

I4T – LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA DELLE TELECOMUNICAZIONI (Master Degree Program in Telecommunications Engineering) Corso internazionale in lingua inglese

1. CARATTERISTICHE DEL CORSO

CLASSE DI CORSO:	<i>LM-27 Ingegneria delle Telecomunicazioni</i>
NORMATIVA DI RIFERIMENTO:	<i>DM 270/2004</i>
DIPARTIMENTO DI RIFERIMENTO:	<i>Ingegneria e Scienze dell'Informazione e Matematica</i>
CAD DI RIFERIMENTO:	<i>Ingegneria delle Telecomunicazioni</i>
PERCORSI FORMATIVI:	<i>Unico</i>
DURATA:	<i>Due anni</i>
SEDE:	<i>Via Vetoio snc, Coppito 67100 L'Aquila</i>

1.1. REQUISITI DI AMMISSIONE

Possono accedere al Corso studenti che abbiano maturato per il conseguimento di una Laurea, Diploma triennale, o altro titolo riconosciuto idoneo, o in successive attività formative universitarie certificate, almeno 120 CFU complessivi nell'ambito dei seguenti gruppi di settori scientifico-disciplinari (SSD), con i limiti di volta in volta specificati:

- Numero minimo di 45 CFU per esami effettivamente sostenuti nei settori scientifico disciplinari indicati per le attività formative di base negli ambiti disciplinari delle lauree triennali afferenti alla classe L-8 ex DM 270/2004 (*INF/01, ING-INF/05, MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/06, MAT/07, MAT/08, MAT/09, SECS-S/02, CHIM/07, FIS/01, FIS/03*), di cui almeno:
 - 12 CFU nel SSD MAT/05 (Analisi matematica)
 - 6 CFU nel SSD MAT/03 (Geometria)
 - 12 CFU nel SSD FIS/01 (Fisica sperimentale) o FIS/03 (Fisica della materia)
- Possesso di un numero minimo di 55 CFU nei settori scientifico disciplinari indicati per le attività formative caratterizzanti negli ambiti disciplinari delle lauree triennali afferenti alla classe L-8 ex DM 270/2004, di cui almeno
 - 6 CFU nell'ambito Ingegneria elettronica (*ING-INF/01, ING-INF/02*),
 - 6 CFU nell'ambito Ingegneria informatica (*ING-INF/04, ING-INF/05*)
 - 18 CFU nell'ambito Ingegneria delle telecomunicazioni (*ING-INF/02, ING-INF/03*)

Il Consiglio di Area Didattica (CAD) potrà ammettere al Corso anche studenti che non rispettino pienamente i vincoli relativi all'articolazione dei crediti sopra esposta qualora, in base a valutazioni di equipollenza dei contenuti formativi riconosciuti e a eventuali verifiche delle effettive conoscenze possedute, sia possibile accertare l'adeguatezza dei requisiti curriculari posseduti. Per tali studenti il CAD fornirà indicazioni aggiuntive circa la definizione dei piani di studio. Tale osservazione è valida soprattutto per quanto riguarda l'ingresso di studenti che hanno conseguito all'estero il titolo di studio precedente. Inoltre, viene verificato il possesso di una adeguata conoscenza della lingua inglese.

Indicazioni ulteriori circa la definizione dei piani di studio saranno altresì fornite a studenti che, nel percorso formativo precedentemente seguito, dovessero avere già sostenuto esami previsti nel Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni.

2. MOTIVAZIONI CULTURALI, OBIETTIVI FORMATIVI SPECIFICI E PROSPETTIVE OCCUPAZIONALI

Il corso di laurea magistrale in **Telecommunications Engineering** - Ingegneria delle Telecomunicazioni è un corso internazionale in lingua inglese con possibilità di percorsi inter-ateneo a doppio titolo. L'obiettivo è quello di formare figure professionali con solide competenze nell'Ingegneria dell'Informazione e con preparazione specifica in una delle

aree in cui si suddivide il vasto settore disciplinare delle telecomunicazioni. A partire da una solida preparazione nelle discipline matematico-fisiche e ingegneristiche, propedeutica per l'ammissione al corso, si procede ad approfondire gli aspetti teorico-scientifici relativi ai settori disciplinari caratterizzanti e si punta a fornire le conoscenze e le competenze necessarie per sviluppare una capacità progettuale avanzata con riferimento a sistemi caratterizzati da un elevato grado di complessità e con richiesta di soluzioni innovative a livello di prodotto e/o di servizio.

