




Seminario 1
Introducción a los protocolos de comunicaciones

Tecnologías de red
Grado en Ingeniería Informática. Esp. Ing. de Computadores
Curso 2015/2016

Jesús Esteban Díaz-Verdejo / Juan José Ramos Muñoz
Departamento de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones
E.T.S. Ingenierías Informática y Telecomunicación – Universidad de Granada
C/ Periodista Daniel Saucedo Aranda, s/n - 18071 – Granada (Spain)
Phone: +34-958 242304 - Fax: +34-958 240831 - Email: jedv@ugr.es





Tecnologías de red - Curso 15/16
© 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz


2

Esquema



1. Introducción a las capas y protocolos
 - 1.1 Elementos
 - 1.2 Funciones
2. Unidades de datos
 - 2.1 Codificación/decodificación
3. Ingeniería de protocolos
 - 3.1 Fases del desarrollo de protocolos
 - 3.2 Autómatas de estados finitos

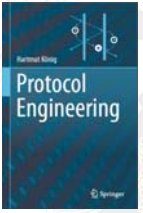
Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015



Bibliografía


-  **Básica**
 - Hartmut König: **Protocol Engineering**, Springer, 2012 ISBN: 978-3-642-29144-9 (**Tema 1**)
-  **Complementaria**
 - M. Carmen Romero: **Ingeniería de protocolos**, ISBN: 978-84-689-4420-3 (**Tema 2**)



Tecnologías de red - Curso 15/16
© 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

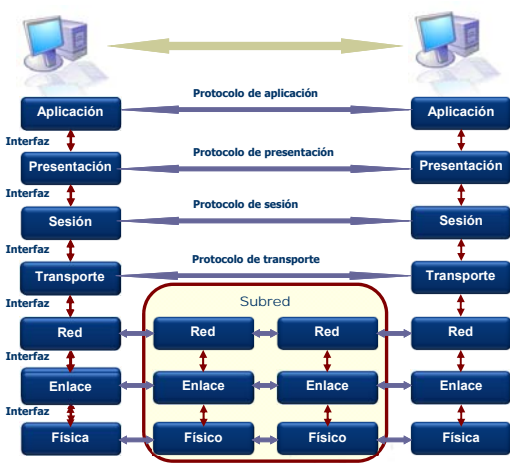
3

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015



Introducción a las capas y protocolos

Modelo de capas




Open Systems Interconnection Reference Model

- Propuesto por ISO
- 7 capas
- Aplicación
- Presentación
- Sesión
- Transporte
- Red
- Enlace de datos
- Física

Tecnologías de red - Curso 15/16
© 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

4

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015



Introducción a las capas y protocolos

Modelo de capas₂

Uso de **cabeceras**

- Cada capa añade cabeceras a los datos de la capa superior
- Las cabeceras de un nivel se procesan como datos en los inferiores

Unidades de transmisión

- UDA
- UDP
- UDS
- Segmento
- Paquete
- Trama
- Bit

La transmisión real se realiza en vertical

La programación se puede hacer en horizontal

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Introducción a las capas y protocolos

Transmisión vs. comunicación

Nuevo elemento en el sistema de transmisión de datos

- Protocolo***: Conjunto de reglas que gobiernan el intercambio de datos
 - Acuerdo entre los dispositivos que se comunican
 - Sin protocolo común, dos dispositivos pueden estar conectados pero no pueden comunicarse

Nueva "visión" del sistema de transmisión de datos

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015

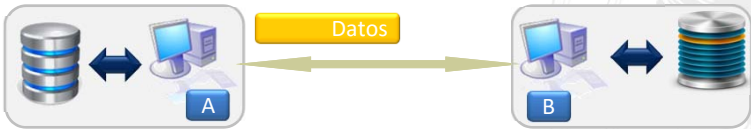
Universidad de Granada

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo

2.1 Elementos de un protocolo

Escenario (ej.):

- Intercambio de datos entre equipos



Acuerdos sobre

- Inicio y final del intercambio de datos
- Sincronización de emisores y receptores
- Detección y corrección de errores de transmisión
- Formateo y codificación de los datos
- ...

