimensional PCD: typology, fabrication and characterization techniques.
- 7) Optical Fiber Technologies
 - a. Step- and graded-index fiber technology.
 - b. Micro-structured Fibers.
 - c. Fibre devices.
 - d. Optical fiber amplifiers.
 - e. Optical fiber sensors.
 - f. Fiber-guide coupling.
- 8) Glass-on-Silicon Technology.
- 9) Polarisation switching in a highly nonlinear fibre.
- 10) Signal inversion through XGM in a SOA.
- 11) Mode locked pulse characterization.
- 12) NOLM characterization through optical pulses.
- 13) AND photonic logic gate in a HNLF.
- 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.

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Propedeuticità: Fundamentals of signals, systems and networks

Modalità di verifica finale: Written, including lab, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Photonic switching	9	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Principles for software composition (9 CFU)

Denominazione in Inglese: Principles for software composition



Obiettivi formativi: This course introduces concepts and techniques in the study of advanced programming languages, as well as their formal logical underpinnings. The central theme is the view of individual programs and whole languages as mathematical entities about which precise claims may be made and proved. The course will cover the basic techniques for assigning meaning to programs with higher-order, concurrent and probabilistic features (e.g., domain theory, logical systems, well-founded induction, structural recursion, labelled transition systems, Markov chains, probabilistic reactive systems) and for proving their fundamental properties, such as termination, normalisation, determinacy, behavioural equivalence and logical equivalence. In particular, some emphasis will be posed on modularity and compositionality, in the sense of guaranteeing some property of the whole by proving simpler properties of its parts. Emphasis will be placed on the experimentation of the introduced concepts with state-of-the-art tools.

- Introduction and background [1 CFU]
- Induction and recursion, partial orders, fixed points, lambda-notation [1 CFU]
- Functional programming with Haskell and analysis of higher-order functional languages [1 CFU theory and 1 CFU exercises and experimentation]
- Concurrent programming with Google Go and Erlang and analysis of concurrent and non-deterministic systems [2 CFU theory and 1 CFU exercises and experimentation]
- Code orchestration with Orc and analysis of coordination languages [1 CFU theory and experimentation]
- Models and analysis of probabilistic and stochastic systems [1 CFU theory and experimentation]

Obiettivi formativi in Inglese: This course introduces concepts and techniques in the study of advanced programming languages, as well as their formal logical underpinnings. The central theme is the view of individual programs and whole languages as mathematical entities about which precise claims may be made and proved. The course will cover the basic techniques for assigning meaning to programs with higher-order, concurrent and probabilistic features (e.g., domain theory, logical systems, well-founded induction, structural recursion, labelled transition systems, Markov chains, probabilistic reactive systems) and for proving their fundamental properties, such as termination, normalisation, determinacy, behavioural equivalence and logical equivalence. In particular, some emphasis will be posed on modularity and compositionality, in the sense of guaranteeing some property of the whole by proving simpler properties of its parts. Emphasis will be placed on the experimentation of the introduced concepts with state-of-the-art tools.

- Introduction and background [1 CFU]
- Induction and recursion, partial orders, fixed points, lambda-notation [1 CFU]
- Functional programming with Haskell and analysis of higher-order functional languages [1 CFU theory and 1 CFU exercises and experimentation]
- Concurrent programming with Google Go and Erlang and analysis of concurrent and non-deterministic systems [2 CFU theory and 1 CFU exercises and experimentation]
- Code orchestration with Orc and analysis of coordination languages [1 CFU theory and experimentation]
- Models and analysis of probabilistic and stochastic systems [1 CFU theory and experimentation]

CFU: 9

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Principles for software composition	9	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Programming tools for parallel and distributed systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Programming tools for parallel and distributed systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

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

L'esame consiste in una prova scritta ed una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

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

Exam consists in a written and an oral part.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Programming tools for parallel and distributed systems	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Real-time systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Real-time systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso introduce i meccanismi di kernel e le tecniche per aumentare la predicibilità dei sistemi controllati da computer.

