

Guia docent

230697 - OFLAB - Laboratori de Telecomunicacions per Fibra Òptica

Última modificació: 11/04/2025

Unitat responsable: Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona

Unitat que imparteix: 739 - TSC - Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.

Titulació: MÀSTER UNIVERSITARI EN ENGINYERIA DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2013). (Assignatura optativa).
MÀSTER UNIVERSITARI EN TECNOLOGIES AVANÇADES DE TELECOMUNICACIÓ (Pla 2019). (Assignatura optativa).

Curs: 2025

Crèdits ECTS: 5.0

Idiomes: Anglès

PROFESSORAT

Professorat responsable: JOAN MANUEL GENE BERNAUS

Altres:

CAPACITATS PRÈVIES

Coneixements bàsics sobre:

- Comunicacions digitals i
- Fibra òptica.

Si no el tens, te'l proporcionarem.

COMPETÈNCIES DE LA TITULACIÓ A LES QUALS CONTRIBUEIX L'ASSIGNATURA

Específiques:

CE1. Capacitat per aplicar mètodes de la teoria de la informació, la modulació adaptativa i codificació de canal, així com tècniques avançades de processat digital del senyal als sistemes de comunicacions i audiovisuals.

CE13. Capacitat per aplicar coneixements avançats de fotònica i optoelectrònica, així com electrònica d'alta freqüència.

CE3. Capacitat per implementar sistemes per cable, línia i satèl·lit en entorns de comunicacions fixes i mòbils.

Transversals:

CT3. TREBALL EN EQUIP: Ser capaç de treballar com a membre d'un equip interdisciplinari, ja sigui com un membre més o duent a terme tasques de direcció, amb la finalitat de contribuir a desenvolupar projectes amb pragmatisme i sentit de la responsabilitat, tot assumint compromisos considerant els recursos disponibles.

METODOLOGIES DOCENTS

Sessions pràctiques de laboratori

OBJECTIUS D'APRENENTATGE DE L'ASSIGNATURA

L'objectiu d'aquest curs és formar els estudiants en l'ús d'equips avançats per mesurar, caracteritzar i/o avaluar dispositius i sistemes de fibra òptica sofisticats. També, utilitzar programari especialitzat per modelar, gestionar i dissenyar tant el pla de dades com el de control de les xarxes òptiques.

Resultats d'aprenentatge:

- 1.-Capacitat per operar, caracteritzar i dissenyar fibres òptiques, transmissors òptics, receptors òptics, amplificadors òptics, filtres òptics i multiplexors/demultiplexors.
- 2.- Capacitat per implementar i avaluar la qualitat d'un sistema de transmissió digital de fibra òptica.
- 3.- Capacitat per operar equips de laboratori avançats com ara analitzadors d'espectre òptic, oscil·loscopis d'alta velocitat, mesuradors de la taxa d'error de bits, etc.
- 4.- Capacitat d'utilitzar programari específic de fibra òptica per simular i/o dissenyar tant dispositius com sistemes.
- 5.- Capacitat per operar un pla de control de xarxes òptiques.
- 6.- Capacitat per utilitzar l'aprenentatge automàtic (ML) i la intel·ligència artificial (IA) en xarxes òptiques.
- 7.- Capacitat per dissenyar un sistema de distribució de claus quàntiques òptiques (QKD).

HORES TOTALES DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANTAT

Tipus	Hores	Percentatge
Hores aprenentatge autònom	86,0	68.80
Hores grup petit	39,0	31.20

Dedicació total: 125 h

CONTINGUTS

Introducció

Descripció:

Introducció al laboratori de fibra òptica:

- 1.-Descripció de les pràctiques a realitzar
- 2.-Explicació dels equips de hardware a utilitzar
 - Analitzadors d'espectre òptic (OSA)
 - Oscil·loscopis d'alta velocitat (4-6 GHz).
 - Mesuradors de la taxa d'error de bits
- 3.-Introducció a les eines software a utilitzar
 - Virtual Photonics Inc. (VPI)
 - Matlab
 - Python

