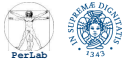




Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti

Giuseppe Anastasi

g.anastasi@iet.unipi.it



Pervasive Computing and Networking Lab. (PerLab)
Dept. of Information Engineering
University of Pisa



 **Overview** 



- Concetti introduttivi
- Collegamenti Punto-Punto
 - ✓ Collegamenti via modem, ADSL, ...
- Reti Locali
 - ✓ Ethernet, Fast Ethernet
- Reti Wireless
 - ✓ WiFi, Bluetooth, ...
- Reti di Reti (Internet e Intranet)
- Architettura di Internet
 - ✓ Gestione degli indirizzi
 - ✓ Forwarding dei pacchetti
 - ✓ Protocolli di routing
- Protocolli TCP e UDP

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 2

 **Riferimenti bibliografici** 



- **Computer Networking: A Top-Down Approach Featuring the Internet (IV Edition)**
 - J. F. Kurose, K. W. Ross
- **Computer Networks**
 - L. L. Peterson, B. S. Davie
 - Morgan Kaufmann
- **Reti di Computer**
 - A. S. Tanenbaum
 - Utet - Prentice Hall
- **Reti Locali**
 - S. Gai, P. L. Montessoro, P. Nicoletti
 - Scuola Superiore G.Reiss Romoli

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 3

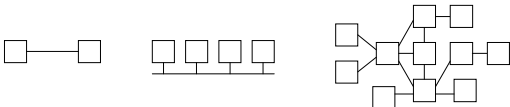
 **Overview** 

- Concetti introduttivi

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 4

 **Definizioni** 


Rete di calcolatori = insieme di nodi collegati mediante link di comunicazione



Nodo:

- Calcolatore generico
- Switch o router
- Altri dispositivi hw (es. stampante)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 5

 **Link di comunicazione** 

- Conduttori in rame
 - Segnale elettrico
 - Scarsa resistenza elettrica
 - Economicità
 - Sensibilità ai disturbi elettro-magnetici
- Fibre ottiche
 - Segnale luminoso
 - Insensibilità a interferenze elettromagnetiche
 - Maggiori distanze rispetto ai conduttori in rame
 - Banda piu' ampia
 - Maggiori costi

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 6


Link di comunicazione

- Collegamenti Wireless
 - Onde Radio
 - Collegamenti via Satellite
 - ✓ Geostazionari
 - ✓ LEO (Low Earth Orbit)
 - Raggi Infrarossi
 - ✓ Richiedono la line-of-sight connectivity
 - Microonde

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 7

Conduttori in Rame

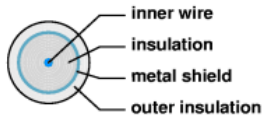
- Doppino Telefonico
 - ✓ Unshielded Twisted Pair (UTP Cat. 4, 5, 6 ..)
 - ✓ Shielded Twisted Pair (STP)
 - Schermatura per singola coppia + schermatura complessiva per tutte le coppie
 - ✓ Screened Twisted Pair (ScTP)
 - Schermatura unica per tutte le coppie



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 8

Conduttori in Rame

- Cavo Coassiale



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 9

Tassonomia delle reti

- Reti Geografiche (WAN)
- Reti Metropolitane (MAN)
- Reti Locali (LAN)
- Reti Personali (PAN)
- Reti Corporee (BAN)

~1m ~10m ~100m ~1Km

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 10

Reti Geografiche (WAN)

- Copertura
 - ✓ Da regionale a inter-continentale
- Proprietà
 - ✓ Gestore di TLC
 - ✓ Servizio a pagamento
- Banda disponibile all'utente
 - ✓ Da qualche decina di kbps a qualche Mbps
- Costi
 - ✓ Dipendenti dal contratto (banda, distanza)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 11

Reti Cittadine e Metropolitane

- Copertura
 - ✓ Cittadina, metropolitana
- Proprietà
 - ✓ Gestore di TLC
 - ✓ Community
- Banda disponibile all'utente
 - ✓ Ordine dei Mbps
- Costi
 - ✓ Dipendenti dal contratto se la rete è gestita da un gestore di TLC.