Syllabus

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.
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.
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.
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.
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.

Struttura del corso

6 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova orale.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

The course introduces kernel mechanisms and analysis techniques for increasing the predictability of computer controlled systems.

Syllabus

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.
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.
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.
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.
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

Course structure

6 credits consisting of front lectures, exercise, laboratory and project. Exam consists in a colloquium concerning course concepts.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Real-time systems	6		Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni



Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
		ING-INF/05 SISTEMI DI ELABORAZIONE DELLE INFORMAZIONI		

Reliability (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Reliability

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

1. Definizione di affidabilità, availability, reliability, mean time to failure, mean time between failure, mean time to repair.
2. Basi matematiche: Teoria della Probabilità. Catene di Markov.
3. L'analisi combinatoria applicata alla teoria dell'affidabilità.
4. 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.
5. Metodi probabilistici per l'analisi dell'affidabilità in regime stazionario.
6. Metodi basati sulle catene di Markov per l'analisi dell'affidabilità in transitorio

Struttura del corso

6 crediti consistenti in lezioni frontali, esercitazioni e laboratorio. L'esame consiste in una prova scritta.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

1. Availability, reliability, mean time to failure, mean time between failure, mean time to repair definitions.
2. Mathematical background: probability theory, Markov chains.
3. Combinatorial analysis applied to reliability theory.
4. System availability. Two-terminal, k-terminal, all-terminal reliability. Methods for reliability computation based on graphs and graph reductions.
5. Probabilistic methods for availability analysis in stationary regime .
6. Probabilistic methods for availability analysis in transient regime.

Course structure

6 credits consisting in teaching and exercises. The final exam will be a written exam.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Reliability	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Routing Architectures and Protocols Lab (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Routing Architectures and Protocols Lab

Obiettivi formativi: Obiettivi: Il modulo fornisce le conoscenze necessarie per la progettazione e la realizzazione di politiche di routing di tipo inter-dominio (fra più Autonomous System). Sono richiamati i concetti di base per la configurazione, la gestione e il monitoraggio dello stato di funzionamento dei router Juniper e sono affrontati in modo approfondito gli aspetti teorici e pratici relativi alla realizzazione di reti con protocolli di routing di tipo EGP (BGP) e alla implementazione di servizi e funzionalità avanzate (Stateful Firewall, NAT/PAT, IPSec VPN, QoS). Sono previste sia lezioni teoriche, sia esercitazioni sperimentali che offrono agli studenti la possibilità di utilizzare router Juniper.

Il corso fornisce la preparazione necessaria per sostenere la prova di certificazione JNCIS-ER (Juniper Networks Certified Internet Specialist – Enterprise Routing).

Programma di massima

Le Policy in JUNOS. Introduzione alle Policy e al linguaggio per la scrittura di una Policy. Modalità di valutazione di una Policy. Analisi dei diversi tipi di Policy: Routing Policy, Firewall Policy.
(L: 4)

Il protocollo di routing BGP. Introduzione generale al BGP. Differenze fra IBGP e EBGP. Implementazione dell'IBGP e dell'EBGP. Interazione fra protocolli di routing di tipo IGP e il BGP.
(L: 4)

Politiche di routing di tipo "Enterprise". Progettazione implementazione del BGP in una rete di tipo "Enterprise". Analisi di un caso reale: Realizzazione di una politica di routing con utilizzo di tipo: "Primary/Secondary".
(L: 4; Lab: 8)

Strategie di transizione per protocolli di routing di tipo IGP. Transizione di tipo Overlay. Transizione con redistribuzione delle route. Transizione integrata.
(L: 2; Lab: 2)



Servizi del sistema operativo JUNOS. Introduzione ai servizi JUNOS. Servizi a livello 2. Servizi a livello 3. Firewall di tipo "stateful". Configurazione delle regole per la realizzazione di un firewall di tipo "stateful". NAT. Configurazione delle regole per la realizzazione di un NAT. Implementazione di un firewall di tipo "stateful" con funzioni di NAT. Monitoraggio di un firewall di tipo "stateful" e di un NAT. Realizzazione di una Virtual Private Network mediante IPSec. Configurazione e monitoraggio di una VPN IPSec.

