

Grado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación 30350 - Redes de transporte

Guía docente para el curso 2015 - 2016

Curso: , Semestre: , Créditos: 6.0

Información básica

Profesores

- **Ignacio Martínez Ruiz** imr@unizar.es

Recomendaciones para cursar esta asignatura

La asignatura será impartida por profesorado del Área de Ingeniería Telemática del Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.

Para seguir con normalidad esta asignatura es especialmente recomendable que el alumno haya cursado previamente las asignaturas de Fundamentos de Redes y Tecnologías e Interconexión de Redes.

Por otro lado se recomienda al alumno la asistencia activa a clase (teoría, problemas y prácticas). Del mismo modo se recomienda al alumno el aprovechamiento de los horarios de tutorías del profesorado para la resolución de posibles dudas de la asignatura y un correcto seguimiento de la misma.

Actividades y fechas clave de la asignatura

La asignatura se imparte en el primer semestre del tercer curso de la titulación con un total de 6 créditos ECTS. Las actividades principales de la misma se dividen en clases teóricas, resolución de problemas o supuestos prácticos en clase, y prácticas de laboratorio, que requieren trabajos previos y posteriores, relacionadas con contenidos de la asignatura. Esta distribución tiene como objetivo fundamental facilitar la comprensión y asimilación de los conceptos que permitan cubrir las competencias a adquirir por esta asignatura y su relación con las telecomunicaciones. Por último existirá una prueba global dividida en tres partes, las dos primeras sobre la mitad inicial y la final de los contenidos impartidos en las clases de aula y consistente en cuestiones breves y problemas o supuestos prácticos, y una tercera parte sobre las prácticas de laboratorio, consistente en informes de configuración de escenarios, y procesado y presentación de los resultados. Para más detalles relativos al sistema de evaluación consultar el apartado destinado para tal fin en esta guía docente.

Las fechas de inicio y finalización del curso y las horas concretas de impartición de la asignatura, así como las fechas de realización de cada una de las actividades previstas durante el semestre, se harán públicas al comienzo del curso académico, atendiendo a los horarios fijados por la Escuela.

Inicio

Resultados de aprendizaje que definen la asignatura

El estudiante, para superar esta asignatura, deberá demostrar los siguientes resultados...

- 1:**
R1. Conoce los elementos de construcción de redes de transporte basadas en conmutación de paquetes, como se configuran y gestionan.
- 2:**
R2. Estudia y profundiza en las posibilidades de priorizar el tráfico, reservar recursos y realizar control de congestión dentro de redes de transporte de datos basadas en conmutación de paquete.
- 3:**
R3. Comprende y profundiza en los servicios y arquitectura de protocolos de las redes de transporte de datos.
- 4:**
R4. Conoce las Jerarquías digitales de transporte y sus topologías. Realiza la comparación con el transporte de datos en otras redes basadas en conmutación de paquetes.
- 5:**
R5. Estudia los diferentes métodos de ajuste de velocidades en las jerarquías digitales de transporte.
- 6:**
R6. Entiende las diferencias entre una arquitectura basada en reserva de recursos y otra basada en prioridades y diferenciación de servicios y sabe determinar cuál es más adecuada en cada caso.
- 7:**
R7. Sabe aplicar los conceptos aprendidos en el equipamiento comercial del laboratorio adquiriendo autonomía en el trabajo y tomando contacto con tecnologías de amplio uso en el mundo empresarial.
- 8:**
R8. Desarrolla el hábito (y sobre todo la habilidad) de consultar documentación técnica de los fabricantes de los dispositivos a utilizar en las prácticas. Comprende manuales y especificaciones de productos.
- 9:**
R9. Plantea correctamente el problema a partir del enunciado propuesto e identifica las opciones para su resolución. Aplica el método de resolución adecuado e identifica la corrección de la solución.
- 10:**
R10. Identifica, modela y plantea problemas a partir de situaciones abiertas. Explora y aplica las alternativas para su resolución. Maneja aproximaciones.

Introducción

Breve presentación de la asignatura

La asignatura *Redes de Transporte* proporciona al estudiante una visión general de los principios fundamentales teóricos-prácticos de las redes de transporte de datos. En el plan de estudios, se enmarca dentro de la materia "Arquitectura de Redes y Servicios" del módulo de tecnología específica "Telemática". Este módulo engloba otras tres asignaturas más con las cuales guarda estrecha relación: *Redes de Acceso*, *Redes Móviles* y *Diseño y Evaluación de Redes*.

