

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA



PROGRAMA DE ESTUDIO

SISTEMAS DE RADIOCOMUNICACIONES II

1975

9°

09

Asignatura

Clave

Semestre

Créditos

Ingeniería Eléctrica

Ingeniería en Telecomunicaciones

Ingeniería en Telecomunicaciones

División

Departamento

Carrera en que se imparte

Asignatura:

Obligatoria

Optativa

Horas:

Teóricas

Prácticas

Total (horas):

Semana

16 Semanas

Aprobado:

Consejo Técnico de la Facultad

Consejo Académico del Área de las Ciencias

Físico Matemáticas y de las Ingenierías

Fecha:

25 de febrero, 17 de marzo y 16 de junio de 2005

11 de agosto de 2005

Modalidad: Curso.

Seriación obligatoria antecedente: Ninguna.

Seriación obligatoria consecuente: Ninguna.

Objetivo(s) del curso:

El alumno describirá diversos aspectos de los sistemas de comunicación terrestre por microondas y de los sistemas de comunicación por satélite, como son su planeación y diseño, la reglamentación a que están sujetos y los elementos que los conforman. Así también analizará los diversos mecanismos que afectan la propagación de las ondas en estos sistemas y siguiendo una metodología propuesta calculará radioenlaces para señales analógicas y digitales.

Temario

NÚM.	NOMBRE	HORAS
1.	Introducción a los sistemas de microondas	6.0
2.	Propagación de 1 a 100 GHz para radioenlaces terrestres	6.0
3.	Enlaces de microondas de línea visual	14.0
4.	Análisis de casos de radioenlaces de microondas	10.0
5.	Fundamentos de sistemas satelitales	4.5
6.	Descripción de los sistemas de comunicación por satélite	4.5
7.	Estructura de los sistemas de comunicación por satélite	6.0
8.	Técnicas de acceso múltiple	6.0
9.	Propagación de ondas de radioeléctricas y comunicaciones satelitales	6.0
10.	Cálculo de enlaces satelitales	9.0
		72.0
	Prácticas de laboratorio	0.0
	Total	72.0



1 Introducción a los sistemas de microondas

Objetivo: El alumno identificará los diversos elementos que componen a sistema de radiocomunicación por microondas y conocerá la reglamentación y los planes de frecuencia para la operación de estos sistemas.

Contenido:

- Descripción de un enlace de microondas
- Equipos de radio. Terminal y repetidores
- Antenas y torres
- Cables, guías de onda y elementos accesorios. Presurización de guías
- Alimentadores, circuladores y filtros
- Facilidades para el equipo de microondas (Obra civil, alimentación eléctrica, aire acondicionado, etc.)
- Reglamentación de radiocomunicaciones. Planes de frecuencia
- Interferencia entre canales de microondas

2 Propagación de 1 a 100 ghz para radioenlaces terrestres

Objetivo: El alumno analizará los diversos fenómenos o mecanismos que alteran la propagación de las microondas y el efecto de estos en la señal recibida.

Contenido:

- Atenuación de espacio libre
- Efectos troposféricos
 - Efectos de refracción
 - Esparcimiento troposférico
 - Atenuación debida a gases, lluvia, otros hidrometeoros , al polvo y arena
- Factor K y radio efectivo de la tierra. Perfil del terreno de la trayectoria
- Reflexión y esparcimiento
- Difracción. Zonas de Fresnel
- Libramiento de obstáculos. Criterios de Bullington, Barnett-Vigants, Deygout e ITU-R
- Desvanecimientos. Tipos de desvanecimientos
- Duración y profundidad de los desvanecimientos

3 Enlaces de microondas de línea visual

Objetivo: El alumno reconocerá los diversos factores que intervienen en la planeación y diseño de un sistema de microondas terrestre y siguiendo una metodología propuesta calculará radioenlaces para señales analógicas y digitales.

