

Slide del corso di Reti di Calcolatori tenuto dal prof . Agostino Poggi dell'Università di Parma.

Traduzione a cura di Bacchini Alessandro, Biasion Francesco e Davoli Luca.

Il prof. Poggi **non** è responsabile del contenuto e della traduzione di queste slide.

Le slide sono fornite “così come sono”, senza garanzia di completa conformità agli originali, inoltre, i traduttori non si assumono alcuna responsabilità per errori di traduzione e interpretazione.

Reti di calcolatori

Reti di piccole dimensioni

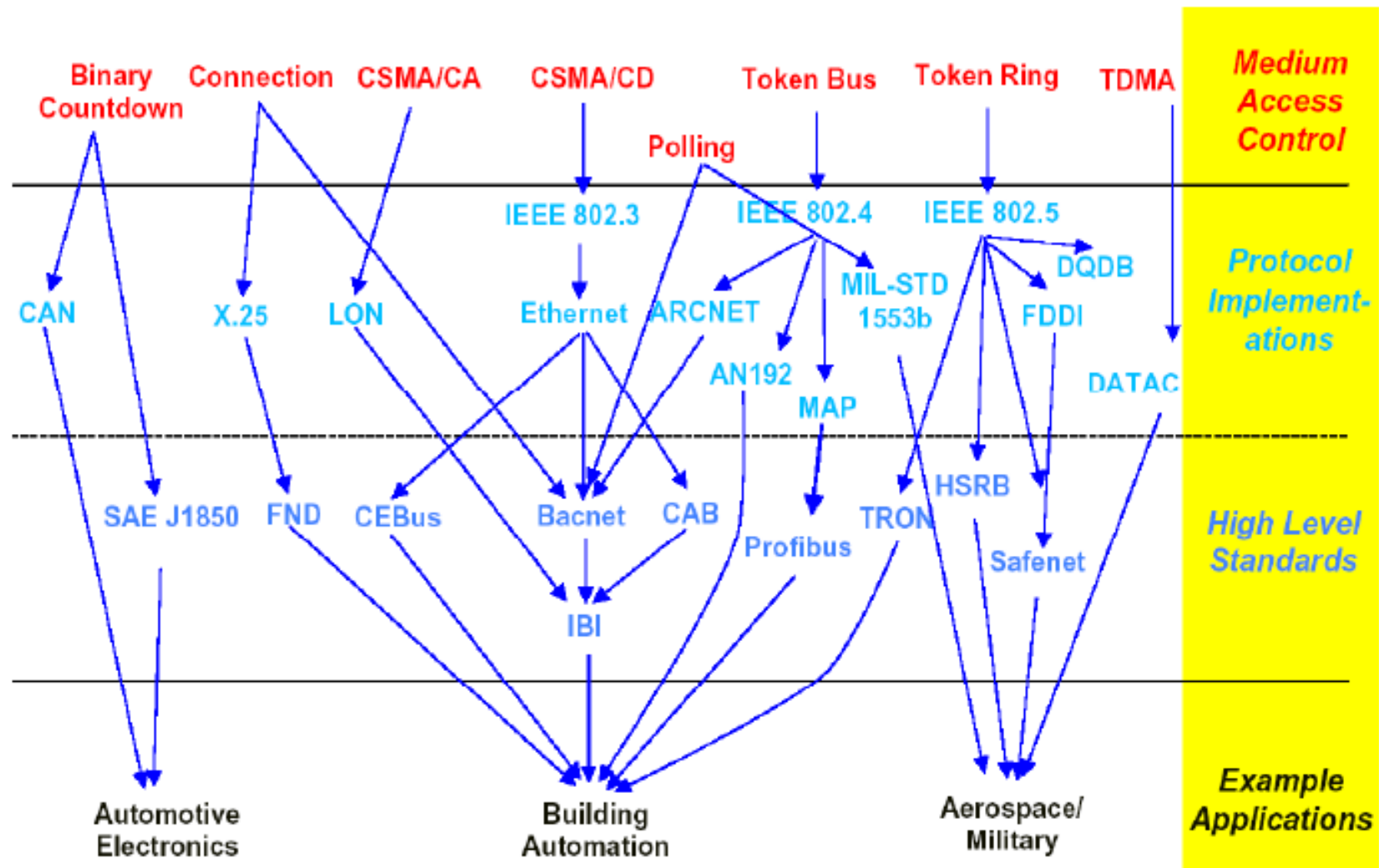
Stack del protocollo delle reti integrate

- Cuore di ogni stack del protocollo è il suo meccanismo MAC
 - Determinismo
 - Efficienza
 - Priorità
 - Ottimizzazione
 - Complessità
 - Costo
- Due direzioni
 - Adattare protocolli generali per sistemi integrati
 - Costruire protocolli specializzati