(L: 4; Lab: 8)

Qualità del servizio in reti IP. Il concetto di "Class-of-Service". Progettazione di un'architettura di rete con supporto della Qualità del Servizio (QoS) a livello IP. Configurazione dei principali componenti per la QoS di tipo Differentiated Services (DiffServ): DSCP Marker, Classificatori, Scheduler, Policer, Shaper. Monitoraggio di un router con architettura DiffServ e analisi dei malfunzionamenti.

(L: 4; Lab: 4)

Obiettivi formativi in Inglese: Aims

The course is aimed to provide the fundamental knowledge to understand the key concepts and the functional components necessary to design and implement inter-domain routing. Basic concepts concerning the configuration, management and monitoring of Juniper Networks router are recalled. Moreover, the course deals with theoretical and practical topics, such as the design and deployment of networks with EGP (BGP) routing protocols or the implementation of advanced services and functionalities (Stateful firewall, NAT/PAT, IPSec VPNs, QoS). Traditional lectures are coupled with laboratory experiments which provides students with the possibility to work with Juniper Networks routers.

The course includes the topics for the Juniper Networks Certified Internet Specialist (JNCIS-ER) exam.

Contents

JUNOS Policy. Policy language and policy evaluation process overview. Routing policy. Firewall policy.

(L:4)

BGP routing protocol. BGP overview. IBGP implementation. EBGP implementation. BGP-IGP interaction.

(L:4)

Enterprise routing policies. Design and deployment of BGP in an enterprise network. Case Study: primary/secondary routing policy.

(L:4; Lab:8)

Transitioning between IGP routing protocols. Transition methodologies overview. Overlay transition. Route redistribution transition. Integrated transition.

(L:2; Lab:2)

JUNOS services. Introduction to JUNOS services. Layer 2 services configuration. Layer 3 services configuration. Stateful firewall and NAT. applications. Configuring stateful firewall rules. Configuring NAT rules. Implementing and monitoring stateful firewall and NAT. IPSec VPN overview. IPSec VPN configuration, implementation and monitoring.

(L:4; Lab:8)

Quality of Service in IP networks. Class of Service overview. Design of a network with QoS support at IP level. Differentiated Services architecture overview. DSCP marker. Traffic classification. Traffic queuing. Traffic scheduling. Troubleshooting.

(L:4; Lab:4)

Examinations. Form of assessment:

Oral Examination with lab test.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral exam and assessment of lab activities.

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Routing Architectures and Protocols Lab	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Security methods and verification (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Security methods and verification

Obiettivi formativi: The course is meant to provide a broad overview of security in networking systems and software applications. With the students, we will explore the theoretical foundations of security, and the formal methodologies used to design, analyse and verify secure systems and applications. Experimental aspects are addressed, too.

Lectures cover the following topics and are also based on a series of research papers.

- Language based security
- Design principles for security protocols
- Information flow security
- Java security, Stack inspection and access control
- Web-application security

At the end, students should have acquired a security-aware way of thinking to systems; they should understand which are the main issues and which are the ways to increase systems security, by co-designing it with the systems, from the very beginning. The course will introduce some notions and problems that concern the security of net applications and will present some formalisms and techniques to address them.

Obiettivi formativi in Inglese: The course is meant to provide a broad overview of security in networking systems and software applications. With the students, we will explore the theoretical foundations of security, and the formal methodologies used to design, analyse and verify secure systems and applications. Experimental aspects are addressed, too.

Lectures cover the following topics and are also based on a series of research papers.

- Language based security
- Design principles for security protocols
- Information flow security



Regolamento Informatica e networking

- Java security, Stack inspection and access control
- Web-application security

At the end, students should have acquired a security-aware way of thinking to systems; they should understand which are the main issues and which are the ways to increase systems security, by co-designing it with the systems, from the very beginning. The course will introduce some notions and problems that concern the security of net applications and will present some formalisms and techniques to address them.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written and oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Security methods and verification	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Software verification methods (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Software verification methods

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

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

Struttura del corso.