Contenido:

- Requerimientos
- Elección de la ruta y selección de sitios. Consideraciones para enlaces interurbanos y urbanos
- Perfil del terreno de la ruta elegida. Cálculo de la mediana del factor K
- Altura de las antenas. Libramiento de obstáculos y estimación de reflexiones
- Inspección de los sitios y de la ruta



Cálculos básicos de la trayectoria

Objetivos para la operación del sistema. Selección de la frecuencia de operación. Especificación de las características básicas del equipo de radio y de las líneas de alimentación

Pérdida básica de propagación en espacio libre

Ruido térmico. Umbral de ruido térmico en el receptor

Cálculo de la relación portadora a ruido

Determinación de la ganancia de las antenas

Estimación de posibles desvanecimientos para el trayecto. Margen contra desvanecimientos

Técnicas de diversidad

Radioenlaces analógicos en FM

Características de señales información analógicas (telefonía, radiodifusión sonora y video)

Multiplexaje por división de frecuencia, FDM. Jerarquía de los sistemas FDM

Modulación en frecuencia. Ancho de banda en frecuencia intermedia. Y desviación pico de frecuencia. En transmisores de microondas

Relación portadora a ruido. Demodulación. Relación de señal de banda base a ruido. Umbral de mejora en FM

Intermodulación. Ruido de intermodulación

Pre-énfasis y de-énfasis

Circuito hipotético de referencia y ruido en el circuito hipotético de referencia

Radioenlaces digitales

Modulación por pulsos modificados, PCM. Codificación de línea. Codificación multinivel.

Conformado de pulsos. Códigos para el control de errores. Jerarquías de multiplexación PDH y SDH/SONET

Técnicas de modulación digital y eficiencia espectral. Demodulación. Relación portadora y ruido y relación de energía de bit a densidad espectral de potencia del ruido. Tasa de bits erróneos, BER

Alteraciones particulares de una transmisión digital (interferencia intersimbólica, recuperación de portadora, recuperación de reloj, jitter y desvanecimientos selectivos).

Circuito hipotético de referencia para una transmisión digital. Objetivos de desempeño de la tasa de errores en el circuito hipotético de referencia

Sistemas SDH/SONET

4 Análisis de casos de radioenlaces de microondas

Objetivo: El alumno describirá las diversas aplicaciones que tienen los sistemas de radiocomunicación por microondas en la actualidad.

Contenido:

Enlaces interurbanos. Repetidores

Enlaces urbanos

Para redes privadas de datos punto a punto y punto a multipunto

Para enlaces de estaciones base en sistemas celulares

Enlaces para distribución de servicios

Estudio planta y MMDS

Wimax (802.16)



5 Fundamentos de sistemas satelitales

Objetivo: El alumno describirá las características básicas de un sistema de comunicación por satélite.

Contenido:

Breve descripción de un sistema de comunicación por satélite

Tipos de órbitas y su uso

Órbitas de acuerdo a su excentricidad, de acuerdo a su inclinación y de acuerdo a su altitud

Las órbitas geosíncrona y geoestacionaria

Configuraciones de órbitas empleadas, cobertura y constelaciones

El empleo de frecuencias de microondas en sistemas satelitales (Bandas L, S, C, X, Ku, Ka, Q y V)

Posiciones orbitales. El proceso de coordinación de la UIT

Centros espaciales y lanzadores

Ventajas de los satélites de comunicaciones respecto a sistemas radioeléctricos y sistemas alámbricos y ópticos de tipo terrestre

Tipos de información distribuida por satélites de comunicaciones (voz, audio, televisión, videoconferencia, educación a distancia, servicios transaccionales, datos, Internet, etc.)

Origen de las ideas de los satélites de comunicaciones. Reseña histórica de los satélites de comunicaciones

Reseña histórica de las comunicaciones satelitales en México

6 Descripción de los sistemas de comunicación por satélite

Objetivo: El alumno clasificará los diversos sistemas de comunicación por satélite de acuerdo al servicio de radiocomunicaciones en que participan y describirá las características de cada uno de ellos.

Contenido:

Características de los sistemas de satélites para una cobertura global, regional o doméstica

Sistemas de servicio fijo por satélites geoestacionarios (FSS/GEO)

Sistemas de cobertura global (ej. INTELSAT)

Sistemas regionales (ej. SATMEX, PANAMSAT, HISPASAT, NAHUELSAT)

Sistemas de servicio móvil por satélites geoestacionarios (MSS/GEO)

Sistemas de cobertura global (ej. INMARSAT)

Sistemas regionales (ej. MSAT)

Sistemas domésticos (ej. Solidaridad 2)

Sistemas de servicio móvil por satélites no geoestacionarios (MSS/N GEO)

Sistemas de órbita baja grandes, Big leos (ej. IRIDIUM, GLOBALSTAR)

Sistemas de órbita baja pequeños, Little leos (ej. ORBCOMM)

Sistemas de órbita media, meos

Sistemas de satélites rusos

Sistemas para difusión de programas de televisión y de audio

Sistemas de banda ancha y sistemas no geoestacionarios

7 Estructura de los sistemas de comunicación por satélite

Objetivo: El alumno examinará los diversos subsistemas que componen a un satélite de comunicaciones y los elementos o subsistemas que contienen las estaciones terrenas. Así también describirá las características de las estaciones terrenas de acuerdo al servicio en que participan.

