



PROGRAMA DE ASIGNATURA

Nombre del curso o actividad	CODIFICACIÓN PARA SISTEMAS DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA
Nombre del programa	Doctorado en Ciencias de la Ingeniería mención Automática
Descripción	<i>Código: 11311, Nivel: 2 o 3, Créditos SCT-Chile: 10, Tipo: Electiva, Plan de Estudios: Resolución N°1118 del 03/04/20.</i> Este curso introduce los fundamentos matemáticos, modelos de canal y técnicas de codificación utilizadas en sistemas de comunicación inalámbrica. Se estudian los principales métodos de codificación y decodificación, junto con su aplicación en escenarios reales y estándares modernos. Además, se utiliza software de simulación para implementar y evaluar sistemas codificados bajo distintos modelos de canal
Objetivos	• Proporcionar en forma comprensible las relaciones matemáticas fundamentales para el tratamiento de la información, su interpretación y aplicación en sistemas de comunicación inalámbrica. • Proporcionar en forma comprensible las definiciones formales de un canal de comunicación inalámbrico, revisando los modelos de pequeña y larga escala, explicando sus diferencias y la forma de combatir sus efectos. • Explorar métodos para el diseño de codificadores de canal y algoritmos de decodificación en sistemas de comunicación inalámbrica en función de los modelos de canal y límites de comunicación. • Aplicar herramientas de simulación para implementar algoritmos de codificación, decodificación. • Realizar un artículo de investigación fundamentado en el estado del arte, evaluando problemas y sus soluciones asociadas, siendo estas innovadoras y de aplicación.
Contenidos	Unidad 1: Repaso Fundamentos matemáticos • Conceptos básicos de teoría de la información, Entropía, redundancia y eficiencia de la información. Información mutua y capacidad del canal. Lema de Fano y límites de desempeño. • Representación matemática de señales, Señales determinísticas y aleatorias, Espacio de señales: bases ortogonales, productos internos y distancia euclidiana, Ruido aditivo Gaussiano (AWGN). • Interpretación matemática en el contexto inalámbrico, SNR, E_b/N_0 y BER: relaciones matemáticas fundamentales, Curvas BER teóricas y su significado, Métricas de confiabilidad: LLR (Log-Likelihood Ratios) Unidad 2: Modelos de canal inalámbrico • Modelos de gran escala: Pérdidas por propagación (path loss). Modelos log-distance y log-normal shadowing. Influencia de frecuencia, altura y entorno (urbano, rural, indoor). Aplicación a 4G/5G y bandas ISM. • Modelos de pequeña escala y fading: Fading plano vs selectivo en frecuencia. Canales Rayleigh, Rician y Nakagami-m. Dispersión temporal, retardo RMS, coherencia temporal y en frecuencia. Doppler y movilidad del usuario. • Técnicas de mitigación de desvanecimiento: Diversidad en tiempo, frecuencia y espacio. MIMO y codificación espacio-temporal (STC). Intercalado (interleaving) y su efecto en el canal selectivo.



	- Modelos para simulación: Canal AWGN, Fading con modelos de Jake, EPA/EVA/ETU (LTE/5G). Canales multi-trayectoria arbitrarios. Unidad 3: Codificación de canal - Principios de la codificación: Redundancia controlada, Distancia de Hamming y distancia libre mínima. Teorema de Shannon para canales ruidosos. - Códigos en bloque: Códigos lineales, sistemáticos y no sistemáticos, BCH y Reed-Solomon, Decodificación por Síndrome, Soft decision vs hard decision. - Códigos convolucionales: Diagramas de estados, trellis y distancia libre. Algoritmo Viterbi y BCJR. Puncturing para tasas más altas. - Códigos modernos: Turbo códigos, LDPC: matrices dispersas, decodificación belief-propagation, Polar codes: construcción, Arıkan transform, SC y SCL decoding. Codificación en 5G NR: Polar para control y LDPC para datos. - Intercaladores y concatenación: Serial concatenation (Turbo), Parallel concatenation, Interleavers determinísticos y aleatorios.
Modalidad de evaluación	Estrategias Metodológicas: Clases expositivas para introducir conceptos fundamentales. Estudio de casos de aplicación. Lectura de artículos de investigación recientes. Evaluación: El procedimiento de evaluación está enfocado en la elaboración de una propuesta de publicación en base al estado del arte, el que será evaluado en el transcurso del curso, realizando un conjunto de presentaciones que permitan obtener información pertinente para tomar decisiones sobre el avance y línea de trabajo a seguir, a la vez de realizar sugerencias para la mejora del trabajo final.
Resultados de aprendizajes esperados	Resultado de Aprendizaje General: Aplicar técnicas de codificación y modelos matemáticos para analizar y resolver problemas de transmisión en sistemas de comunicación inalámbrica, integrando métodos de simulación y criterios de rigurosidad propios de la ingeniería para evaluar el desempeño y proponer soluciones fundamentadas. Resultados de Aprendizaje Específicos: - Analizar relaciones matemáticas fundamentales de la teoría de la información, aplicando conceptos como entropía, redundancia, capacidad de canal y métricas SNR/Eb-NO para interpretar rigurosamente el tratamiento de la información en sistemas inalámbricos. - Caracterizar modelos de canal de pequeña y gran escala, evaluando sus efectos sobre la señal y comparando técnicas de mitigación como diversidad, ecualización e intercalado para mejorar el desempeño de sistemas inalámbricos. - Diseñar codificadores y decodificadores de canal (bloque, convolucional, LDPC, Turbo, Polar), seleccionando algoritmos adecuados en función de las características del canal y justificando la decisión mediante criterios de desempeño y eficiencia. - Elaborar un artículo de investigación fundamentado en el estado del arte, analizando críticamente problemas actuales de codificación para comunicaciones inalámbricas y proponiendo soluciones innovadoras soportadas por resultados teóricos y experimentales.
Bibliografía	Básica: L. Song, Wireless Device-to-Device Communications and Networks. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2015.



	• J. R. Hampton, Introduction to MIMO Communications. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2014. • R. Zamir, Lattice Coding for Signals and Networks: A Structured Coding Approach to Quantization, Modulation and Multiuser Information Theory. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2014 • Revistas digitales disponibles en la Biblioteca Digital Usach: IEEE Transactions on Information Theory, IEEE Communications Surveys & Tutorials, International Journal of Information and Coding Theory
	Recomendada: • L. Hanzo, MIMO-OFDM for LTE, WiFi and WiMAX: Coherent versus Non-coherent and Cooperative Turbo Transceivers. Hoboken, NJ, USA: Wiley-IEEE, 2010. • W. C. Huffman, Fundamentals of Error-Correcting Code. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2010. • T. Ho, Network Coding: An Introduction. Cambridge, U.K.: Cambridge University Press, 2008