In continuità con l'evoluzione degli anni recenti e tenendo conto degli ambiti professionali di riferimento, il corso di studi propone un percorso didattico privilegiato per la caratterizzazione, progettazione e gestione di infrastrutture ICT (pervasive ICT infrastructures) che forniscono il supporto alle più moderne applicazioni in rete (servizi a banda larga per gli utenti, automazione industriale, automotive, sistemi edilizi avanzati come gli smart buildings, power grid, etc.). In sostanza, si concentra l'attenzione sulla infrastruttura di rete, sempre più pervasiva, articolata ed eterogenea, che sta alla base del paradigma IoT (Internet-of-Things) e del mondo dei networked systems e dei cyber-physical systems.

Assumendo già una padronanza degli argomenti di base dei segnali, dei sistemi e delle reti di telecomunicazioni, il curriculum prevede l'offerta di:

- insegnamenti nelle discipline caratterizzanti l'Ingegneria delle Telecomunicazioni, di seguito elencati: i sistemi di trasmissione numerica, i modelli di propagazione e di modellazione dei canali di comunicazione, i sistemi di comunicazione wireless, le architetture e protocolli per reti a larga banda e software defined, le reti fotoniche, l'elaborazione dei segnali e le applicazioni multimediali, i sistemi per telerilevamento, i sistemi di antenna e le tecniche di progettazione elettromagnetica;
- insegnamenti nei settori ingegneristici affini o integrativi, quali: i sistemi elettronici digitali, l'ingegneria del software, le architetture software embedded, i modelli stocastici per le reti e i metodi per il controllo e l'ottimizzazione delle risorse di rete, i modelli e i metodi per l'impatto ambientale dei sistemi radio;
- specifici approfondimenti delle discipline di base, quali la matematica combinatoria, la teoria dei codici, gli algoritmi per crittografia, la ricerca operativa e l'ottimizzazione;
- ulteriori possibilità di scelta di attività formative da parte dello studente, che includono il rafforzamento della conoscenza di lingue straniere, l'acquisizione di contenuti professionalizzanti e l'approfondimento di aspetti di organizzazione aziendale (singolarmente o congiuntamente abbinabili ad esperienze su campo mediante tirocinii in aziende in Italia o all'estero e in università estere).

Il percorso di studio si caratterizza per la combinazione di aspetti teorici e metodologici inerenti i sistemi di telecomunicazione con competenze avanzate sulle moderne tecnologie HW e SW per lo sviluppo e l'implementazione delle soluzioni. A tale riguardo è opportuno notare come il nostro corso di studio abbia già percorso le odierne tendenze avendo da tempo introdotto un modulo di sistemi embedded. Il corso di studio prevede lo svolgimento di lavori progettuali e la presenza esplicita di un modulo didattico di laboratorio avanzato con adeguato numero di crediti nel corso del II anno. Anche se non sono esplicitamente definiti curriculum e orientamenti diversi, esiste una certa possibilità di scelta di moduli didattici: in particolare, è possibile costruire un percorso più orientato ai sistemi di trasmissione e al networking, oppure un percorso più orientato ai sottosistemi elettromagnetici.

Il corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni si conclude con un lavoro finale, concernente un'attività di progettazione e/o ricerca di rilievo, che dimostri la padronanza degli argomenti trattati, la capacità di operare in modo autonomo e un adeguato livello di capacità di comunicazione.