6 CFU. L'esame consta di una prova orale ed eventualmente di un progetto didattico.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

Verification algorithms: linear and branching temporal logics, omega automata, equivalences.

State explosion: symbolic data structures, automatic abstraction, compositional reasoning.

Case studies

Course structure

6 CFUs. Exam consists in an oral test and possibly of a small project.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Software verification methods	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Survey for the final thesis (3 CFU)

Denominazione in Inglese: Survey for the final thesis

Obiettivi formativi: Attività di ulteriore supporto per lo studente alla preparazione della tesi di laurea.

Obiettivi formativi in Inglese: Activity in support of the student for the thesis preparation.

CFU: 3

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Survey for the final thesis	3	NN No settore	Altre attività - prova finale	altro



System virtualization (6 CFU)

Denominazione in Inglese: System virtualization

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 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 macchine 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.

Struttura del corso

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.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Virtualization approaches
 - a. Levels of applications, operating system, physical machine
 - b. Virtualization methodologies: simulation, binary code translation, para-virtualization
 - c. Virtualization cost 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 exercises (trap-and-emulate, interposition at OS level, ...)
- 5) Interrelations between virtualization and security.

Course structures

6 CFUs, with laboratory experiences. Exam consists of an oral test with discussion of a simple project.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral and project

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
System virtualization	6	INF/01 INFORMATICA	Caratterizzanti	lezioni frontali + esercitazioni

Virtual network environments (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Virtual network environments

Obiettivi formativi: Obiettivi

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.

Syllabus

- 1) Aspetti teorici
 - a. Concetti generali



- b. Introduzione agli Ambienti Virtuali
 - c. Grafica interattiva per Ambienti Virtuali
 - d. Pipeline OpenGL e Shaders
 - e. Fisica in tempo reale
 - f. Motion Tracking
 - g. Interazione
 - h. Dispositivi a ritorno di forza
 - i. Architetture per Ambienti Virtuali interconnessi
 - j. Traffico dati e implicazioni delle latenze
 - k. Arbitraggio degli eventi
 - l. Compressione geometrica
- 2) Sviluppo ed esercitazioni pratiche
- a. Architetture software per Ambienti Virtuali
 - b. Introduzione ai tools di sviluppo
 - c. Creazione di contenuti 3D
 - d. Equipment e relativa tecnologia
 - e. Il task dell'integrazione, profiling e debugging
 - f. Test di comunicazione di rete in Ambienti Virtuali interconnessi

Struttura del corso

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.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

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.

Syllabus

- 1) Virtual Environments theory
- a. General concepts
 - b. Introduction to Virtual Environments
 - c. Real-Time computer graphics for VEs
 - d. OpenGL fixed pipeline & 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. Geometric data compression
- 2) Development & 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

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.

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Written, including project, and oral exam

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Virtual network environments	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Web security (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Web security

Obiettivi formativi: Obiettivi

In questo corso si trattano gli aspetti salienti dei problemi relativi alla sicurezza nell'uso delle applicazioni web, e si vedono alcune possibili contromisure agli attacchi che possono essere portati.

Dopo una breve introduzione alle problematiche di sicurezza in generale e a quelle relative all'uso del world wide web, vengono presentati i principali tipi di attacco a cui gli utenti web sono soggetti (come il cross site scripting, o il phishing), descrivendo la struttura del software che viene tipicamente utilizzato (tramite esempi tratti da attacchi veri ma per i quali esistono delle patch ampiamente diffuse), e le azioni, gli strumenti software e le applicazioni web utilizzabili per tali attacchi. Quindi, si considerano le tipiche contromisure per prevenire o per segnalare gli attacchi descritti.