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Tecnologías de red - Curso 15/16 © 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo

2.1 Elementos de un protocolo₂

Protocolo: conjunto de reglas que regulan el formato y significado de los bloques de información intercambiados por entidades paritarias

- Las entidades utilizan protocolos para implementar las definiciones de sus servicios

Elementos:

- Servicio**
 - Servicio a proporcionar por el protocolo (interfaz superior)
- Entorno**
 - Limitaciones del entorno (interfaz inferior)
- Vocabulario**
 - Mensajes utilizados
- Codificación**
 - Sintaxis/formato de cada mensaje en el vocabulario
- Reglas de procedimiento**
 - Gramática/comportamiento, reglas para intercambio de mensajes
 - Procesos concurrentes!

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Tecnologías de red - Curso 15/16 © 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo

2.1 Elementos de un protocolo ₃

La función de cada capa es dar servicios a las capas superiores

Entidades: *elementos activos en cada capa*

- entidades en capa n proporcionan servicios a la capa n+1 (proveedor de servicio — usuario de servicio)

IDU

- Datos intercambiados
- IDU = ICI + SDU

SAP

- dirección única que lo identifica
- Posible fragmentación de SDU

SAP	Punto de acceso al servicio
IDU	Unidad de datos de interfaz
SDU	Unidad de datos de servicio
PDU	Unidad de datos de protocolo
ICI	Información de control del interfaz

9 Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015 Universidad de Granada

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo • Primitivas de servicio

Primitivas de servicio

Objetos formales para describir la interacción entre entidades

- Operaciones disponibles de un servicio

Primitiva	Significado
Solicitud	Una entidad (emisor) requiere al servicio la realización de alguna operación
Indicación	Recepción de la solicitud en el destino: se informa a una entidad sobre la recepción de un evento
Respuesta	Una entidad destino desea responder a un evento
Confirmación	Recepción (emisor) de la confirmación de la aceptación del servicio

Negociación

10 Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015 Universidad de Granada

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo • Primitivas de servicio

Primitivas de servicio ₂

Ejemplo
Conversación telefónica

Capa N+1
Capa N

Capa N+1
Capa N

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 Tiempo

1. CONNECT.request
2. CONNECT.indication
3. CONNECT.response
4. CONNECT.confirm
5. DATA.request
6. DATA.indication
7. DISCONNECT.request
8. DISCONNECT.indication

Secuencia de eventos:

- Marcar teléfono - Suena el teléfono - Descolgar teléfono - Fin de timbre de llamada - Conversación (5-6-7-8) - Colgar llamante - Colgar destinatario

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Introducción a las capas y protocolos • Funciones de un protocolo

2.2 Funciones de un protocolo

- Control de errores
 - Confirmaciones / Temporizadores / Duplicados / Detección de errores
- Sincronización
 - Handshake
- Gestión de la conexión
 - Establecimiento / mantenimiento / liberación / multiplexación
- Numeración de secuencia
- Información de estado
- Codificación/decodificación
- Control de flujo

a) Successful retransmission with a 2-way handshake

a) One-to-one

b) Multiplexing

c) Splitting

lost DR

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Introducción a las capas y protocolos • Elementos de un protocolo

Escenario de ejemplo

Movimiento de un drone en una rejilla

Funciones:

- Mover
- Encender
- Apagar
- Estado

Servicio
Entorno
Vocabulario
Codificación
Reglas de procedimiento

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

13

Unidades de datos • Codificación/decodificación de PDU

Codificación/decodificación de PDU

Formato de los mensajes

Significado dependiente de la posición

					CARGA ÚTIL	
C2	C3	C4	C5	C6	CARGA ÚTIL	
0101	A0	F51C0E	7B	6A	01A5B3245D32980A8BC00DE0	10101FF

Secuencia recibida

0101A0F51C0E7B6A01A5B3245D32980A8BC00DE010101FF

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

14

Unidades de datos Codificación/decodificación de PDU

Ejemplo de PDU

3. SPECIFICATION

3.1. Internet Header Format

A summary of the contents of the internet header follows:

0	1	2	3
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 1
Version IHL Type of Service Total Length			
Identification Flags Fragment Offset			
Time to Live Protocol Header Checksum			
Source Address			
Destination Address			
Options Padding			

Example Internet Datagram Header

Figure 4.