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 12


Reti Locali (LAN)

- Copertura
 - ✓ Edificio, Campus
- Proprietà
 - ✓ Rete privata dell'organizzazione
- Banda disponibile all'utente
 - ✓ Da qualche Mbps a qualche Gbps
- Costi
 - ✓ Solo costi di installazione

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 13

Reti Personali (PAN)

- Interconnection of **Personal Devices**
 - Cell-phone, notebook, PDA
 - Printer, mouse, camera, sensors, ...
- Short Range (10 m)
- Low Power
 - Energy-limited devices
 - Minimal impact on health
- Wireless Links
- Different services supported
 - data, voice
- Plug & Play



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 14


Reti Personali (PAN)



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 15

Reti Corporee (BAN)

- Interconnection of **wearable** devices
 - ✓ Cell-phone, PDA
 - ✓ MP3 player, headset
 - ✓ smart watch, wearable displays, ...
- Very short range (1 m)
- Low Power
- Wireless Links
- Different data types
- Plug & Play



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 16

Tipi di Servizio

- **Orientato alla connessione (Connection Oriented)**
 - Modello: Sistema telefonico
 - Apertura connessione virtuale – Invio dati – Chiusura connessione
 - Tutti i messaggi seguono lo stesso percorso
 - Ordinamento FIFO
- **Senza connessione (Connectionless)**
 - Modello: Sistema Postale
 - Ogni messaggio contiene l'indirizzo del mittente e del destinatario
 - Messaggi diversi possono seguire percorsi diversi
 - Nessuna garanzia sull'ordinamento

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 17

Qualita' del Servizio

- **Affidabile**
 - Tutti i messaggi arrivano a destinazione
- **Best Effort**
 - Alcuni messaggi possono andare perduti
 - La rete fa del suo meglio per evitare perdite di pacchetti e limitare i ritardi ma senza offrire garanzie
- **Con garanzie sul ritardo**
 - Ritardo sperimentato da un messaggio $\leq \text{ritardo_max}$
 - Ritardo $\leq \text{ritardo_max}$ con probabilita' p
- **Con garanzie sul jitter del ritardo**
 - Il ritardo puo' variare entro un certo intervallo

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 18

Architettura a livelli

OSI

Application	← LAYER 7
Presentation	← LAYER 6
Session	← LAYER 5
Transport	← LAYER 4
Network	← LAYER 3
Data Link	← LAYER 2
Physical	← LAYER 1

TCP/IP

Application	← LAYER 5
Transport	← LAYER 4
Internet	← LAYER 3
Network Interface	← LAYER 2
Physical	← LAYER 1

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 19

Percorso effettivo dei dati

The diagram illustrates the flow of data through the seven layers of the OSI model. On the left, a 'Sending Process' sends data through the layers: Application (Application protocol), Presentation (Presentation protocol), Session (Session protocol), Transport (Transport protocol), Network (Network protocol), Data link (Data link protocol), and Physical (Physical layer). On the right, a 'Receiving Process' receives data through the same layers. The 'Actual data transmission path' is shown as a dashed line that starts at the Application layer, goes down to the Physical layer, and then back up to the Application layer on the receiving side. The data is encapsulated at each layer: Data (Application), Data (Presentation), Data (Session), Data (Transport), Data (Network), Data (Data link), and Bits (Physical).

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 20

Overview

- **Collegamenti Punto-Punto**
 - ✓ Collegamenti via modem, ADSL, ...