Dedicació: 5h

Grup petit/Laboratori: 3h

Aprenentatge autònom: 2h

Practica 1: Amplificadors Òptics

Descripció:

Els amplificadors òptics són un element clau en les comunicacions per fibra òptica. Permeten una amplificació òptica transparent. Sense amplificadors òptics les comunicacions transoceàniques no serien possibles. La invenció d'un dispositiu d'aquest tipus serà molt probablement reconeguda amb el Premi Nobel en els propers anys després de la invenció del làser (1958) i de la fibra òptica (2009). En aquesta pràctica aprendreu a caracteritzar un amplificador òptic. També dissenyareu un d'aquests dispositius.

Caracterització de:

- 1.-Un amplificador òptic semiconductor (SOA) (hardware).
- 2.-Un amplificador de fibra dopada amb erbi (EDFA) (hardware).

Disseny de:

- 1.-Un EDFA (hardware o software).
- 2.-Amplificador Raman (software).

Objectius específics:

Caracterització i disseny d'amplificadors òptics.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

Pràctica 2: Moduladors Òptics

Descripció:

Els moduladors òptics permeten mapejar la informació d'un senyal elèctric (senyal de modulació) a un senyal òptic (portador). El modulador Mach-Zehnder (MZM) és la tecnologia més utilitzada. L'ús de 2 MZM permet implementar un modulador òptic en fase/quadratura (IQ) que es requereix per modular tant la part real com la imaginària del portador òptic. En aquesta pràctica aprendràs a operar i caracteritzar un MZM. També dissenyaràs un MZM integrat i/o un modulador IQ òptic.

Caracterització de:

- 1.-Un modulador Mach-Zehnder (hardware).

Disseny de:

- 1.-Un modulador Mach-Zehnder mitjançant circuits integrats fotònics (hardware i/o software).
- 2.-Un modulador òptic IQ (software).

Objectius específics:

Operació, caracterització i disseny de moduladors òptics.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

Pràctica 3: Sistema de Transmissió Òptic

Descripció:

La fibra òptica és l'única tecnologia coneguda que permet comunicacions d'ultra alta velocitat i ultra llarga distància. Per això s'ha convertit en la tecnologia d'ús a les xarxes de transport. Sense la fibra òptica, internet i les xarxes mòbils no serien possibles. En aquesta pràctica aprendràs a operar, caracteritzar i dissenyar un sistema de comunicacions òptiques d'extrem a extrem.

Caracterització de:

- 1.-Un transmissor òptic (hardware i software).
- 2.-Un receptor òptic (hardware i software).

Disseny de:

- 1.-Un sistema de modulació d'intensitat 1-10 Gb/s amb detecció directa (IMDD) 50 km (hardware).
- 2.-Un sistema de QAM de 100-1000 Gb/s amb detecció coherent de 10.000 km (software).

Objectius específics:

Implementació i caracterització d'un sistema de transmissió de fibra òptica d'alta capacitat.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

Pràctica 4: Pla de control òptic

Descripció:

El pla de control és una capa fonamental en les xarxes òptiques. Les particularitats de la capa òptica com els seus components òptics (làsers, moduladors, amplificadors, fotodetectors, filtres, etc.) i el canal òptic (dispersió cromàtica, dispersió del mode de polarització, no linealitats de la fibra, etc.) s'han d'abordar en el pla de control. En aquesta pràctica aprendràs a proporcionar connectivitat a una xarxa òptica utilitzant tecnologies i protocols d'última generació.

Funcionament de:

- 1.- Aprovisionament de connectivitat mitjançant el pla de control (hardware i/o software).

Avaluació de:

- 1.-Aprovisionament de connectivitat segons diferents requisits (latència, QoS, etc) (hardware i/o software).