Sia per lo svolgimento del tirocinio finale che per lo svolgimento di lavori progettuali nelle attività ordinarie dei vari moduli didattici, il corso di studio offre un'ampia gamma di opportunità presso i laboratori di telecomunicazioni (sede anche della Local CISCO Academy per il rilascio di certificazioni CISCO), laboratori del Centro di Eccellenza DEWS, laboratori di elettromagnetismo e compatibilità EM, laboratori di piattaforme HW/SW e di sistemi fotonici. A tale proposito è importante sottolineare la disponibilità di un numero elevato di progetti di ricerca presso il Dipartimento DISIM e il Centro di Eccellenza DEWS (INCIPICT, EMERGE, CYBER TRAINER, progetti ECSEL, contratti industriali, etc.) che garantiscono la possibilità di svolgere attività sperimentali in contesti avanzati. Inoltre, sono disponibili tirocinii presso un gran numero di aziende convenzionate in ambito nazionale (e.g. Leonardo, Thales Italia, Thales Alenia Space, Telespazio, Telecom Italia, Intecs, Wind-3, Zte, ecc.) e all'estero (ABB in Svezia, Nokia-Siemens Networks in Danimarca, ecc., anche mediante l'ERASMUS Traineeship). Infine, esiste la possibilità di svolgere il tirocinio presso università estere in convenzione ERASMUS (e.g. KTH Stoccolma, Università di Aalborg, Technical University of Berlin, Istituto Superiore Tecnico di Lisbona, ENST di Rennes, AGH Cracovia, Università Politecnica della Catalogna), con le quali sono in corso collaborazioni anche per il conseguimento del doppio titolo.

In generale, vengono incoraggiate le esperienze di mobilità studentesca nell'ambito degli accordi ERASMUS ed ERASMUS Placement. Infine, sono state attivate iniziative miranti i) ad accrescere il grado di internazionalizzazione, ii) ad organizzare la formazione orientata alla ricerca, iii) a formalizzare le iniziative di inserimento nel mondo del lavoro mediante l'apprendistato per l'alta formazione. In riferimento al primo punto, il Corso di Studi accoglie studenti stranieri nel quadro di programmi di mobilità ERASMUS, ERASMUS Mundus (e.g. Euroweb) e TEMPUS e, avendo deciso di offrire l'intera attività didattica in lingua inglese a partire dall'a.a. 2015-2016, opera con piena apertura a reclutamento di studenti in ambito internazionale. In riferimento al punto ii), è stato avviato e consolidato un percorso di eccellenza (PEP)

in cyber physical systems, organizzato mediante specifico regolamento nel quadro di una iniziativa internazionale (cfr. Paragrafo 3.3) e, in riferimento al punto iii) è stato attivato e reso operativo un programma di apprendistato con aziende.

Il laureato in Ingegneria delle Telecomunicazioni dell'Università dell'Aquila si caratterizza per la combinazione di i) conoscenze sulle più moderne tecniche e architetture di comunicazione e di ii) competenze in termini di capacità di modellazione, simulazione, emulazione e implementazione nei diversi ambienti operativi, con particolare riferimento a piattaforme embedded. In base alla preparazione acquisita, il profilo professionale per i laureati magistrali in Ingegneria delle Telecomunicazioni consente di assumere compiti relativi alla ricerca di base e applicata, all'innovazione e allo sviluppo di nuove soluzioni, alla progettazione avanzata, alla pianificazione e alla gestione di sistemi complessi. Una naturale prospettiva occupazionale è dunque rappresentata, all'interno delle varie aziende, dai laboratori di ricerca e sviluppo e dalle aree di progettazione, pianificazione e gestione di sistemi di telecomunicazioni e prevede l'accesso ai più alti livelli della carriera tecnica. Inoltre, la Laurea Magistrale fornisce spunti e motivazioni per l'accesso ai corsi di Master di II Livello (tra i quali vale la pena sottolineare il Master in Networking e Reti IP Multiservizio che, organizzato dall'Università dell'Aquila in collaborazione con importanti aziende tra le quali Reiss Romoli srl e con il supporto diretto di CISCO, punta a fornire certificazioni aziendali riconosciute a livello internazionale), nonché ai corsi di Dottorato di Ricerca e, quindi, ad un più spiccato orientamento per lo svolgimento di attività di ricerca e innovazione.