Gli attacchi considerati non si limitano a quelli che richiedono profonde conoscenze tecniche da parte degli attaccanti, ma vengono descritti anche attacchi che si basano sulle debolezze umane (social engineering).

Syllabus

- 1. Introduzione e raccolta informazioni preliminari
- 2. cross site scripting



3. cross site request forgery
4. vulnerabilita' dei protocolli internet di livello applicativo
5. attacchi incrociati
6. vulnerabilita' delle applicazioni per cloud computing
7. attacchi ai mezzi mobili
8. phishing
9. ingegneria sociale tramite web
10. attacchi ai capi
11. casi di studio

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

The course subject is to address the main problems related to a secure usage of web applications, and countermeasures for fight the possible attacks that attackers may perform.

After a short introduction to the general issues related to security, and to those related to the use of world wide web, the main attacks web users are subject to, like cross site scripting, or phishing, are presented, as well as the software that typically is used in such attacks. Such an example software is taken from real attacks performed in the past, and for which working patches exist and are widespread, but it is similar to that presently used by hackers. Besides, the actions, software tools and web applications that can be used for such attacks are presented. Finally, countermeasures typically adopted to counterfight the above attacks, or to alert about them, are given.

The attacks considered are not only those performed by technically skilled attackers: also attacks based on human weaknesses, like those known as social engineering, are part of the course.

Syllabus

1. Introduction and intelligence gathering
2. cross site scripting
3. cross site request forgery
4. internet application level vulnerabilities
5. blended attacks
6. vulnerabilities of the applications for cloud computing
7. attacks to mobile devices
8. phishing
9. social engineering through the web
10. attacks to the executives
11. case studies

Course structure

6 CFUs. Exam consists in an oral examination.

CFU: 6

Reteirabilita': 1

Propedeuticità: .

Modalità di verifica finale: Oral

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Web security	6	INF/01 INFORMATICA	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni

Wireless networks of embedded systems (6 CFU)

Denominazione in Inglese: Wireless networks of embedded systems

Obiettivi formativi: Obiettivi

Il corso presenta i principi fondamentali delle reti di sensori wireless (WSN), con un focus specifico su micro-kernel, programmazione IP e architetture orientate ai servizi. Verr  adottato l'approccio dell'Internet of Things, discutendo anche aspetti tecnologici correlati alla programmazione real-time.

Syllabus:

- Introduzione alla tecnologia WSN e sue applicazioni
- Architetture dei dispositivi e componenti
- Codifica a basso livello e sistemi operativi
- Tecniche di comunicazione wireless agli strati PHY e MAC
- Caratterizzazione di protocolli IP
- Programmazione di base per sistemi embedded
- Casi applicativi
- Astrazione di reti di sensori (db-like)
- Studi di casi: Embedded Vision, Multinode Data Aggregation
- Applicazioni reali, in particolare nel campo dell'Intelligent Transportation.

Obiettivi formativi in Inglese: Objectives

The course aims at presenting the fundamental principles of Wireless Sensor Networks, with a specific focus on micro-kernels, IP programming, and Service Oriented Architectures. The approach of the Internet of Things will be followed. Technological add-up's related to real-time programming will be also discussed.

Syllabus:

- Introduction to WSN technology and applications
 - Device architectures and components
 - Low-level coding and Operating Systems
 - Wireless Communication Techniques at PHY and MAC layer
 - Characterization of IP-level communication protocols
 - Basic programming for embedded systems
 - Networking sample applications
 - Sensor network abstraction (db-like)
 - Case studies: Embedded Vision, Multinode Data Aggregation
 - Real-world applications, notably Intelligent Transportation"
- Oral exam, plus an optional student project.



Regolamento Informatica e networking

CFU: 6

Reteirabilità: 1

Modalità di verifica finale: Oral with optional project

Lingua ufficiale: Inglese

Moduli

Denominazione	CFU	SSD	Tipologia	Caratteristica
Wireless networks of embedded systems	6	ING-INF/03 TELECOMUNICAZIONI	Affini o integrative	lezioni frontali + esercitazioni