



Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



# Tecnologias de rede

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## Introdução


### Tecnologia de rede

- engloba os dois níveis inferiores do modelo OSI: Físico e de Ligação
- Tecnologia “depende” da área coberta
- Tipos de rede segundo área coberta:
  - WANs (Wide Area Networks) – redes alargadas
  - LANs (Local Area Networks) – redes locais
  - MANs (Metropolitan Area Networks) – redes metropolitanas
    - Cobertura ao nível de uma cidade (área metropolitana)
    - Meios de transmissão guiados – operadora de telecomunicações
    - Meios de transmissão não guiados – op.elec. ou rede privada
  - PANs (Personal Area Networks) – redes pessoais
    - Cobertura ao nível da área de trabalho pessoal
    - Débitos reduzidos (meios não guiados e dispositivos de baixo consumo)

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## Introdução




- WANs (Wide Area Networks)
  - Cobertura de grandes áreas geográficas
  - Geridas por operadores de telecomunicações
  - Recursos de transmissão podem ser dedicados ou partilhados
  - Débitos moderados – devido às características do meio ou ao elevado custo
- LANs (Local Area Networks)
  - Cobertura de pequenas áreas (edifício/campus)
  - Redes privadas (recursos de transmissão privados)
  - Débitos elevados (M/bits, G/bits)
  - Inicialmente, transmissão por difusão (meios partilhados ou meios dedicados usando repetidores)
  - Actualmente, transmissão comutada (meios dedicados usando comutadores)

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs


### Tecnologias LANs



- Arquitectura IEEE 802
  - Arquitectura usada nas LANs para implementar as duas camadas inferiores do modelo OSI
  - Divide funcionalidades do nível ligação em 2 sub-camadas: LLC e MAC
  - LLC – Logical Link Control
    - Controlo de ligação lógica
    - Interface comum para as camadas superiores
    - Opcionalmente, controlo de erros e de fluxo
  - MAC – Medium Access Control
    - Controlo de acesso ao meio de transmissão
    - Transmissão e recepção de tramas; reconhecimento de endereços, detecção de erros
  - Física
    - Codificação / decodificação de sinais
    - Transmissão e recepção de bits
    - Acoplamento ao meio de transmissão e Topologia física

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação




## LANs

### Protocolos da arquitectura IEEE 802

LLC	IEEE 802.2				
	CSMA/CD	Token Bus	Token Ring	DQDB	CSMA e polling
MAC					
Física	IEEE 802.3 10M coaxial (3/3a) 10/100M/1G par entrançado (3i/3u/3z/3ab) 10/100M/1G fibra óptica (3d/3u/3z)	IEEE 802.4 1/5/10M coaxial 5/10/20M fibra óptica	IEEE 802.5 4/10/100M par entrançado 100M fibra óptica	IEEE 802.6 100M fibra óptica	IEEE 802.11 1/2M infravermelhos 1/2M espalhamento espectral 11/55M DSSS (11b-2.4/11a-5/11g-2.4)
	barramento/estrela	anel	anel	barramento duplo	wireless

Paulo Almeida/José Oliveira ©2005
Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação



## LANs


### Meios de transmissão

- Permitem a transmissão de sinais através de ondas electromagnéticas de forma:
  - Guiada: par de cobre entrançado, cabo coaxial, fibra óptica;
  - Não guiada (sem fios): ar, vácuo
- Conectividade: ponto-a-ponto (2 nós) ou multiponto (>2 nós)
- **Cabo coaxial (Coaxial cable)**
  - Largura de banda elevada e boa imunidade ao ruído
  - Conectividade: multiponto e ponto-a-ponto
- **Fibra óptica (Optical Fibre)**
  - Largura de banda muito elevada e imune ao ruído
  - Conectividade: ponto-a-ponto

Paulo Almeida/José Oliveira ©2005
Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs




- **Par entrançado (Twisted Pair)**
  - Largura de banda moderada
  - Conectividade: ponto-a-ponto
  - Blindagem:
    - Unshielded Twisted Pair (UTP): sem qualquer blindagem
    - Shielded Twisted Pair (STP): com blindagem envolvente
  - Categorias:
    - CAT 3: até 16MHz
    - CAT 5: até 100MHz
    - CAT 7: até 600MHz
- **Meios não guiados**
  - Microondas terrestres / Microondas por satélite
  - Rádio frequências
  - Infravermelhos

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs




### Topologias

- Simples: barramento, anel, estrela
- Mistas: combinação entre topologias simples
- **Barramento (Bus)**
  - Configuração física multiponto aberta
  - Meio é partilhado → controlo de acesso; half-duplex
  - Sinal é difundido (broadcast) → identificação dos nós
  - Meio de transmissão:
    - Cabo coaxial: tecnologia baseband (1 canal) ou broadband (>1 canal)
    - Par entrançado/fibra óptica: barramento lógico (físico em estrela) usando repetidores multiporta ou comutadores
  - Manutenção (adição/remoção de nós): simples mas pouco fiável

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

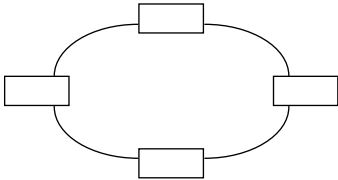
Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## LANs


- **Anel (Ring)**
  - Configuração física ponto-a-ponto fechada usando repetidores
  - Meio é partilhado → controlo de acesso; normal/ half-duplex
  - Sinal pode ser difundido (broadcast) → identificação dos nós
  - Meio de transmissão: cabo coaxial/par entrançado/fibra óptica
  - Manutenção: difícil

**Ring - anel**



Paulo Almeida/José Oliveira @2005
Acetatos

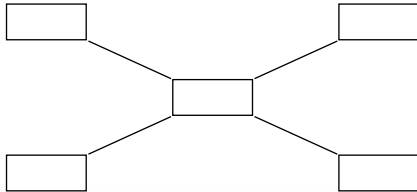
Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## LANs

- **Estrela (Star)**
  - Configuração física ponto-a-ponto, nó e ponto central:
    - Repetidor multiporta (hub)
      - Difunde o sinal → controlo de acesso; half-duplex; barramento lógico
    - Comutador (switch)
      - Comuta simultaneamente as tramas → full-duplex
  - Meio de transmissão: par entrançado/fibra óptica (4fios/2fibras)
  - Manutenção: simples e fiável

**Star - estrela**



Paulo Almeida/José Oliveira @2005
Acetatos

## LANs



### Medium Access Control - MAC

- Controlo (protocolo) de acesso ao meio de transmissão
- **Controlo Centralizado**
  - Lógica mais simples nos nós e visão centralizada (global)
  - Ponto de falha único e de congestionamento
- **Controlo Distribuído**
  - Lógica mais complexa nos nós
  - Mais robusta e mais eficiente
- **Técnicas de acesso**
  - Síncrona
    - Capacidade de transmissão fixa atribuída previamente a cada nó
    - Gestão mais fácil mas menos eficiente
  - Assíncrona
    - Em resposta a um pedido, explícito ou implícito
    - Gestão mais complexa mas mais eficiente


## LANs



- **Acesso assíncrono**
  - Round robin
    - Permite atribuir o meio a cada nó, por períodos curtos, de forma ordenada e sem conflitos (centralizado ou distribuído)
    - Adequada para transmissões prolongadas de vários nós
    - Tecnologias: Token Bus, Token Ring, polling
  - Reserva
    - Adequado para tráfego contínuo (em particular isócrono)
    - Tecnologias: DQDB
  - Contenção
    - Adequado para tráfego bursty
    - Baseado na competição e resolução de conflitos (colisões)
    - Controlo distribuído e de implementação fácil
    - Eficiente para cargas moderadas e instável para cargas elevadas
    - Tecnologias: CSMA/CD, CSMA