La asignatura consta de **6 créditos ECTS** con la siguiente distribución aproximada de contenidos: conceptos básicos de redes de transporte de datos, incluyendo: la descripción general de las principales arquitecturas y servicios disponibles en la actualidad junto con su contexto tecnológico, legal y económico (**1 ECTS**); las principales tecnologías de transporte (PDH y SDH, estudiando sus mecanismos de sincronización, asignación de ancho de banda, capacidad de transporte, etc.; y WDM, estudiando las peculiaridades de la transmisión óptica) y protocolos y servicios (X.25, FR y ATM, estudiando sus mecanismos de gestión de tráfico, control de congestión, regulación y planificación, etc.; Ethernet y Gigabit Ethernet, estudiando su problemática de interconexión, conmutación e integración; y las tendencias de implementación basadas en VLAN, IP, MPLS y VPN aplicadas a las redes de transporte de datos (**3 ECTS**); y los retos y tendencias de las redes última generación (**2 ECTS**).

El conjunto total de 6 créditos ECTS se distribuyen en las siguientes actividades (indicando sus horas de dedicación aproximada): sesiones presenciales de presentaciones teórico-prácticas participativas (24h), planteamiento y resolución de

problemas o supuestos prácticos (12h), realización de trabajos tutelados a lo largo del curso (24h), visitas a empresas del sector TIC (12h), prácticas de laboratorio relacionadas con los contenidos de la asignatura (10h) y actividades de trabajo personal del estudiante (60h) y de evaluación de la asignatura (8h).

Contexto y competencias

Sentido, contexto, relevancia y objetivos generales de la asignatura

La asignatura y sus resultados previstos responden a los siguientes planteamientos y objetivos:

La asignatura *Redes de Transporte* tiene por objeto que el alumno conozca y sea capaz de analizar los principales aspectos relacionados con el transporte de datos en las redes telemáticas.

Para ello, el conjunto de objetivos fundamentales que se pretende cubrir se resume en:

- Conocer los elementos de construcción de redes de transporte de datos y su interconexión, y cómo se configuran y gestionan.
- Comprender y profundiza en los servicios y arquitectura de protocolos de las redes de transporte de datos.
- Entender las diferencias entre los distintos segmentos de transporte y agregación de redes, y las arquitecturas presentes en las redes de transporte de datos, y sabe determinar cuál es más adecuada en cada caso.
- Comprender y saber describir los mecanismos para reservar recursos, gestionar la congestión y priorizar tráfico en las redes de transporte de datos.
- Conocer las principales tecnologías de transporte de datos y sus topologías y ser capaz de comparar los mecanismos de transporte de datos que realiza cada tecnología propuesta.

Conocer las tendencias tecnológicas actuales de las redes de transporte de datos en el mundo empresarial y ser capaz de comparar las prestaciones ofrecidas por cada una de ellas.

Contexto y sentido de la asignatura en la titulación

La asignatura de *Redes de Transporte* se encuentra dentro de la materia "Arquitectura de Redes y Servicios" del módulo de tecnología específica "Telemática". Este módulo engloba otras tres asignaturas más con las cuales guarda estrecha relación: *Redes de Acceso*, *Redes Móviles* y *Diseño y Evaluación de Redes*. Esta asignatura se imparte en paralelo a *Planificación y Dimensionado de Redes* (que es común a la rama de telecomunicación y pertenece a la materia "Redes, Sistemas y Servicios") y a *Redes de Acceso* (que pertenece a su misma materia "Arquitectura de Redes y Servicios" del módulo de tecnología específica "Telemática").

Esta asignatura debe completar a nivel de itinerario los conocimientos adquiridos en la asignatura común *Tecnologías e Interconexión de Redes* en lo que respecta al estudio detallado de las tecnologías y los equipos de construcción de las redes de transporte de datos. Con relación a su misma materia, los resultados de aprendizaje de esta asignatura suponen la base, junto con *Redes de Acceso* y *Redes Móviles* para la asignatura *Diseño y Evaluación de redes*. En relación a otras materias de su mismo itinerario, deberá servir de base para *Calidad de Servicio en Redes de Comunicaciones* de la materia "Diseño de Servicios Telemáticos".