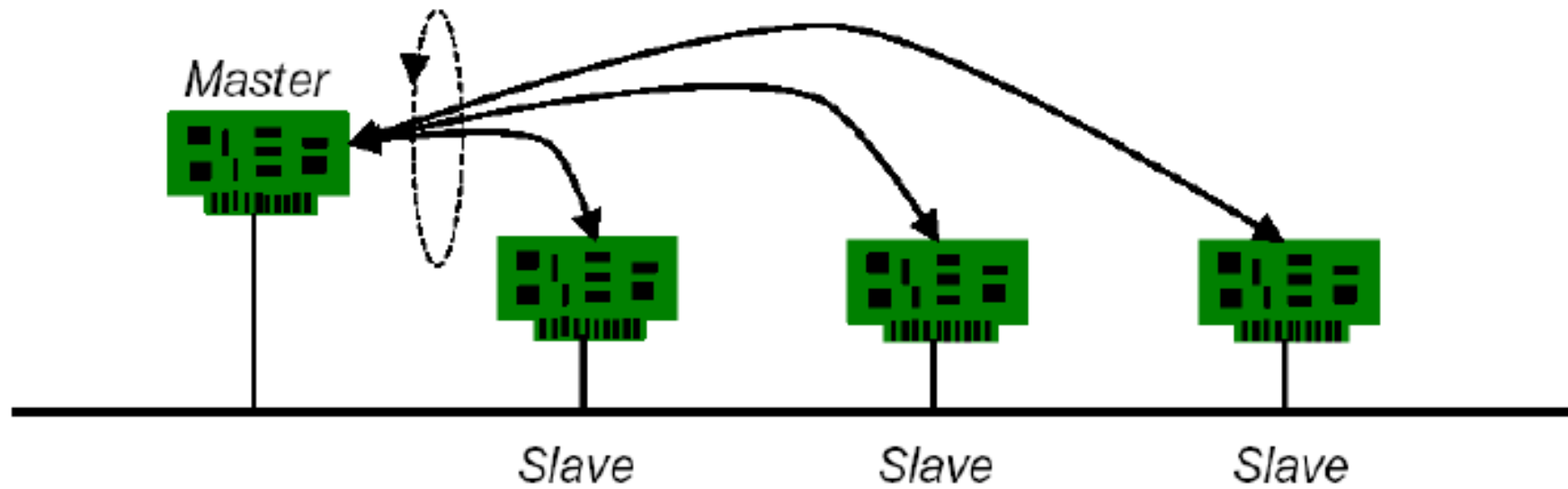
Priorità dei messaggi

- Priorità locale
 - Ogni nodo può trasmettere sul bus il suo messaggio a priorità maggiore quando è il suo turno
 - Oppure può implementare una forma di trasmissione round-robin
- Priorità globale
 - Quale nodo prende il prossimo turno sul bus?
 - Può essere una funzione round-robin a selezionare i nodi?
 - Può essere una funzione della priorità intrinseca dei nodi?
 - Può essere una funzione della priorità del messaggio a priorità maggiore sul nodo – uno schema “priorità globale del messaggio”
- Scopo fondamentale
 - Ridurre la latenza dei nodi o messaggi a priorità maggiore
 - Oppure assicurare giustizia ed assenza di starvation per i messaggi e nodi a bassa priorità