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 21

Collegamento fisico

Codifica (Encoding)
I bit vengono inviati sotto forma di segnali elettrici secondo una certa codifica

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 22

Collegamenti via modem

- Linee telefoniche

MODEM (MODulatore-DEModulatore)

- Adatta I segnali elettrici prodotti dal computer alla linea telefonica

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 23

Linee digitali punto-punto (2)

- Collegamento fra due punti distanti
-2 edifici di una stessa citta' o di citta' diverse
- Costo dipendente da capacita' e distanza

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 24

Linee ISDN

Integrated Service Digital Network

- Fornisce voce e dati digitalizzati
- Utilizza l'impianto locale ordinario (doppino telefonico)
- 2 canali da 64 Kbps + 1 canale a 16 Kbps di controllo (2B+D)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 25

Linee ADSL

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line)

- Velocità trasmissiva diversa nelle 2 direzioni
- Taratura in base alle esigenze dell'abbonato
- Non richiede modifiche all'impianto dell'abbonato
- Funziona simultaneamente ai servizi telefonici convenzionali

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 26

Altre Linee DSL

- SDSL (Symmetric Digital Subscriber Line)
 - Velocità trasmissiva uguale nelle 2 direzioni
 - Utile per aziende che forniscono informazioni a terzi
- HDSL (High rate Digital Subscriber Line)
- VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 27

Altri collegamenti punto-punto

Per utenze aziendali

- Frame Relay
- SMDS
- ATM

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 28

Collegamento logico

Data link
Physical

- Codifica
- Impacchettamento dei dati
- Rilevazione di eventuali errori
- Gestione di eventuali errori

Protocollo PPP

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 29

Framing

- I bit da trasmettere vengono raggruppati in frame
- I frame sono delimitati da speciali caratteri di inizio trasmissione (SoF) e fine trasmissione (EoF)

• Header	• Trailer
– Sincronizzazione	– EoF
– SoF	– CRC
–	

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 30

Error detection (1)

Controllo di parita' (parity check)

- In trasmissione si aggiunge un bit in modo che il numero di bit 1 sia pari (**parita' pari**) o dispari (**parita' dispari**).

1	0	0	0	1	0	1	1	Parita' pari
1	0	0	0	1	0	1	0	Parita' dispari

- In ricezione si ricalcola il bit di parita' e lo si confronta con quello inserito dal trasmettitore

Copre solo gli errori che si manifestano in un numero dispari di bit alterati

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 31

Error detection (2)

- **Somma di controllo (Checksum)**
 - Somma binaria dei dati da trasmettere aggiunta alla fine del pacchetto da trasmettere
 - In ricezione si riesegue il calcolo e lo si confronta con il valore inserito dal trasmettitore.
 - Facilita' di calcolo
 - Costo Limitato
 - Copertura modesta
- **CRC (Cyclic Redundancy Check)**
 - Copertura migliore di Checksums
 - Costo paragonabile

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 32

Error recovery (1)

Codifica a correzione di errore (FEC)

- Si basa sull'invio di informazioni ridondanti
- Quando si rileva un errore si cerca di recuperare sfruttando la ridondanza
- Esempi di uso
 - ✓reti wireless
 - ✓reti via satellite
 - ✓applicazioni multicast

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 33

Error Recovery

- Esempio

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 34

Error recovery (2)

ARQ (Automatic Repeat Request)

Acknowledgments + timeouts + ritrasmissioni

↓

Comunicazione Affidabile

- Il ricevitore invia un **ack** appena ricevuto un **frame**
- Il trasmettitore attiva un **timer** all'invio del **frame**
- Se entro il **time-out** non riceve un **ack** rimanda il **frame**

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 35

Controllo del flusso (1)

- **Stop and wait**
 - Il trasmettitore puo' inviare un nuovo frame solo dopo aver ricevuto l'ack dal ricevitore
 - Prestazioni limitate
 - Si applica solo per distanze limitate
- **Sliding window**
 - Il trasmettitore puo' inviare fino a **w** frame senza attendere l'ack
 - Ogni volta che riceve un ack dal ricevitore invia un nuovo frame
 - Ci possono essere, al piu', **w** frame in attesa di ack
 - Le prestazioni dipendono dall'ampiezza della finestra (**w**)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 36

Controllo del flusso (2)

**Stop-and-wait
Vs.
Sliding window**

The diagram shows two scenarios between computer 1 and computer 2:

- (a) Stop-and-wait:** Computer 1 sends a packet, then waits for 'rec' (received) from computer 2 before sending the next packet. This process repeats four times before computer 1 says 'done'.
- (b) Sliding window:** Computer 1 sends four packets in parallel. Computer 2 receives them and sends back four 'rec' messages. Computer 1 then says 'done'.