Il laureato acquisisce le seguenti competenze legate alla sua funzione: 1) Dimensionamento, pianificazione e gestione di reti di telecomunicazioni, inclusi gli aspetti di sicurezza e protezione dell'informazione: a tale proposito risultano particolarmente spendibili le competenze maturate nei moduli di Reti di TLC e in parte legate a certificazioni (e.g. CISCO e Juniper); 2) Progettazione e modellazione di sistemi di trasmissione digitali su portante fisico (rame e fibra ottica) e radio; 3) Progettazione e dispiegamento di reti radio in varie tecnologie; 4) Definizione di architetture protocollari e relativo sviluppo su piattaforme embedded; 5) Progettazione, simulazione e sviluppo di sistemi e sottosistemi a microonde, con particolare riferimento alle catene a radiofrequenza e alle antenne; 6) Valutazione della compatibilità degli impianti di radiocomunicazione con le normative sull'impatto ambientale dei campi EM.

Per quanto riguarda gli sbocchi professionali l'ambito aziendale di riferimento è costituito da aziende che progettano e/o producono sistemi ed apparati per le telecomunicazioni, da operatori di rete che gestiscono complessi sistemi di telecomunicazione, da aziende e enti che forniscono servizi attraverso l'utilizzo di sistemi di telecomunicazione. A tale riguardo è importante sottolineare che l'organizzazione del percorso formativo e i contenuti dei moduli didattici specialistici sono stati concepiti per fornire al laureato conoscenze approfondite e metodi di progettazione adeguati in settori di grande rilevanza nel campo delle moderne telecomunicazioni: tecnologie radio per l'accesso (e.g. comunicazioni radiomobili) e per l'interconnessione a larga banda, tecnologie ottiche, sistemi di telerilevamento e elettromagnetismo applicato, tecnologie di networking e internetworking. In relazione all'ultimo aspetto, particolare interesse è rivolto all'integrazione tra tecnologie delle telecomunicazioni e mondo Internet, che è strettamente connesso allo scenario dell'Information and Communication Technology (ICT) e all'impiego pervasivo di tali tecnologie in tutti i settori produttivi e della vita sociale. Tale impostazione corrisponde all'intenzione di fornire al laureato ampie prospettive di occupazione sull'intero territorio nazionale e comunitario. D'altro canto, essa mira a soddisfare anche le rilevanti esigenze di reclutamento di insediamenti di aziende importanti nel territorio abruzzese, in un contesto in via di potenziamento nel quadro del Dominio Tecnologico di Innovazione regionale ICT/Aerospazio. In questo quadro gli stage aziendali sopra citati puntano anche a favorire l'inserimento del futuro laureato nel mondo del lavoro e potranno evolvere, in alcuni casi regolati da specifiche convenzioni con aziende (ad esempio con Telecom Italia per attività di specializzazione inerenti le reti a banda larga quali NGN-Next Generation Networks e LTE-Long Term Evolution oppure Wind-3 per attività di specializzazione inerenti il 5G), in programmi di apprendistato per l'alta formazione.

3. ORGANIZZAZIONE DIDATTICA

3.1 PERCORSO FORMATIVO

Al fine di conseguire gli obiettivi formativi specifici del Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria delle Telecomunicazioni, è richiesta la maturazione di 120 crediti articolati nel curriculum di seguito illustrato. Per sostenere gli studenti italiani nella frequenza dei corsi di lingua inglese è prevista l'erogazione di corsi di livello B2 ed è consigliata anche la frequenza di corsi di livello più avanzato offerti dal Dipartimento DISIM. La denominazione primaria dei moduli didattici è in inglese, ma ne viene fornito il titolo anche in italiano. L'intero corso di studi viene tenuto in lingua inglese.