**Contenido:**

- Elementos de un sistema de comunicación por satélite
 - Segmento espacial
 - Segmento terrestre
- Requerimientos para satélites geoestacionarios
- Requerimientos para satélites no geoestacionarios
- Estructura de un satélite (por subsistemas)
 - Subsistema de antenas
 - Subsistema de comunicaciones
 - Subsistema de energía eléctrica
 - Subsistema de control térmico
 - Subsistema de posicionamiento y orientación
 - Subsistema de propulsión
 - Subsistema de rastreo, telemetría y comando
 - Subsistema estructural
- Elementos de las estaciones terrenas
 - Antenas
 - Equipo de rastreo de las antenas
 - El transmisor
 - Moduladores y codificadores
 - Convertidor de subida
 - Amplificador de alta potencia, HPA (TWT, SSPA)
 - El receptor
 - Amplificador de bajo ruido, LNA (FET, paramétrico)
 - Convertidor de bajada
 - Demoduladores y decodificadores
 - Sistema de supervisión y control
 - Interfaces y enlaces con redes terrenales
 - Alimentación de energía
- Tipos de estaciones terrenas
 - De servicio fijo
 - Para comunicaciones internacionales
 - Para larga distancia nacional y telepuertos
 - Receptoras para distribución de televisión
 - Redes VSAT
 - Radiodifusión directa por satélite
 - DBS
 - De servicio móvil
 - Para vehículos terrestres
 - Para barcos
 - Para aeronaves
 - Terminales portátiles
 - Terminales personales

8 Técnicas de acceso múltiple

Objetivo: El alumno analizará y comparará las diversas técnicas de acceso múltiple empleadas para que varias estaciones terrenas compartan los recursos de un satélite de comunicaciones.

**Contenido:**

- El acceso múltiple y la distribución o compartición de canales
- Asignación de canales en el acceso múltiple
 - PAMA
 - DAMA
 - Asignación aleatoria
- Acceso múltiple por división de frecuencia, FDMA
 - Esquemas MCPC
 - FDM/FM/FDMA
 - TDM/PSK/TDMA
 - Esquema SCPC
 - Sistema SPADE
 - Efectos no lineales en los amplificadores del satélite e intermodulación
- Acceso múltiple por división de tiempo, TDMA
 - TDMA de acceso preasignado
 - Tramas, ráfagas y sincronización
 - Asignación por demanda en TDMA
 - Sistemas round robin
 - Sistemas de reservación aleatoria
 - Sistemas de reservación secuencial
 - TDMA con salto de transpondedores
 - TDMA de conmutación satelital, SS- TDMA
- Acceso múltiple por división de código, CDMA
 - CDMA de secuencia directa, CDMA-DS
 - CDMA de salto de frecuencia, CDMA-FH
 - Sistemas híbridos, CDMA-DS/FH
 - Ventajas y desventajas de CDMA
- Acceso múltiple aleatorio
 - ALOHA puro
 - ALOHA ranurado
 - ALOHA esparcido

9 Propagación de ondas de radioeléctricas y comunicaciones satelitales

Objetivo: El alumno analizará los diversos fenómenos o mecanismos que alteran la propagación de las microondas en comunicaciones espaciales o satelitales.