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 37

Protocolli data link in Internet

- **Collegamenti punto a punto** usati in Internet per
 - Collegare router fra loro
 - Collegare PC a internet (tramite modem)
- **SLIP**
 - Serial Link IP (Internet Protocol)
 - In via di estinzione
- **PPP**
 - Point-to-Point Protocol
 - Sempre più usato

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 38

SLIP

- **Ideato nel 1984 (RFC 1055)**
 - Per interconnettere SUN ws a Internet tramite rete telefonica
- **Nessuna gestione degli errori**
 - I livelli superiori devono farsene carico
- **Supporta solo IP**
- **Assegnazione statica di indirizzi IP**
 - Data la limitatezza degli indirizzi IP è un grosso limite
- **Nessuna autenticazione**
 - Va bene per linee dedicate ma non per collegamenti telefonici
- **Molte versioni (spesso incompatibili)**
 - Non è uno standard Internet approvato

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 39

PPP

- Gestione degli errori
- Supporta molti protocolli
 - Esempio IPX di Novell
- Assegnazione dinamica degli indirizzi IP
 - L'indirizzo IP viene assegnato all'atto della connessione
 - Condivisione di indirizzi IP fra molti utenti potenziali
- Autenticazione della connessione
- Negoziazione dei parametri della connessione
 - LCP = Link Control Protocol
 - NCP = Network Control Protocol
 - ✓ Famiglia di protocolli
 - ✓ Per IP: ICIP (IP Control Protocol) – RFC 1332

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 40

PPP

Non supporta

- Error correction
 - ✓ Solo error detection
 - ✓ Demandato ai protocolli di livello superiore (es. TCP)
- Flow Control
 - ✓ Demandato ai protocolli di livello superiore (es. TCP)
- Sequencing
 - ✓ Demandato ai protocolli di livello superiore (es. TCP)



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 41

Pacchetto PPP

	Flag	Addr	Contr	Prot	Info	CRC	Flag
	01..10	11..11					01..10
Bytes	1	1	1	1/2	Variable (default: 1500)	2/4	1



- I campi **Address** e **Control** possono anche mancare
- Negoziazione durante la fase di apertura della connessione
 - Protocollo LCP

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 42

 **Sequenza di Escape** 



- **Flag**
 - sequenza particolare di bit: **01111110**
 - delimitano inizio e fine del frame PPP
- **Escape Sequence (ES)**
 - Sequenza di bit: **01111101**
 - Permette di trasmettere il byte di informazione che coincide con il Flag
 - Permette anche di trasmettere il byte di informazione che coincide con la sequenza di Escape

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 43

 **Byte Stuffing/Unstuffing** 

- **Trasmissione (byte stuffing)**
 - Prima di ogni byte di info 01111110 viene inserita una sequenza di Escape
✓ 01111110 → 01111101 01111110
 - Prima di ogni byte di info 01111101 viene inserita una sequenza di Escape
✓ 01111101 → 01111101 01111101
- **Ricezione**
 - La prima occorrenza della sequenza di Escape viene letta e cestinata
✓ 01111101 01111110 → 01111110
✓ 01111101 01111101 → 01111101

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 44

 **Attivazione di una connessione PPP** 

1. Il PC chiama il router del provider via modem
2. Il modem del provider risponde
 - Si stabilisce un collegamento fisico tra PC e router del provider
3. **Negoziatore dei parametri di link (protocollo LCP)**
 - Utilizzo dei campi Address e Control, Lunghezza max frame, Protocollo di autenticazione,
 - Viene effettuata tramite una serie di pacchetti LCP (inviati mediante frame PPP)
4. **Negoziatore parametri di rete**
 - Compressione pacchetti IP?, ...
 - Viene effettuata tramite una serie di pacchetti NCP (inviati mediante frame PPP)
5. Viene assegnato un indirizzo IP al PC
6. Il PC è ora collegato a Internet