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs




### Protocolos de acesso

- ALOHA
  - Transmissão via rádio (frequência partilhada) – Univ. Hawai
  - Estação emissora
    - Trama disponível → transmite incondicionalmente
  - Estação receptora
    - Trama recebida correctamente → envia confirmação
  - Detecção de colisões
    - Estação emissora espera confirmação (ACK) durante o round trip time (> 2x o tempo de propagação)
    - Se recebe ACK, fica pronta para transmitir novamente
    - Se não (colisão ou trama corrompida), tem n tentativas para retransmitir
  - Retransmissão
    - Para tentar evitar nova colisão, espera intervalo de tempo aleatório antes de retransmitir a trama não confirmada

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs




### Protocolos de acesso

- Slotted ALOHA
  - Estações sincronizam início de transmissão
    - Requer sinal de sincronização entre as estações
    - Sinal de sincronização indica início dos time slots
  - Estação emissora
    - Trama disponível → espera início de time slot → transmite incondicionalmente
  - Notas:
    - Não ocorrem colisões parciais → ou não há colisão ou a colisão é total
    - Apenas as tramas que fiquem disponíveis no mesmo slot time é que provocam colisões → mais eficiente
    - A duração do slot time pode impor um tamanho máximo para as tramas

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação




## LANs

- **Carrier Sense Multiple Access (CSMA)**
  - Estação escuta o meio (carrier sense) antes de começar a transmissão
    - Se meio ocupado, espera
    - Se meio livre, transmite e espera por ACK
    - Se não receber ACK, retransmite após intervalo de tempo aleatório
  - A forma de espera quando o meio está ocupado resultou em variantes CSMA:
    - Persistente: espera até ficar livre
    - Não persistente: espera intervalo aleatório antes de voltar a tentar
    - p-Persistente: escuta o meio em slot times determinado por cálculo de probabilidade (p) da trama anterior
  - Só deve ser utilizado quando  $T_{prop} \ll T_{trama}$
  - Mais eficiente pois só podem ocorrer colisões se duas estações tentarem transmitir quase no mesmo instante (o quase depende do  $T_{prop}$  e da distância máxima entre duas estações)
  - Se não ocorrerem colisões durante esse tempo inicial (slot contenção), não podem ocorrer no tempo restante da transmissão da trama

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005
Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## LANs


- **Ethernet**
  - Desenvolvida pela Xerox em 1976 a 3Mbps
  - Novo método de acesso ao meio: CSMA/CD
  - Em 1980 especificada (DEC, Intel e Xerox) para 10Mbps em segmentos de cabo coaxial (até 500m) podendo atingir 2.5km
  - Em 1983 a norma IEEE 802.3 adoptou os principais aspectos da especificação
  - Norma 802.3 evolui em várias direcções
    - Utilização de pares de cobre numa topologia física em estrela recorrendo a repetidores multiporta para difusão do sinal (topologia lógica em barramento)
    - Substituição dos repetidores por comutadores
    - Aumento da velocidade de transmissão para 100Mbps (FastEthernet), 1Gbps (GigabitEthernet) e ...
  - Em 2000 (?) a IEEE disponibilizou livremente as especificações 802
    - <http://standards.ieee.org/getieee802/>

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005
Acetatos



Arquiteturas e Protocolos de Comunicação




## LANs

- **Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD)**
  - Baseado na detecção de colisões durante a transmissão
    - Intervalo crítico de colisão = round-trip time = tempo para sincronizar tentativas de acesso ao meio (slot de contenção)
    - Na transmissão e durante o slot de contenção o nó continua a escutar o meio
  - Transmissão
    - Estação monitora o meio (carrier sense)
      - Se meio livre, transmite
      - Se meio ocupado, espera até ficar livre e transmite (persistente)
    - Se detectar colisão durante o slot de contenção
      - Reforça a colisão (jamming)
      - Aborta a transmissão
      - Atrasa a retransmissão (binary exponencial back-off) e tenta de novo
    - Se não detectar colisão durante o slot de contenção
      - Continua transmissão da trama sem perigo de colisão
  - Recepção
    - Recebe trama sem enviar confirmação (não é necessário)