Contenido:

- Ángulos de elevación y azimut. Distancia satelital
- Efectos que alteran la propagación de las ondas radioeléctricas e influyen en la calidad de las comunicaciones satelitales.
 - Efectos ionosféricos
 - Rotación de Faraday
 - Centelleo
 - Fluctuación en el ángulo de llegada
 - Efectos troposféricos
 - Atenuación por gases atmosféricos
 - Atenuación por lluvia y otros hidrometeoros



Incremento del ruido por absorción. Despolarización por partículas anisotrópicas (lluvia, nubes y hielo en la atmósfera superior)
 Interferencia por ductos y esparcimiento por lluvia. Centelleo por no uniformidades del índice de refracción
 Efectos por objetos a nivel de tierra
 Sombras
 Desvanecimientos por multitrayectorias
 Efecto Doppler
 Tiempo de retardo
 Consideraciones para comunicaciones fijas por satélite
 Consideraciones para comunicaciones móviles por satélite

10 Cálculo de enlaces satelitales

Objetivo: El alumno reconocerá los diversos factores que intervienen en el diseño de un radioenlace satelital y siguiendo una metodología propuesta calculará radioenlaces satelitales para señales analógicas y digitales.

Contenido:

Consideraciones básicas
 Configuración de los enlaces de comunicación por satélite
 Fuentes de ruido en los enlaces de comunicación por satélite
 Principales parámetros de los enlaces
 Ganancia de la antena
 Pérdida en espacio libre
 Pérdidas por absorción en la atmósfera
 Ruido en el receptor
 Fuentes de ruido
 Densidad de potencia del ruido en el receptor
 Ruido en la antena
 Temperatura del ruido
 Figura de ruido
 Relación G/T
 Potencia isotrópicamente radiada equivalente, PIRE
 Cálculos básicos
 Cálculo de la relación C/No en el enlace
 Calidad de la señal recibida y C/No requerida
 Tasa de bits en error y la relación C/No para sistemas digitales
 Relación S/N y C/No en sistemas de FM
 Factores fijos que degradan las señales
 Factores de degradación relacionados con interferencias
 Técnicas para mejorar la calidad de la señal recibida
 Cálculo de márgenes de lluvia
 Para el enlace ascendente
 Para el enlace descendente



Cálculo de interferencias

- Relación de protección contra interferencias
- Interferencia entre satélites
- Interferencia con sistemas terrestres
- Interferencia intra-sistema

Bibliografía básica:**Temas para los que se recomienda:**

LAPHPAMER, Harvey <i>Microwave Transmission Networks (Planning, Design and Deployment)</i> New York McGraw Hill Co., 2004	Todos
SALEMA, Carlos <i>Microwave Radio Links</i> New York John Wiley & Sons, 2002	Todos
ANDERSON, Harry R. <i>Fixed Broadband Wireless System Design</i> Chichester, West Sussex John Wiley & Sons LTd., 2003	Todos
NERI Vela , Rodolfo <i>Comunicaciones por Satélite</i> México International Thomson Editores, 2003	Todos
ITU, International Telecommunications Union <i>ITU Handbook on Satellite Communications</i> 3rd edition New York John Wiley & Sons, 2002	Todos
MARAL, Gerard y BOUSQUET, Michel <i>Satellite Communication Systems</i> 4th edition New York John Wiley & Sons, 2002	Todos
PRATT, Timothy, BOSTIAN, Charles W. y ALNUTT, Jeremy <i>Satellite Communications</i> 2nd edition New York John Wiley & Sons, 2002	Todos



RODY, Dennis J.
Satellite Communication
 New York
 McGraw-Hill Co., 2001

Todos

Bibliografía complementaria:

MANNING, Trevor
Microwave Radio Transmission Design Guide
 Boston
 Artech House Publisher, 1999

Todos

FREEMAN, Roger L.
Radio System Desing for Telecommunications
 2nd edition
 New York
 John Wiley & Sons – Interscience, 1997

Todos

ELBERT, Bruce R.
The Satellite Communication Applications Handbook
 2nd edition
 Boston
 Artech House Publishers, 2004

Todos

Sugerencias didácticas:

Exposición oral
 Exposición audiovisual
 Ejercicios dentro de clase
 Ejercicios fuera del aula
 Seminarios

X
X
X
X
X

Lecturas obligatorias
 Trabajos de investigación
 Prácticas de taller o laboratorio
 Prácticas de campo
 Otras:

X
X

Forma de evaluar:

Exámenes parciales
 Exámenes finales
 Trabajos y tareas fuera del aula

X
X
X

Participación en clase
 Asistencias a prácticas
 Otras:

X

Perfil profesiográfico de quienes pueden impartir la asignatura

Licenciatura en Ingeniería en Telecomunicaciones o en Comunicaciones y Electrónica, recomendable Posgrado en Telecomunicaciones. Experiencia en el diseño, instalación y operación de redes de comunicaciones por microondas y satélites.