Note that each tick mark represents one bit position.

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Ejemplo: TFTP

Trivial Transfer Protocol (RFC 1350)

- Transferencia de archivos (similar a FTP, pero con menos funcionalidades)
- Usado para estaciones sin disco (arranque remoto)

TFTP Data/ACK Format

Wireshark trace of TFTP read request:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Read Request, File: text.txt, Transfer type: netascii
2	0.001569	193.5.54.29	193.5.54.112	TFTP	100	TFTP Data Packet, Block: 1
3	0.002043	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Acknowledgement, Block: 1
4	0.002159	193.5.54.29	193.5.54.112	TFTP	100	TFTP Data Packet, Block: 2 (last)
5	0.009594	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Acknowledgement, Block: 2

Wireshark trace of TFTP write request:

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Length	Info
1	0.000000	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Write Request, File: text.txt, Transfer type: netascii
2	0.075201	193.5.54.29	193.5.54.112	TFTP	100	TFTP Acknowledgement, Block: 0
3	0.075949	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Data Packet, Block: 1
4	0.077696	193.5.54.29	193.5.54.112	TFTP	100	TFTP Acknowledgement, Block: 1
5	0.077937	193.5.54.112	193.5.54.29	TFTP	100	TFTP Data Packet, Block: 2 (last)
6	0.084512	193.5.54.29	193.5.54.112	TFTP	100	TFTP Acknowledgement, Block: 2

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Unidades de datos ► Codificación/decodificación de PDU ► Escenario de ejemplo

Escenario de ejemplo

Formato de trama:

- Comandos (vocabulario): 3 bits

Comandos	Código
Encender/apagar	000
Mover	001
Obtener estado	010

Mensajes

mEncender
T: tipo de acción:
- 0: Encender
- 1: Apagar

mMover
Dir: dirección movimiento:
00: sur / 01: norte / 10: este / 11: oeste
Distancia: distancia a mover (cm)
p: relleno (ceros)

mVerEstado
p: relleno (ceros)

0 1 2 3
0 0 0 T

0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7
0 0 1 Dir Distancia p

0 1 2 3
0 1 0 p

17

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Unidades de datos ► Codificación/decodificación de PDU ► Escenario de ejemplo

Escenario de ejemplo

Mensajes (respuesta)

mOk
p: relleno (ceros)

mError
p: relleno (ceros)

mEstado
Nivel batería:
x,y: coordenadas del dron (en cm)
p: relleno (ceros)

0 1 2 3
0 0 0 p

0 1 2 3
1 1 1 p

0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3 4 5 6 7 0 1 2 3
Nivel batería x y p

18

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Simulador: <http://jfdkla.falemfae/drone>

Ingeniería de protocolos

3 Ingeniería de protocolos

- Los protocolos reales y los programas que los implementan suelen ser de gran complejidad
 - Necesidad de disponer de **técnicas formales de especificación y verificación** de protocolos
 - Permiten comprobar las propiedades y operación del protocolo
- Dos métodos (principales):
 - Modelado mediante **autómatas de estados finitos**
 - Representación mediante conjunto de estados y transiciones
 - Diagramas de estados finitos
 - Redes de Petri**
 - Grafo para representar estados y transiciones

Tecnologías de red - Curso 15/16
© 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

19

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Ingeniería de protocolos Fases del desarrollo de protocolos

3.1 Fases del desarrollo de protocolos

Fases

```

graph TD
    A[Análisis de requisitos] --> B[Diseño del servicio y del protocolo]
    B --> C[Verificación]
    C --> D[Evaluación rendimiento]
    D --> E[Implementación]
    E --> F[Test]
    F --> G[Instalación / integración]
    
    H[Formal description] --> I[Semantic model]
    I -- "(step-wise) interpretation" --> I
    I --> J[Interpreted description]
    J --> E
  