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## LANs

- **Detecção de colisão**
  - **Barramento**
    - Tensão no barramento >> tensão do sinal de transmissão
    - Estação compara sinal escutado com o sinal transmitido
  - **Hub**
    - Actividade em mais do que uma porta
    - Hub gera sinal de presença de colisão
  - **Para garantir detecção de colisão**
    - Trama  $\geq 2 \times T_{prop}$
    - Especificado tamanho mínimo da trama para 10 Mbps até 2.5km
    - A 100Mbps até 200m: manteve-se tamanho mínimo, alterou-se comprimento máximo (cerca de 10 vezes menor)
    - A 1Gbps até 200m: introduziram-se alterações no protocolo (20m inaceitável – cablagem estruturada = 100m do nó ao hub)

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005Acetatos

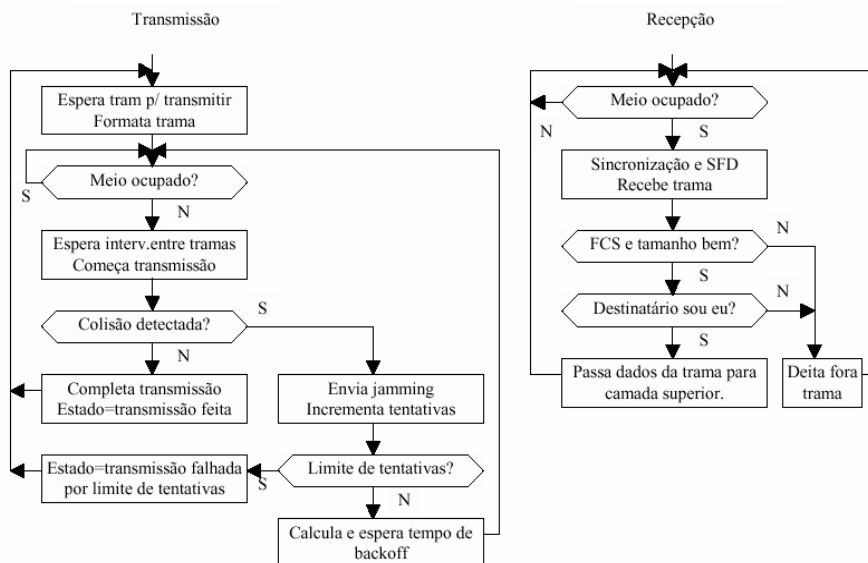
## LANs

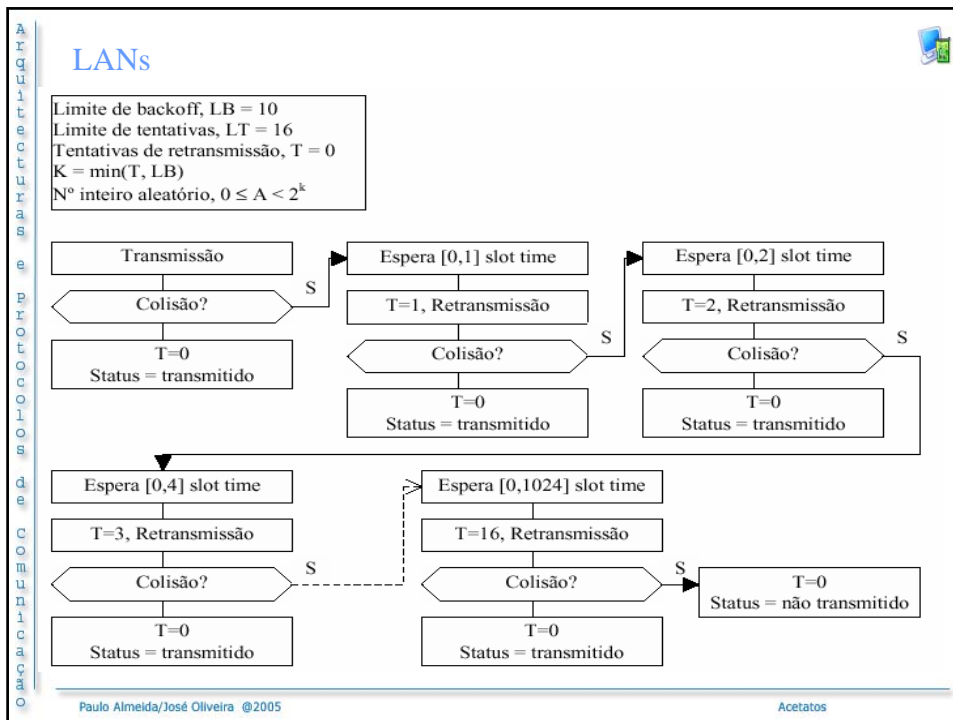
### • Formato da trama (IEEE 802.3)