Estos resultados de aprendizaje también serán de utilidad en asignaturas de otros itinerarios. Más concretamente, en la asignatura *Comunicaciones Audiovisuales* (materia "Tratamiento de la Información" en el itinerario "Sistemas de Telecomunicación"), así como en las asignaturas *Codificación y Transporte de Servicios Audiovisuales* e *Ingeniería Multimedia e Interactividad* (materia "Servicios Audiovisuales" en el itinerario "Sonido e Imagen").

Al superar la asignatura, el estudiante será más competente para...

- 1:**
(C1) Concebir, diseñar y desarrollar proyectos de Ingeniería.

- 2:** (C2) Planificar, presupuestar, organizar, dirigir y controlar tareas, personas y recursos.
- 3:**
(C3) Combinar los conocimientos generalistas y los especializados de Ingeniería para generar propuestas innovadoras y competitivas en la actividad profesional.
- 4:**
(C4) Resolver problemas y tomar decisiones con iniciativa, creatividad y razonamiento crítico.
- 5:**
(C5) Comunicar y transmitir conocimientos, habilidades y destrezas en castellano
- 6:**
(C6) Usar las técnicas, habilidades y herramientas de la Ingeniería necesarias para la práctica de la misma.
- 7:**
(C7) analizar y valorar el impacto social y medioambiental de las soluciones técnicas actuando con ética, responsabilidad profesional y compromiso social
- 8:**
(C9) Gestionar la información, manejar y aplicar las especificaciones técnicas y la legislación necesarias para la práctica de la Ingeniería.
- 9:**
(C10) Aprender de forma continuada y desarrollar estrategias de aprendizaje autónomo.
- 10:**
(C11) Aplicar las tecnologías de la información y las comunicaciones en la Ingeniería.
- 11:**
(CT1) Construir, explotar y gestionar las redes, servicios, procesos y aplicaciones de telecomunicaciones, entendidas éstas como sistemas de captación, transporte, representación, procesado, almacenamiento, gestión y presentación de información multimedia, desde el punto de vista de los servicios telemáticos
- 12:**
(CT2) Aplicar las técnicas en que se basan las redes, servicios y aplicaciones telemáticas, tales como sistemas de gestión, señalización y conmutación, encaminamiento y enrutamiento, seguridad (protocolos criptográficos, tunelado, cortafuegos, mecanismos de cobro, de autenticación y de protección de contenidos), ingeniería de tráfico (teoría de grafos, teoría de colas y teletráfico) tarificación y fiabilidad y calidad de servicio, tanto en entornos fijos, móviles, personales, locales o a gran distancia, con diferentes anchos de banda, incluyendo telefonía y datos.
- 13:**
(CT3) Construir, explotar y gestionar servicios telemáticos utilizando herramientas analíticas de planificación, de dimensionado y de análisis.
- 14:**
(CT4) Describir, programar, validar y optimizar protocolos e interfaces de comunicación en los diferentes niveles de una arquitectura de redes.
- 15:**
(CT5) Seguir el progreso tecnológico de transmisión, conmutación y proceso para mejorar las redes y servicios telemáticos.
- 16:**
(CT6) Diseñar arquitecturas de redes y servicios telemáticos.

Importancia de los resultados de aprendizaje que se obtienen en la asignatura:

La comprensión de las tecnologías, arquitecturas y servicios proporcionados por las redes de transporte de datos es imprescindible para el ejercicio de las competencias de un graduado en Ingeniería de Tecnologías y Servicios de Telecomunicación que quiera realizar el módulo de tecnología específica "Telemática", por lo que las capacidades adquiridas en esta asignatura serán de gran utilidad para su formación.

Los conceptos y técnicas desarrollados en esta asignatura facilitarán la comprensión e interpretación de los fundamentos de

las redes de transporte de datos, así como para complementar los conocimientos adquiridos en las asignaturas con las que guarda relación: más con las cuales guarda estrecha relación tanto de materia común (común *Fundamentos de Redes y Tecnologías e Interconexión de Redes*) como de itinerario (*Redes de Acceso, Redes Móviles y Diseño y Evaluación de Redes*). Adicionalmente, esta asignatura permitirá complementar las bases necesarias para el desarrollo de posteriores asignaturas impartidas en la titulación, como *Planificación y Dimensionado de Redes*, entre otras.