I ANNO – 60/63 C.F.U. (a.a. 2019-2020)

CODICE	DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	C.F.U.	SEM.	S.S.D.	TIP.
	Un insegnamento a scelta tra¹⁾:	6			C
DT0181	<i>Combinatorics and cryptography (Combinatoria e crittografia)</i>		II	MAT/02	
DT0182	<i>Measurements for telecommunications (Misure sui sistemi di telecomunicazione)</i>		II	ING-INF/07	
DT0060	<i>Network optimization (Ottimizzazione di reti)</i>		II	MAT/09	
	Un insegnamento a scelta tra:	9			C
DT0183	<i>Environmental Impact of EM Fields (Impatto ambientale dei campi EM)</i>		I	ING-IND/31	
DT0184	<i>Modelling and control of communication networks (Modellistica e controllo di reti di telecomunicazioni)</i>		I	ING-INF/04	
DT0185	<i>Propagation and modelling of communications channels (Propagazione e modellistica dei canali di comunicazione)</i>	6	II	ING-INF/03	B
DT0186	<i>Digital communications (Trasmissioni numeriche)</i>	9	II	ING-INF/03	B
DT0187	<i>Digital electronic systems (Sistemi elettronici digitali)</i>	9	I	ING-INF/01	C
DT0188	<i>Antennas and RF subsystems (Antenne e sottosistemi RF)</i>	6	I	ING-INF/02	B
	Un insegnamento a scelta tra:	6			B
DT0189	<i>Digital signal processing and multimedia (Algoritmi e applicazioni multimediali)</i>		II	ING-INF/03	
DT0190	<i>Remote sensing (Telerilevamento)</i>		II	ING-INF/02	
I0592	<i>English Level B2 (Inglese livello B2)</i>	3	I		F
	A scelta ²⁾	6/9			D

¹⁾ Gli studenti che hanno già sostenuto un esame nel campo delle Misure nel corso della loro precedente carriera potranno scegliere soltanto tra i due rimanenti insegnamenti.

²⁾ Tra le varie opzioni si suggeriscono gli insegnamenti di Security in ICT (ING-INF/03), Software Engineering (Ingegneria del Software, ING-INF/05), oppure Advanced Software Engineering (INF/01), oppure Nanophotonics (Nanofotonica), FIS/03).

II ANNO – 57/60 C.F.U. (a.a. 2020-2021)

CODICE	DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	C.F.U.	SEM.	S.S.D.	TIP.
DT0191	RF design for Internet of Things (Progettazione elettromagnetica per IoT)	9	I	ING-INF/02	B
DT0192	Wireless communications (Comunicazioni wireless)	9	I	ING-INF/03	B
	Un insegnamento a scelta tra:	6			B
DT0193	Advanced and software defined networks (Reti avanzate e software defined)		II	ING-INF/03	
DT0194	Photonic networks (Reti fotoniche)		II	ING-INF/02	
DT0195	Embedded systems (Sistemi embedded)	9	I	ING-INF/05	C
DT0310	Laboratory of Advanced Networks ³⁾	3	II	ING-INF/03	D
DT0196	Laboratory of SDR, SDN and IoT (Laboratorio di reti e sistemi radio software defined, e IoT)	6	I		F
	Further training and internship (Altre attività formative)	6			F
	Final dissertation (Prova finale)	12			E

³⁾ L'insegnamento complementa con attività di laboratorio l'insegnamento "Advanced and software defined networks"

3.2 PIANO DI STUDI OPZIONALE PER GLI IMMATRICOLATI CON RISERVA

Agli studenti immatricolati con riserva, che conseguono la laurea dopo il 31 dicembre e prevedono di trovarsi in ritardo rispetto al programma di acquisizione di CFU previsto nel piano di studi ordinario, il CAD propone in aggiunta la possibilità di optare per un piano di studio personalizzato che si sviluppa in tre periodi: 1) II semestre, 2) anno accademico intero, 3) I semestre. Tale piano consente di beneficiare della riduzione delle tasse di iscrizione nel I e III periodo qualora lo studente in detti periodi si iscriva come studente a tempo parziale.

I PERIODO (II SEMESTRE) – 30 C.F.U.