Preamble	SFD	DA	SA	Length	Data	Pad	FCS
7	1	6	6	2	46 a 1500		4

- Preamble
  - sequência de 1s e 0s alternados (sincronização do receptor)
- Start Frame Delimiter
  - Delimitador de início de trama (10101011)
- Destination/Source Address
  - Endereços MAC (físico) do nó destinatário/emissor
- Length
  - Comprimento (bytes) dos dados (campo Type na tecnologia Ethernet)
- Data
  - Campo de dados da camada superior
- Pad (padding)
  - Garantir comprimento mínimo da trama (64B excluindo Preamble e SFD)
- Frame Check Sequence
  - Código detector de erros (CRC de 32 bits)

## LANs





- Arquiteturas e Protocolos de Comunicação
- ## LANs
- Endereços MAC
    - Não estruturados (flat – ausência de hierarquia)
    - Identificam a interface (não a localização física do nó na rede)
    - Tipos
      - Unicast: nó identificado por um endereço único na rede
      - Multicast: nó pode pertencer a vários grupos
      - Broadcast: todos os nós pertencem a este grupo de difusão
    - Formatos
      - 2 bytes: administrados localmente (em desuso)
      - 6 bytes: administrados globalmente (IEEE)
        - Gamas atribuídas a fabricantes (bytes mais significativos)
- Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs

- IEEE 802.3 / Ethernet (10 Mbps)
  - Cabo coaxial
    - Topologia em barramento
    - Especificações: 10Base5 (802.3-85) e 10Base2 (.3a-85)
    - Permite ligar segmentos por repetidor → área abrangida
  - Par entrançado (4 fios – 2 pares – tx e rx)
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 10BaseT (.3i-90)
    - Hub (mais tarde switch) como elemento central
    - Cablagem estruturada
  - Fibra óptica (2 fibras)
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 10BaseFL e 10BaseFB (.3j-93)
    - Para backbone e interligação de segmentos

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs

- IEEE 802.3u / Fast Ethernet (100 Mbps)
  - Par entrançado
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 100BaseTX e 100BaseT4 (.3u-95)
    - 100BaseT4 para cablagem UTP CAT3 (4 pares – 2tx e 2rx)
    - Evolução sem mudar cablagem
  - Fibra óptica
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 100BaseFX

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs

- **IEEE 802.3z / Gigabit Ethernet (1 Gbps)**
  - Par entrançado
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 1000BaseCX (.3z-98) 1000BaseT (.3ab-99)
    - 1000BaseT para UTP a 100m (4 pares) → mudanças protocolo
      - Carrier extension
        - » Aumentar duração da trama (se inferior a 512B)
      - Frame bursting
        - » Transmitir várias tramas no mesmo acesso
  - Fibra óptica
    - Topologia física em estrela
    - Especificações: 1000BaseSX e 1000BaseLX
    - SX para curtas distâncias (fibra óptica MM)
    - LX para longas distâncias (fibra óptica SM)