Igualmente, adquiere gran importancia la formación práctica recibida tanto en la realización de trabajos tutelados a lo largo del curso, las visitas a empresas del sector TIC y las prácticas de laboratorio, pues introduce al estudiante en el mundo experimental y empresarial de las redes de transporte de datos.

Evaluación

Actividades de evaluación

El estudiante deberá demostrar que ha alcanzado los resultados de aprendizaje previstos mediante las siguientes actividades de evaluación

- 1:** **Evaluación intermedia de actividades teóricas.** A lo largo del curso se propondrá la realización de tres pruebas intermedias con cuestiones cortas, exposiciones orales, problemas y casos prácticos. Estas pruebas tendrán carácter voluntario para los alumnos y serán anunciadas con suficiente antelación durante el curso. Tienen por objeto evaluar todas las competencias de la asignatura, con especial énfasis en las competencias C5 y C10. La calificación de estas pruebas representará el 70% de la nota final y, para superar la asignatura, la calificación de estas pruebas no debe ser inferior a 5 puntos sobre 10. Acabado el curso, si la calificación de estas pruebas es superior a 7 puntos sobre 10, el alumno podrá liberar la parte de la evaluación final correspondiente.
- 2:** **Evaluación intermedia de actividades prácticas.** A lo largo del curso se propondrá la realización de un trabajo tutelado, varias visitas a empresas del sector TIC y diversas prácticas de laboratorio. Estas actividades prácticas tendrán carácter voluntario para los alumnos y serán anunciadas con suficiente antelación durante el curso. Tienen por objeto evaluar todas las competencias de la asignatura, con especial énfasis en las competencias C1, C4, C6 y CT6. La calificación de estas pruebas representará el 30% de la nota final y, para superar la asignatura, la calificación de estas pruebas no debe ser inferior a 5 puntos sobre 10. Acabado el curso, si la calificación de estas pruebas es superior a 7 puntos sobre 10, el alumno podrá liberar la parte de la evaluación final correspondiente.
- 3:** **Evaluación final de asignatura.** A las evaluaciones anteriores ya indicadas se le añaden dos pruebas finales: una primera prueba teórica (constituida por un test de respuesta múltiple donde las respuestas incorrectas penalizarán como $1/(N-1)$ siendo N el nº de posibles respuestas) y una segunda prueba práctica (formada por un conjunto de problemas o supuestos prácticos, donde el profesor planteará un conjunto de ejercicios por resolver, juzgando la madurez adquirida por el estudiante, de acuerdo al tipo de solución aportada para su resolución). La calificación de estas pruebas representará el 100% de la nota final, distribuida en un 70% para la primera prueba teórica y un 30% para la segunda prueba práctica. Para superar la asignatura, la calificación de cada de una de las dos pruebas no debe ser inferior a 4 puntos sobre 10 debiendo ser su media igual o mayor que 5 puntos. Aquellos alumnos que hayan realizado y superado una o las dos evaluaciones intermedias con calificación superior a 7 puntos sobre 10, podrán mantener las calificaciones previamente obtenidas y presentarse únicamente a la parte de la evaluación final que tuvieran pendiente (si fuera el caso).

Actividades y recursos

Presentación metodológica general

El proceso de aprendizaje que se ha diseñado para esta asignatura se basa en lo siguiente:

La asignatura se presenta con un marcado enfoque práctico y se plantea mediante la utilización de estrategias del Aprendizaje Basado en Problemas (PBL), planteando a los estudiantes la problemática existente, buscando soluciones y fomentando el espíritu crítico y la autoevaluación de los resultados. Las metodologías de enseñanza-aprendizaje que se realizarán para conseguir los resultados de aprendizaje propuestos son las siguientes:

M1: Clase magistral participativa (24 horas). Exposición por parte del profesor de los principales contenidos de la asignatura, combinada con la participación activa del alumnado. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial. Esta metodología, apoyada con el estudio individual del alumno (M14) está diseñada para proporcionar a los alumnos los fundamentos teóricos del contenido de la asignatura.