CODICE	DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	C.F.U.	SEM.	S.S.D.	TIP.
	Un insegnamento a scelta tra¹⁾:	6			C
DT0181	<i>Combinatorics and cryptography (Combinatoria e crittografia)</i>		II	MAT/02	
DT0182	<i>Measurements for telecommunications (Misure sui sistemi di telecomunicazione)</i>		II	ING-INF/07	
DT0060	<i>Network optimization (Ottimizzazione di reti)</i>			MAT/09	
DT0185	Propagation and modelling of communication channels (Propagazione e modellistica dei canali di comunicazione)	6	II	ING-INF/03	B
DT0186	Digital communications (Trasmissioni numeriche)	9	II	ING-INF/03	B
	Un insegnamento a scelta tra:	6			B
DT0189	Digital signal processing and multimedia (Algoritmi e applicazioni multimediali)		II	ING-INF/03	
DT0190	Remote sensing (Telerilevamento)		II	ING-INF/02	
I0592	English Level B2 (Inglese livello B2)	3			F

¹⁾ Tale opzione non è valida per gli studenti che hanno già sostenuto un esame nel campo delle Misure nel corso della loro precedente carriera. In tal caso bisognerà inserire il modulo di Combinatorics and Cryptography.

II PERIODO (ANNO ACCADEMICO INTERO) – 51/54 C.F.U.

CODICE	DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	C.F.U.	SEM.	S.S.D.	TIP.
	Un insegnamento a scelta tra:	9			C
DT0183	Environmental Impact of EM Fields (<i>Impatto ambientale dei campi EM</i>)		I	ING-IND/31	
DT0184	Modelling and control of communication networks (<i>Modellistica e controllo di reti di telecomunicazioni</i>)		I	ING-INF/04	
DT0187	Digital electronic systems (Sistemi elettronici digitali)	9	I	ING-INF/01	C
DT0188	Antennas and RF subsystems (Antenne e sottosistemi RF)	6	I	ING-INF/02	B
	A scelta ²⁾	6/9			D
DT0192	Wireless communications (Comunicazioni wireless)	9	I	ING-INF/03	B
	Un insegnamento a scelta tra:	6			B
DT0193	Advanced and software defined networks (Reti avanzate e software defined)		II	ING-INF/03	
DT0194	Photonic networks (Reti fotoniche)		II	ING-INF/02	
	Further training and internship (Altre attività formative)	6			F

²⁾ Tra le varie opzioni si suggeriscono gli insegnamenti di Software Engineering (Ingegneria del Software, ING-INF/05), oppure Advanced Software Engineering (INF/01), oppure Nanophotonics (Nanofotonica, FIS/03).

III PERIODO (I SEMESTRE) – 36/39 C.F.U.

CODICE	DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO	C.F.U.	SEM.	S.S.D.	TIP.
DT0191	RF design for Internet of Things (Progettazione elettromagnetica per IoT)	9	I	ING-INF/02	B
DT0195	Embedded systems (Sistemi embedded)	9	I	ING-INF/05	C
DT0196	Laboratory of SDR, SDN and IoT (Laboratorio di reti e sistemi radio software defined, e IoT)	6	I		F
DT0310	Laboratory of Advanced Networks ³⁾ (Laboratorio di reti avanzate)	3	II	ING-INF/03	D
	Final dissertation (Prova finale)	12			E

³⁾ L'insegnamento complementa con attività di laboratorio l'insegnamento "Advanced and software defined networks"

Infine, si sottolinea che è possibile operare l'iscrizione come studente a tempo parziale per tutta la durata degli studi, con l'acquisizione di 30 CFU per ogni anno accademico secondo un piano di attività che lo studente può proporre al CAD per approvazione.

3.3 PERCORSO DI ECCELLENZA

E' prevista la possibilità di istituire percorsi di eccellenza, che riguardano attività aggiuntive rispetto a quelle previste per il conseguimento del titolo e con esplicito orientamento alla ricerca. Dall'a.a. 2013-2014 è attivo il percorso di eccellenza internazionale (Path-to-Excellence master Program, PEP) in "cyber physical systems", per i cui dettagli si rimanda al regolamento didattico, allo specifico regolamento del percorso e all'accordo internazionale tra l'Università dell'Aquila e l'ECCI (European Embedded Control Institute). Il bando per l'ammissione al percorso viene pubblicato ogni anno in autunno con specifico avviso del Dipartimento DISIM e del Centro di Eccellenza DEWS.