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação


## LANs

- **Variantes Ethernet**

Característica	10-Base-5	10-Base-2	10-Base-T	10-Base-FL	10-Base-FB
Velocidade	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps	10 Mbps
Compr. máx. segmentos	500 m	185 m	100 m	2000 m	2000 m
Nºrepetidores	4	4	4	4	4
Compr. máx.	2500 m	925 m	500 m	10000 m	30000 m
Nº máx. nós/segmento	100	30	1	1	1
Topologia	Barramento	Barramento	Estrela	Estrela	Estrela
Modo	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex	Half-duplex
Meio físico	Coaxial 0.4'' RG-50	Coaxial 0.25'' RG-6	UTP Cat 3 ou superior	Fibra óptica multimodo	Fibra óptica multimodo
Conectores	N-type	BNC	ISO 8877	ST	ST
Custo aprox.	500 €	50 €	50 €	250 €	500 €
Avaliação	Em desuso	Em desuso	Generalizado	Backbones	Em desuso

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação




## LANs

- Variantes Fast Ethernet

Característica	100-Base-TX	100-Base-T4	100-Base-FX
Velocidade	100 Mbps	100 Mbps	100 Mbps
Comprimento máximo dos segmentos	100 m	100 m	100 m
Nº máximo de repetidores	1	1	1
Comprimento máximo	200 m	200 m	320 m
Nº de nós por segmento	1	1	1
Topologia	Estrela	Estrela	Estrela
Suporte de full-duplex	Sim	Não	Sim
Meio físico	UTP Cat.5 2 pares	UTP Cat.3 4 pares	Fibra óptica multimodo
Conectores	ISO 8877 (RJ45)	ISO 8877 (RJ45)	ST ou SC
Custo aprox.	100 €	200 €	500 €
Avaliação	Generalizado	Em desuso	Backbones

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação



## LANs


- Variantes Gigabit Ethernet

Característica	1000-Base-SX	1000-Base-LX	1000-Base-CX	1000-Base-T
Velocidade	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps	1 Gbps
Compr. máx. segmentos	(fo 62.5) 220 m (fo 50) 550 m	(fo multi) 550 m (fo mono) 5 km	25 m	100 m
Nºrepetidores	1	1	1	1
Compr. máx.	(fo 62.5) 220 m (fo 50) 550 m	(fo multi) 550 m (fo mono) 5 km	50 m	200 m
Nós/segmento	1	1	1	1
Modo	Half/full duplex	Half/full duplex	Half/full duplex	Half duplex
Meio físico	Fibra óptica multimodo	FO multimodo ou monomodo	STP	UTP Cat.5 4 pares
Conectores	SC	SC	-	RJ45
Custo aprox.	1000 €	1000 a 2000 €	-	-
Avaliação	Backbone	Backbone	Clusters	-

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs



### Outras tecnologias (MAC) IEEE 802


- Disciplina do segundo semestre

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs




### Hub vs Comutador

- Hub (LAN partilhada)
  - Repetidor multiporta
  - Recebe o sinal numa porta e retransmite-o nas outras portas (difusão)
  - Impossível transmissões simultâneas (Half-duplex)
  - Capacidade do meio partilhada por todos os nós
- Comutador (LAN dedicada)
  - Comutador de tramas
  - Tramas comutadas consoante endereço MAC destino
  - Possível transmissão simultânea (Full-duplex)
  - Possível comutação simultânea entre diferentes pares de portas
  - Capacidade da porta não é partilhada com as restantes