M8: Prácticas de aula (14 horas). Resolución de problemas y casos prácticos propuestos por el profesor, con posibilidad de exposición de los mismos por parte de los alumnos de forma individual o en grupos autorizada por el profesor. Esta actividad se realizará en el aula de forma presencial, y puede exigir trabajo de preparación por parte de los alumnos (M13).

M9: Prácticas de laboratorio (22 horas). Los alumnos realizarán sesiones de prácticas de 2 horas de duración. Esta actividad se realizará de forma presencial en el Laboratorio de Prácticas 2.03 (Laboratorio de Telemática), del edificio Ada Byron. El trabajo a desarrollar se realizará en pequeños grupos, responsables de la configuración y análisis de escenarios de redes de transporte de datos, de diversa complejidad, relacionados con los conceptos teóricos vistos durante las clases magistrales. Cada práctica completa (considerada como unidad) podrá constar de una o más sesiones. Se requerirá la presentación de estudios o trabajos previos cuando éstos sean necesarios para el desarrollo de la práctica (M13), la entrega del informe de configuración de los escenarios de laboratorio y el procesado y presentación de los resultados obtenidos (M15).

M10: Tutoría. Horario de atención al alumno, tanto de manera individualizada como en grupo y en todo caso personalizada, con el objetivo de revisar y discutir los materiales y temas presentados en las clases tanto teóricas como prácticas.

M11: Evaluación. Conjunto de pruebas orales y escritas teórico-prácticas y presentación de informes o trabajos utilizados en la evaluación del progreso del estudiante. El detalle se encuentra en la sección correspondiente a las actividades de evaluación.

Actividades de aprendizaje programadas (Se incluye programa)

El programa que se ofrece al estudiante para ayudarle a lograr los resultados previstos comprende las siguientes actividades...

1:

Sesiones teóricas, presentadas en el aula, cuyos contenidos principales se organizan en las siguientes unidades temáticas:

- Unidad 1. Introducción. Contexto tecnológico, legal y económico. Visión global de las redes de transporte: tecnologías actuales y tendencias emergentes. Conceptos técnicos (segmentación de la red, agregación de tráfico, agrupaciones jerárquicas, arquitecturas y estructuras de red, protocolos y servicios, redes privadas virtuales). Marco legal e institucional. Tendencias. Modelos de negocio
- Unidad 2. Tecnologías de transporte. PDH (Sincronización. Multiplexación. Conceptos técnicos. Agrupaciones jerárquicas. Formato de trama. Topología. Configuración de enlaces. Planificación de red. Problemática de redes multietapa. Condición de Clos. Método de Lee. Grafos simples y compuestos). SDH (Evolución de PDH a SDH. Conceptos técnicos. Formato de trama. Problemática de punteros. Agrupaciones jerárquicas. Estructura de multiplexación. Topología. Configuración de enlaces. Next Generation NG-SDH). WDM (Conceptos técnicos. Transmisión óptica. Capacidad de canales ópticos. Topología. Configuración de enlaces. Migración a WDM. Conmutación. Encaminamiento. Estructura global de red. Tendencias. Red óptica E2E.

Conmutación óptica).

- **Unidad 3. Protocolos y servicios.** X25, Frame Relay y ATM (Evolución de X.25 a FR a ATM. Definiciones y comparativa. Circuitos Virtuales. Conmutación. Encaminamiento. Arquitectura de protocolos. Formato de trama. Gestión de tráfico. Control de congestión). Ethernet y Gigabit Ethernet (Introducción. Elementos de interconexión: *hub, switch, router*. Técnicas de conmutación. Throughput. Redes GbEthernet. Integración con MPLS. Tendencias. Redes convergentes). VLAN e IP (Definición y estructura funcional. Arquitectura de protocolos. Tendencias de IP. Ejemplos prácticos. Proyecto FI-Ware). MPLS (Introducción. Comparativa MPLS vs ATM. Encaminamiento. Conmutación). VPN (Introducción. IPSec (*tunneling*). Implementación de VPN en redes IP, en redes MPLS, en redes NGN).
- **Unidad 4. Retos y tendencias. Redes de última generación.** Introducción. NGN. Visión del futuro de las telecomunicaciones. Evolución de NGN. Migración de funciones del plano de control al plano de transporte. Arquitecturas. Generalized MPLS (GMPLS). Ventajas operativas. Estandarización. Convergencia móvil-fijo. Convergencia móvil-WiFi/WiMax. Retos y tendencias. Nuevos modelos de servicios.