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 45

Chiusura di una connessione PPP

1. Protocollo NCP
 - Rilascio dell'indirizzo IP
 - Rilascio della connessione di livello rete
2. Protocollo LCP
 - Rilascio della connessione di livello data link
3. Viene rilasciato il collegamento telefonico

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 46

Overview

- **Reti Locali (LAN)**
 - ✓ Ethernet, Fast Ethernet

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 47

Limite dei collegamenti punto-punto

N Nodi da collegare:

Collegamenti necessari

$$\frac{N(N-1)}{2}$$

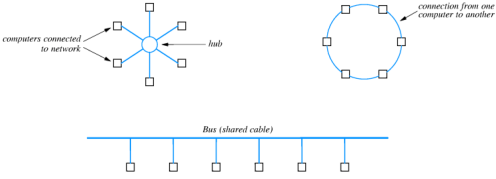
↓

Scalabilità molto limitata
Costi elevati

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 48

Reti Locali (LAN)

Mezzo di comunicazione condiviso



Per l'accesso esclusivo al mezzo di comunicazione i nodi usano un **protocollo di accesso** (protocollo MAC)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 49

Indirizzo fisico

Nelle reti locali la trasmissione e' di tipo broadcast.
Comunicazione unicast

↓

A ogni nodo viene assegnato un indirizzo (**indirizzo fisico o indirizzo hw o indirizzo MAC**)

Il nodo mittente inserisce l'indirizzo del destinatario nell'header di ogni frame inviato

il nodo destinatario accetta il frame ricevuto solo se **indirizzo del destinatario = indirizzo del nodo**

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 50

Schemi di indirizzamento

- **Statico**
 - Viene assegnato dal costruttore della scheda di rete
 - Non cambia al riavvio del calcolatore
 - Evita conflitti di indirizzo
 - Richiede indirizzi lunghi
- **Configurabile**
 - Viene impostato dall'utente (impostazione manuale o elettronica)
 - Non cambia dopo ogni riavvio
 - Indirizzi corti
- **Dinamico**
 - Viene assegnato ad ogni riavvio
 - Indirizzi corti
 - Mancanza di stabilita' e potenziali conflitti


Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 51

Indirizzi broadcast e multicast

- **Trasmissione broadcast**
 - Trasmissione di informazione a **tutti** i calcolatori della rete
- **Indirizzo broadcast**
 - Indirizzo speciale riservato
 - L'interfaccia accetta tutti i frame con indirizzo del destinatario uguale all'indirizzo del nodo oppure all'**indirizzo broadcast**
- **Trasmissione multicast**
 - Trasmissione di informazione a un **gruppo** di calcolatori
- **Indirizzi multicast**
 - Indirizzi speciali riservati (uno per ogni gruppo)
 - L'applicazione comunica all'interfaccia l'indirizzo multicast
 - L'interfaccia accetta tutti i frame con indirizzo del destinatario uguale a indirizzo del nodo o a indirizzo broadcast o a **indirizzo multicast**

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 52

Formato del frame



- **Intestazione (Header)**
 - Lunghezza costante
 - Indirizzo del mittente
 - Indirizzo del destinatario
 - Altre informazioni di controllo
- **Blocco Dati o Carico (Payload)**
 - Lunghezza variabile
 - Dati da trasmettere
- **Trailer**
 - Bit CRC

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 53

Ethernet: Versioni

- Ethernet (Xerox)
- DIX Ethernet (Digital Intel Xerox)
- IEEE 802.3

} 10 Mbps

- Ethernet a 100 Mbps
- Gigabit Ethernet (1, 10 Gbps)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 54

Ethernet a 100 Mbps

Necessità di una LAN a 100 Mbps

Inizio anni 90

- 100BaseX
 - Basata su CSMA/CD
- IEEE 802.3u o 100BaseT o Fast Ethernet
 - Giugno 1995
 - Evoluzione di 10BaseT
- 100BaseVG (HP, ATT)
 - Basata su Demand Priority
- 100VG AnyLAN (HP, ATT, IBM)
 - IEEE 802.12