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação



## LANs


### Bridges (Pontes)

- Ligação de segmentos de LANs
- Encaminhamento de nível 2
- Isolam domínios de colisão (segmento = domínio de colisão)
- Filtram/encaminham tramas consoante o destino
- Bridge simples
  - Liga segmentos idênticos (mesmo nível físico e MAC)
- Bridge inteligente
  - Liga segmentos diferentes e faz conversão entre formatos MAC
  - Permite ligar segmentos LAN/WAN/LAN
- Vantagens
  - Segmentação da rede (maior fiabilidade, desempenho e segurança)
  - Ligação de segmentos geograficamente separados
  - Rotas alternativas (tolerância a falhas e distribuição da carga)
- Comutador (switch) é uma bridge multiporta mais eficiente e com mais algumas funcionalidades

---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação



## LANs

- Tipos de encaminhamento
  - Encaminhamento fixo
    - Seleccionada uma rota por cada par de endereços MAC
    - Manutenção difícil
  - Source routing
    - Tramas incluem a rota por onde devem passar
    - Não é transparente para os nós
  - Spanning tree – Bridge transparente
    - Invisíveis para os nós
    - Permite topologia física fechada (rotas alternativas) mas requer topologia lógica aberta (sem rotas alternativas)
    - Portas podem estar
      - Bloqueadas (blocking) – não transmitem
      - Activas no encaminhamento (forwarding)


---

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos



Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs




- **Spanning tree – Bridge transparente**
  - Necessitam processo de aprendizagem para construir dinamicamente as suas tabelas de encaminhamento e para se adaptarem a alterações topológicas
  - Aprendizagem de endereços (learning)
    - Quando recebe trama, guarda/actualiza endereço origem associado à porta na sua tabela de encaminhamento
    - Para além do endereço e da porta é necessário timestamp para remoção automática de entradas antigas (ageing)
  - Encaminhamento de tramas (forwarding)
    - Quando recebe trama, analisa endereço destino e procura-o na sua tabela de forwarding
    - Se o endereço não estiver na tabela a trama é enviada para todas as outras portas activas
    - Se o endereço estiver na tabela, a trama é despachada (forwarding) para a porta associada desde que a porta esteja activa e não seja a mesma usada na recepção

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e protocolos de comunicação

## LANs



### Logical Link Control, LLC (IEEE 802.2)

- Fornece serviço independente da tecnologia subjacente e do serviço MAC
- Um único formato para encapsular dados e identificar protocolos encapsulados
- Endereçamento: DSAP/SSAP
- Serviço oferecido
  - LLC1 – sem conexão e sem confirmação – U-CL service
    - Mais comum (serviço obrigatório em todas as LAN IEEE 802)
    - Usa tramas do tipo Unnumbered Information
  - LLC2 – com conexão (com confirmação) – CO service
    - Controlo de erros (serviço fiável) e controlo de fluxo
  - LLC3 – sem conexão e com confirmação – A-CL service

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

### LANs

- **Confirmação de recepção**
  - Stop-and-wait (send and wait)

Paulo Almeida/José Oliveira ©2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

### LANs

- **Confirmação de recepção**
  - Goback-N

Paulo Almeida/José Oliveira ©2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs

- **Confirmação de recepção**
  - Selective repeat

Tempo →

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

Arquiteturas e Protocolos de Comunicação

## LANs

- **Formato da trama (IEEE 802.2)**

DSAP	SSAP	Control	Data
1	1	1/2	0 a n

- DSAP/SSAP: ponto de acesso ao serviço destino/origem
- Control: depende do tipo de serviço e do tipo de trama
- **SubNetwork Access Protocol (SNAP)**
  - Permitir a coexistência simultânea de várias pilhas protocolares (TCP/IP, Netware,...) no mesmo sistema
  - Adiciona 2 campos:
    - Organization code: identifica pilha protocolar
    - Type: identifica protocolo (nível 3) da pilha protocolar
- **Encapsulamento**
  - IEEE 802.2/802.3
    - MAC Length: comprimento dos dados (46 a 1500Bytes – 0x002E a 0x05DC)
  - Ethernet
    - MAC Type: identifica protocolo (valor superior a 0x05DC)

Paulo Almeida/José Oliveira @2005 Acetatos