Objectius específics:

Operació i avaluació d'un pla de control per a xarxes òptiques.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

Pràctica 5: Intel·ligència Artificial (IA)

Descripció:

L'aprenentatge automàtic (ML) i la intel·ligència artificial (IA) són dues tecnologies disruptives que afecten també els sistemes de comunicacions òptiques. Aquestes noves eines es poden utilitzar en gairebé tots els aspectes, des del disseny de components òptics fins a la gestió de xarxes òptiques. En aquesta pràctica coneixeràs dues aplicacions particulars, una per a la capa física (pla de dades) i una altra per a la capa de gestió (pla de control).

Aplicacions:

- 1.-ML i AI en el pla de dades (software).
- 2.-ML i AI en el pla de control (software).

Objectius específics:

Aplicacions de l'aprenentatge automàtic (ML) i la intel·ligència artificial (IA) en xarxes òptiques.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

Pràctica 6: Quantum Key Distribution (QKD)

Descripció:

La mecànica quàntica ens proporciona un conjunt completament nou (i estrany) d'eines per aplicar a les comunicacions òptiques. L'aplicació més prometedora és el QKD que pretén garantir una seguretat inquebrantable (ja veurem si això és cert). En aquesta pràctica implementaràs un sistema òptic QKD. Primer un QKD de variable discreta i després un QKD de variable contínua més avançat.

Disseny de:

- 1.-Un sistema QKD de variable discreta (software)
- 2.-Un sistema QKD de variable contínua (software)

Objectius específics:

Implementació d'un sistema quantum key distribution (QKD) òptic.

Dedicació: 20h

Grup petit/Laboratori: 6h

Aprenentatge autònom: 14h

SISTEMA DE QUALIFICACIÓ

Informes de les pràctiques: 100%

BIBLIOGRAFIA

Bàsica:

- Govind P. Agrawal. Fiber-optic communication systems [en línia]. 4th ed. Wiley, 2010 Disponible a : <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9780470918524>.
- Rongqing Hui and Maurice O'Sullivan. Fiber optic measurement techniques. 2nd ed. Academic Press, 2022. ISBN <https://doi.org/10.1016/C2020-0-02762-3>.

Complementària:

- Govind P. Agrawal. Lightwave Technology: Components and Devices. Wiley-Interscience, 2004. ISBN 0471215732.
- Le Nguyen Binh. Optical fiber communication systems with MATLAB and Simulink models [en línia]. 2nd ed. Taylor & Francis Group, 2015 Disponible a : <https://ebookcentral-proquest-com.recursos.biblioteca.upc.edu/lib/upcatalunya-ebooks/detail.action?pq-origsite=primo&docID=1680>



665.

- Emmanuel Desurvire. Erbium-doped fiber amplifiers: principles and applications. Wiley & Soncs, 1994. ISBN 0471589772.
- Rajiv Ramaswami, Kumar N. Sivarajan and Galen H. Sasaki. Optical networks: a practical perspective [en línia]. 3rd ed. Elsevier, 2010. Disponible a: <https://www.sciencedirect.com/science/book/9780123740922>.
- Calvin C. K. Chan. Optical performance monitoring : advanced techniques for next-generation photonic networks. 1st ed. Academic Press, 2010. ISBN 9780123749505.
- Vivek Alwayn. Optical network desing and implementation. Cisco Press, 2004. ISBN 1587051052.
- Lau, A.P.T.; Khan, F.N. (eds). Machine learning for future fiber-optic communication systems [en línia]. London, England: Academic Press, 2022 [Consulta: 25/10/2024]. Disponible a: <https://www.sciencedirect-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/9780323852272/machine-learning-for-future-fiber-optic-communication-systems>. ISBN 9780323852272.
- Cariolaro, Gianfranco. Quantum communications [en línia]. Cham: Springer, 2015 [Consulta: 16/10/2024]. Disponible a: <https://link-springer-com.recursos.biblioteca.upc.edu/book/10.1007/978-3-319-15600-2>. ISBN 9783319156002.