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 55

Tecnologie Ethernet

- Ethernet a 10 Mbps
 - 10BaseT
 - 10Base5
 - 10Base2
- Fast Ethernet (100 BaseT, 100 Mbps)
 - Utilizza UTP Cat. 5
 - Usa codifica 4B/5B
- Gigabit Ethernet (1, 10 Gbps)
 - Usate per interconnettere Ethernet a 10 e 100 Mbps
 - IEEE 802.3z (1 Gbps)
 - ✓ Fibra ottica, UTP Cat. 5
 - IEEE 802.3ae (10 Gbps)
 - ✓ Collegamenti punto-punto

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 56

Frame Ethernet

- Preambolo (Preamble)
 - Stringa di 64 bit alternati per la sincronizzazione
- Indirizzo Destinatario (Destination Address)
 - Indirizzo broadcast: 11111.....1
 - Indirizzi multicast: 1-----
- Indirizzo Mittente (Source Address)
- Tipo del frame (Type)
 - Identifica il tipo dei dati (0800: pacchetto IPv4)
- Payload
- CRC (Cyclic Redundancy Check)
 - Error detection

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 57

Ethernet (2)

La trasmissione sul cavo e' di tipo **broadcast**

Protocollo di accesso: CSMA/CD
Carrier Sense Multiple Access – Collision Detection

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 58

Protocollo CSMA/CD (1)

- Un nodo che vuole trasmettere un frame ascolta il mezzo (CS)
- Se il mezzo e' libero per almeno 96 bit inizia a trasmettere
 - Se il canale e' occupato aspetti che diventi libero per almeno 96 bit
- Se durante la trasmissione viene rilevata una collisione (CD)
 - Si interrompe la trasmissione
 - Si trasmette un segnale di jam di 48 bit
 - Si genera un numero casuale K in $[0, 1, 2, \dots, 2^m - 1]$
 - $m = \min(n, 10)$
 - n = numero della collisione
 - Si aspetta un tempo pari a $K * 51,2 \mu\text{sec}$
- Si tenta un nuovo accesso

Algoritmo di backoff esponenziale
 Dopo ogni collisione l'ampiezza dell'intervallo di backoff viene raddoppiato fino alla decima collisione.

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 59

Protocollo CSMA/CD (2)

- Semplice
- Accesso casuale
- Nessuna garanzia sui tempi di accesso
- Le prestazioni degradano all'aumentare del carico
- Limitazioni sulla lunghezza del cavo
 - Dipendono dal tipo di mezzo trasmissivo usato

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 60

Mezzi trasmissivi per Ethernet

Velocità trasmissiva in Mbps → **10BaseX** ← Lunghezza massima o tipologia del mezzo
 ↑
 Trasmissione in banda base o in Banda passante (BROAD)

- **10Base5** (Ethernet su **cavo spesso** o **Thick Ethernet**)
 - Segmento di lunghezza massima di 500 m.
 - Cavo coassiale da 50 ohm di tipo RG213 (cavo spesso o cavo giallo)
 - Numero massimo di tranceiver collegabili: 100 (distanza minima 2.5 m.)
- **10Base2** (Ethernet su **cavo sottile** o **Thin Ethernet**)
 - Segmento di lunghezza massima di 185 m.
 - Cavo coassiale da 50 ohm di tipo RG58 – connettore BNC
 - Numero massimo di tranceiver collegabili: 30
- **10BaseT** (Ethernet su **doppino telefonico**)
 - Doppino telefonico (UTP di cat. 3 e superiori) – connettori RJ45
 - Lunghezza di circa **100 m**
- **10BaseFOIRL** (Fiber Optic InterRepeater Link)
 - Fibra ottica di lunghezza massima 1000 m senza derivazioni

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 61

Ethernet su cavo spesso (1)

10Base5 o Thick Ethernet

- **Scheda di rete**
 - Aspetti digitali della comunicazione
 - Rilevazione errori
 - Riconoscimento indirizzi
 - Colloquio con la CPU
- **Tranceiver**
 - Aspetti analogici della comunicazione
 - Rilevazione della portante e delle collisioni

Un tranceiver per ogni nodo: collegamento mediante cavo AUI (Attachment Unit Interface)
 Il tranceiver e' solitamente lontano dal computer (es. controsuffitto)