```

Tecnologías de red - Curso 15/16
© 2015 - Jesús E. Díaz Verdejo - Juan José Ramos Muñoz

20

Seminar 1 - Instalación de protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Ingeniería de protocolos ▶ Autómatas de estados finitos ▶ Diagramas de estados

3.2 Diagramas de estados

Autómata de estados finitos

- Quinteto **(S,I,O,T,S0)**
 - S**: conjunto de **estados**
 - I**: conjunto de **observaciones**, entradas o eventos
 - O**: conjunto de **salidas** o acciones
 - T**: conjunto de **transiciones** entre estados
 - S0**: **estado inicial**
- Representación gráfica: grafo con arcos orientados

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Ingeniería de protocolos ▶ Autómatas de estados finitos ▶ Diagramas de estados

3.2 Diagramas de estados ₂

Ejemplo: autómata URI protocolo HTTP

<http://ceres.ugr.es/it/index.php?sec=100&tema=enlace>

- Estados: inicial, servidor, path, atributo, valor, final: **{S_I, S_S, S_P, S_A, S_V, S_F}**
- Estado inicial: **{S_I}**
- Transiciones: determinadas por el protocolo
- Observaciones: aparición de símbolos **{:/,/,/,?,=,&,''}**

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015

Ingeniería de protocolos ▶ Autómatas de estados finitos ▶ Diagramas de estados

3.2 Diagramas de estados ₃

Aspectos relevantes:

- Alcanzabilidad** de los estados
 - Permite analizar qué estados son accesibles y cuáles no (teoría de grafos)
- Bloqueo** (*deadlock*)
 - Bucle sin posible salida