2: **Sesiones de problemas y casos prácticos.** En paralelo a las unidades teóricas se planteará al alumno tanto un trabajo tutelado de asignatura como una colección de problemas cuyo objetivo es contribuir a afianzar los conceptos trabajados en las sesiones teóricas. Además, la puesta en común de la resolución de tales problemas compromete al estudiante a ser crítico en la presentación de sus resultados así como en las propuestas realizadas por sus compañeros. Esta actividad combina una parte de estudio individual no presencial, en la que cada estudiante plantea soluciones a los problemas propuestos, junto con otra parte de trabajo presencial en la que se ponen en común las respuestas de todos los estudiantes

3: **Sesiones presenciales de laboratorio**, que tienen por objeto el desarrollo de las técnicas y procedimientos vistos en las sesiones teóricas y de problemas y su aplicación en el mundo de las telecomunicaciones. El detalle de las prácticas de laboratorio así como su calendario se concretará al comienzo del curso académico, atendiendo a los horarios fijados por la Escuela y la disponibilidad tanto de los estudiantes como del laboratorio de prácticas.

4: **Visitas externas**, que tienen por objeto tomar contacto real con tecnologías de amplio uso en el mundo empresarial. El detalle de las empresas objeto de visitas externas así como su calendario se concretará al comienzo del curso académico, atendiendo a los horarios fijados por la Escuela y la disponibilidad tanto de los estudiantes como de los responsables de las visitas externas.

Planificación y calendario

Calendario de sesiones presenciales y presentación de trabajos

El calendario de la asignatura, tanto de las horas presenciales en aula como las sesiones de laboratorio estará definido por el centro en el calendario académico del curso correspondiente. Las fechas para la realización de controles y otras actividades programadas se indicarán con suficiente antelación por parte del profesor.

Bibliografía y recursos

Como material propio de la asignatura y atendiendo a los soportes digitales facilitados por la Universidad de Zaragoza, se suministrará a los alumnos matriculados en la asignatura el acceso a un conjunto de **notas de clase** y **colección de problemas**.

Como bibliografía básica se recomienda:

- J.F. Kurose, K.W. Ross, "*Computer Networking. A top-down approach featuring the Internet*", 3rd edition, Ed. Addison Wesley, 2005.
- F. Halsall, "*Comunicación de Datos, Redes de Computadores y Sistemas Abiertos*", Ed. Addison Wesley, Reading (MA), 1998

- M. A. Gallo, William M. Hancock, *"Computer Communications and Networking Technologies"* Ed. Brooks / Cole, 2002
- W. Stallings *"ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM"* Prentice Hall 4th Ed., 2000.

Como bibliografía adicional se recomienda:

- Gary R. Wright, W. Richard Stevens, *"TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols"*, Ed. Addison Wesley, 1995.
- D. E. Comer, *"Internetworking with TCP/IP. Volume 1: Principles, Protocols and Architecture"*. Ed. Prentice Hall, 2000.

IETF Request For Comments (RFC): documentos de especificaciones (varios)

Referencias bibliográficas de la bibliografía recomendada

- 1.1 Kurose, James F.. Computer networking : A top-down approach featuring the internet/ James F. Kurose, Keith W. Ross . - 3rd ed. Boston : Pearson, cop. 2005
- 1.2 Halsall, Fred. Comunicación de datos, redes de computadores y sistemas abiertos / Fred Halsall . - 4a. ed., 1a reimpr. México [etc.] : Addison-Wesley Iberoamericana, 1998
- 1.3 Gallo, Michael A.. Comunicación entre computadoras y tecnologías de redes / Michael A. Gallo, William M. Hancock México [etc.] : Thomson, cop. 2002
- 1.4 Stallings, William. ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM / William Stallings . - 4th ed. Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, cop. 1999
- 2.1 Stevens, W. Richard. TCP/IP illustrated. Vol. 1, The protocols / W. Richard Stevens . - [20th. print.] Reading, Massachusetts [etc.] : Addison-Wesley, 2001
- 2.2 Comer, Douglas E.. Internetworking with TCP/IP. v.1, Principles, protocols, and architecture / Douglas E. Comer . - 4th ed Upper Saddle River, New Jersey : Prentice Hall, cop. 2000