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 62

Ethernet su cavo sottile

10Base2 o Thin Ethernet

- Il tranceiver e' incorporato nella scheda di rete
- Si usano connettori BNC
- Installazione meno costosa della thicknet
- Minore affidabilità

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 63

Ethernet su doppino

Node
Adapter
Two pairs of twisted-pair copper wire
Key:
Hub

Figure 5.26 ♦ Star topology for 10BaseT and 100BaseT

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 64

Hub

- Dispositivo di interconnessione
 - In grado di funzionare sia a 10 che a 100 Mbps
 - Permette la trasmissione di 1 solo calcolatore alla volta
 - ✓ Se due calcolatori tentano di trasmettere insieme si verifica una collisione e i calcolatori devono ritentare la trasmissione
 - Il numero di calcolatori collegabili è limitato dal numero di porte dell'hub
 - Si possono avere hub in cascata

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 65

Overview

- Reti Locali Estese
 - ✓ Repeater (Hub)
 - ✓ Bridge
 - ✓ Switch
 - ✓ Switched Ethernet

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 66

Limiti delle LAN

- Copertura geografica limitata da
 - Protocollo di Accesso basato su contesa
 - Potenza emessa dai dispositivi fisici
 - Ritardi dei messaggi
- Numero di nodi limitato da
 - Mezzo condiviso
 - Protocollo di accesso

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 67

Ripetitore (1)

Riceve i segnali da un segmento e li ritrasmette amplificati sull'altro segmento (amplificatore)

Numero massimo di ripetitori fra due nodi qualsiasi: 4

- La lunghezza massima di una Thick Ethernet e' 2500 m.
- Per Thin Ethernet e 10BaseT/100BaseT la lunghezza massima e' inferiore
- Un hub deve essere considerato come un ripetitore

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 68

Ripetitore e modello OSI

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 69

Ethernet basata su Hub

Figure 5.27 ♦ Three departmental Ethernets interconnected with a hub.

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 70

Ripetitore (2)

Usò di ripetitori all'interno di un edificio

Il numero di ripetitori fra due nodi qualsiasi e', al piu', 4

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 71

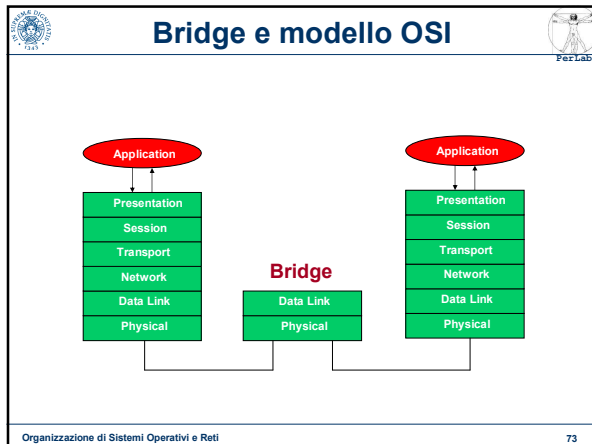
Bridge

- I ripetitori propagano collisioni e interferenze
✓ Unico dominio di collisione
- I bridge collegano segmenti Ethernet ma operano a livello di frame e non di segnale elettrico

Un bridge che riceve un frame da un segmento

- ne verifica l'integrita'
- se necessario, ne inoltra una copia sull'altro segmento

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 72



- ### Vantaggi dell'uso dei Bridge
- Le interferenze e le collisioni non vengono propagate
 - Domini di collisioni separati
 - I due segmenti possono procedere in parallelo (trasmissioni simultanee senza contesa)
 - Il traffico su ciascuno dei due segmenti è minore
 - i frame destinati a nodi sullo stesso segmento non vengono filtrati
 - I frame alterati vengono filtrati
 - Se si interrompe uno dei due segmenti l'altro continua a funzionare regolarmente
- Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 74

- ### Filtraggio dei frame
- Il bridge ritrasmette
 - Tutti i messaggi con indirizzo broadcast
 - Tutti i messaggi con indirizzo multicast
 - Tutti i messaggi il cui destinatario si trova sull'altro segmento
- Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 75

Algoritmo di filtraggio

Il bridge costruisce un elenco dei calcolatori collegati ai due segmenti

- Dinamicamente
- Usa la **tabella di bridging** per decidere se inoltrare i frame.