Nivel de detalle del autómata

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015 Universidad de Granada

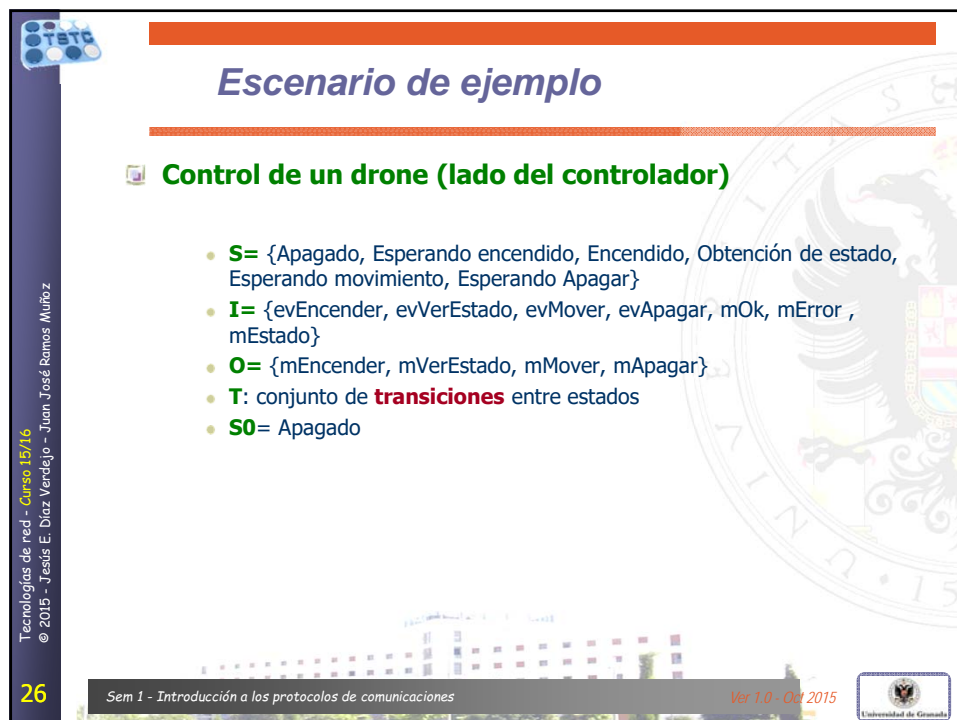
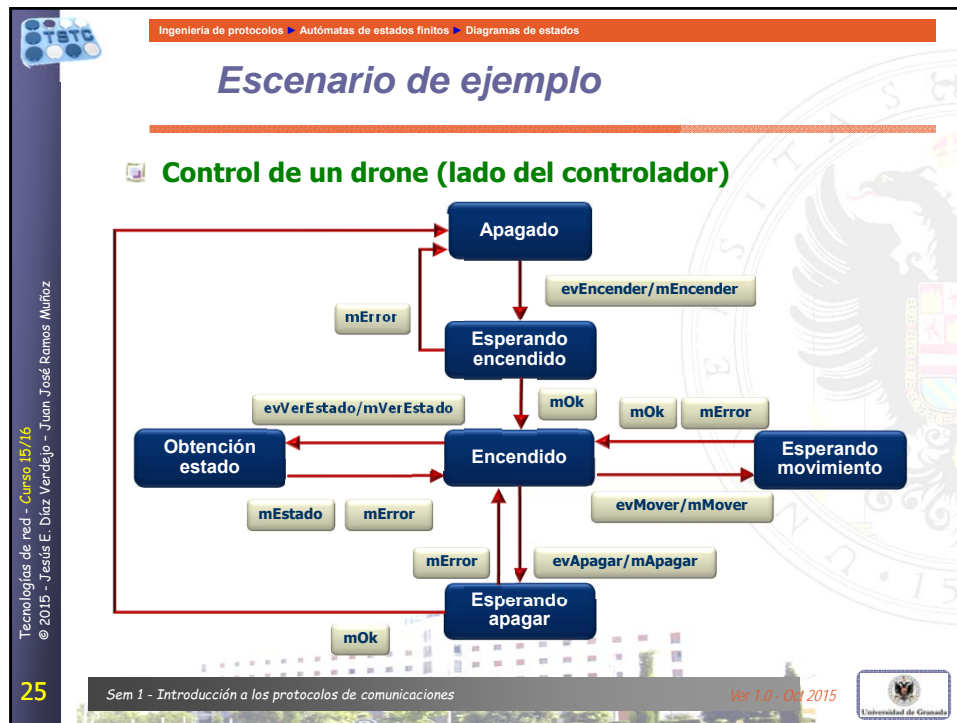
Ingeniería de protocolos ▶ Autómatas de estados finitos ▶ Diagramas de estados

3.2 Diagramas de estados ₄

Aplicación a ARQ

- Parada y espera** (ideal)
 - Estados (eventos)
 - Envío trama 0
 - Recepción trama 0, envío ACK 1
 - Recepción ACK 0, envío trama 1
 - Recepción trama 1, envío ACK 0
 - Recepción ACK 0, envío trama 0 (reinicio)
- 4 estados: **(x,y)**
 - x** número de confirmación esperada
 - y** número de trama esperada

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones Ver 1.0 - Oct 2015 Universidad de Granada



Escenario de ejemplo (resumen)

Solicitudes

0 1 2 3	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3
0 0 0 T	0 0 1 Dir Distancia p	0 1 0 p

mEncender
T: tipo de acción:
- 0: Encender
- 1: Apagar

mMover
Dir: dirección movimiento:
00: sur / 01: norte / 10: este / 11: oeste
Distancia: distancia a mover (cm)
p: relleno (ceros)

mVerEstado
p: relleno (ceros)

Respuestas

0 1 2 3	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3 4 5 6 7	0 1 2 3
0 0 0 p	1 1 1 p			

mOk

mError

mEstado
Nivel batería:
x,y: coordenadas del dron (en cm)
p: relleno (ceros)

27

Sem 1 - Introducción a los

Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada

Escenario de ejemplo

<http://sl.ugr.es/protocoloDrone>



28

Sem 1 - Introducción a los protocolos de comunicaciones

Ver 1.0 - Oct 2015

Universidad de Granada