- Inizialmente il bridge inoltra tutti i frame che riceve
- Quando riceve un frame da un segmento
 - estrae l'indirizzo del mittente
 - lo aggiunge alla lista relativa a quel segmento,
 - guarda l'indirizzo del destinatario
 - Consulta la tabella di bridging e
 - decide se inoltrare il frame

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 76

Esempio

Event	Segment 1 List	Segment 2 List
Bridge boots	-	-
U sends to V	U	-
V sends to U	U, V	-
Z broadcasts	U, V	Z
Y sends to V	U, V	Z, Y
Y sends to X	U, V	Z, Y
X sends to W	U, V	Z, Y, X
W sends to Z	U, V, W	Z, Y, X

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 77

Considerazioni

- A regime il bridge inoltra un frame solo quando strettamente necessario
- Nella fase iniziale si possono avere ritrasmissioni di frame non necessarie
- La durata della fase iniziale dipende dal comportamento dei nodi
 - Se un nodo non trasmette mai non c'è modo di sapere dove si trova
 - In pratica questo non succede grazie agli ACK

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 78

Rete locale estesa

- Si possono coprire anche edifici molto grandi
- Il ritardo di attraversamento cresce con il numero dei bridge

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 79

Cicli di ponti (1)

- Se tutti i bridge inoltrano frame si può creare un **ciclo di ponti**
 - Il frame continua a circolare all'infinito lungo il ciclo
 - Ogni nodo riceve un numero illimitato di copie

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 80

Cicli di ponti (2)

Per prevenire un ciclo di ponti bisogna evitare che si verifichino contemporaneamente le seguenti circostanze:

- La rete contiene un ciclo di segmenti collegati da ponte
- Tutti i bridge inoltrano tutti i frame

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 81

Distributed Spanning Tree Algorithm

- Eseguito autonomamente dai bridge di una rete per decidere chi deve inoltrare e chi no
- Un bridge si astiene dall'inoltrare frame se ogni segmento al quale è connesso ospita già un bridge che ha deciso di inoltrare
- Dopo l'esecuzione dell'algoritmo i bridge che hanno ottenuto il permesso di inoltrare formano un **albero**

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 82

Switch: riepilogo

- Diversi domini di collisione
- Unico dominio di broadcast
- Collega due Ethernet

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 83

Switch

The diagram shows a central switch with six ports. Each port is connected to a host. The hosts are arranged in a circle around the switch: A (top-left), B (bottom-left), C (bottom), A' (bottom-right), B' (top), and C' (top-right). Lines connect each host to the central switch.

Figure 5.32 ♦ A switch providing dedicated Ethernet access to six hosts

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 84

Inoltro e filtraggio

- Simile a quello del bridge
- Tabella di Switching
 - ✓ Costruita dinamicamente
 - ✓ Algoritmo di auto-apprendimento

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 85

Commutazione

- Store and Forward
- Cut through

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 86

Ethernet basata su Switch

Key: Link-layer switch

Figure 5.28 ♦ Three departmental LANs interconnected with a switch.

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 87

Presenza di rete

- Serve per collegare il computer
 - ✓ Cavo di collegamento $\leq 3m$ (patch cord)
- Collegata a un armadio di distribuzione
 - ✓ Intermedio (IDF)
 - ✓ Principale (MDF)



Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 94

Progetto del cablaggio

- Un progetto non corretto puo' portare a
 - Malfunzionamenti della rete
 - Degradazione delle prestazioni
 - Impossibilita' di aggiungere altri computer alla rete
- Ci sono diverse standard da rispettare per fare il progetto a norma
- Conviene rivolgersi a una ditta specializzata
 - richiedere un certificato di conformita' alla regola d'arte

Organizzazione di Sistemi Operativi e Reti 95