Albero della famiglia dei protocolli integrati



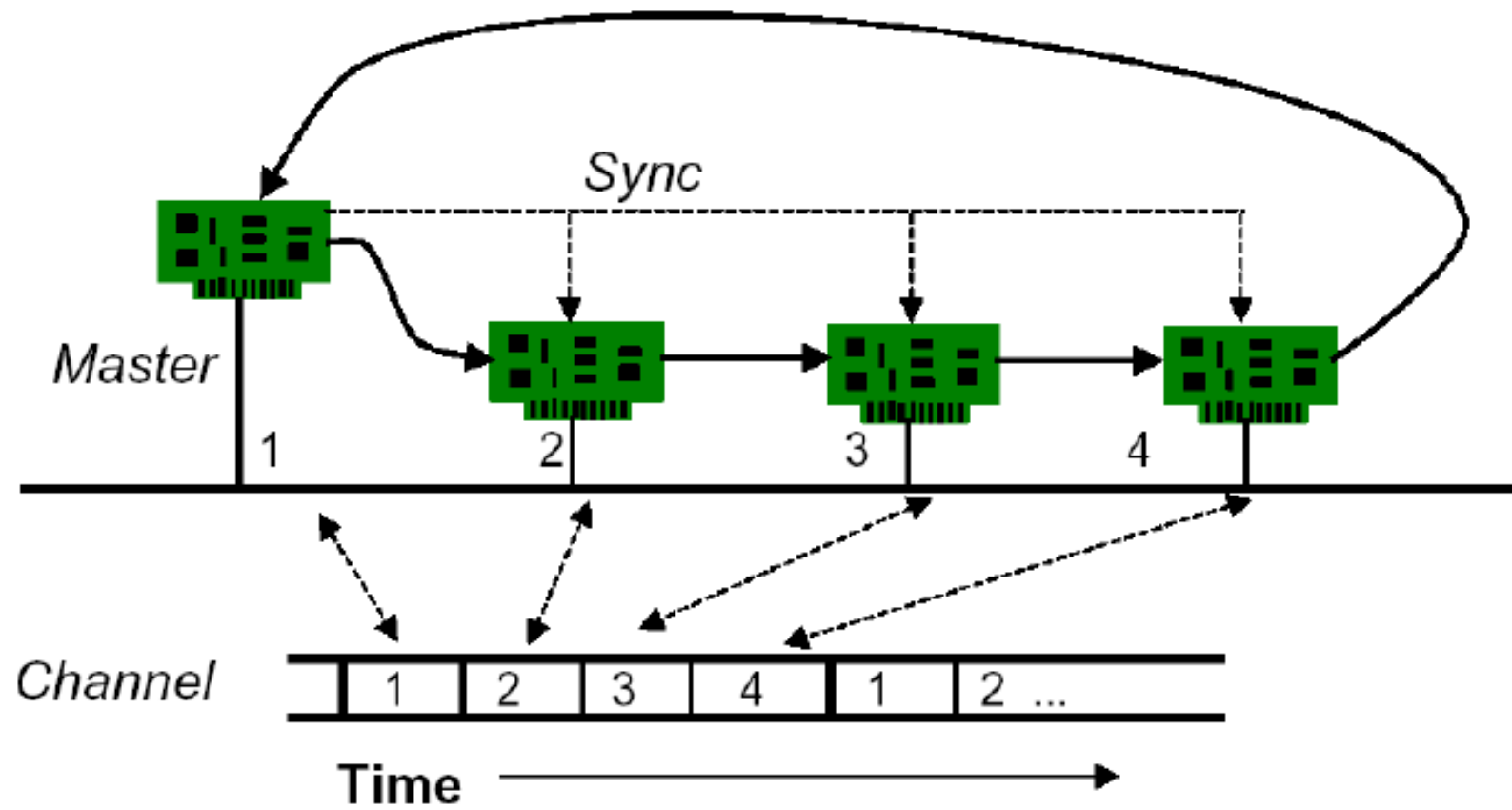
Polling



Polling

- Vantaggi
 - Protocollo semplice da implementare
 - Storicamente molto popolare
 - Limiti di latenza per applicazioni real time
- Svantaggi
 - Punto singolo di fallimento per master centralizzato
 - Il polling consuma banda
 - Dimensione della rete fissata a durante l'installazione (non robusto)
 - Oppure il master deve scoprire dei nodi durante la riconfigurazione
 - Il sistema di priorità è locale per ogni nodo
 - Ma può utilizzare il bilanciamento del carico centralizzato
 - Il polling non deve essere per forza fatto in un ordine prefissato; potrebbe essere, per esempio 1,2,1,3,4,1,5,1,3,6... (ripetizioni)

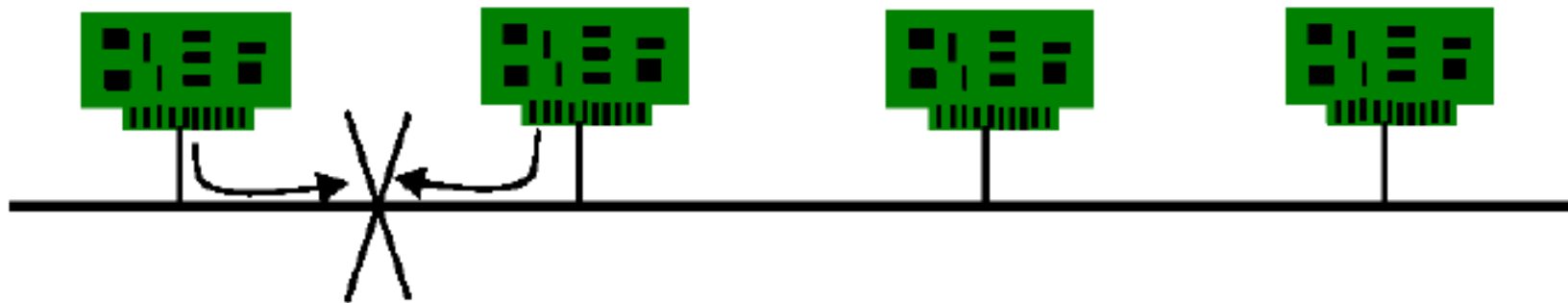
TDMA



TDMA

- Vantaggi
 - Protocollo semplice da implementare
 - Tempo di risposta deterministico
 - Nessuna perdita di tempo per i messaggi di polling del master
- Svantaggi
 - Singolo punto di fallimento del bus master
 - Banda sprecata quando alcuni nodi sono in idle
 - Richiede un clock stabile
 - Dimensione della rete fissata durante l'installazione (non robusto)
 - La priorità è locale per ogni nodo
 - Può usare il bilanciamento del carico centralizzato
- Variazione: TDMA a Lunghezza Variabile (~Identificatore implicito – Implicit Token)
 - Intervalli di tempo non utilizzati sono troncati per risparmiare tempo
 - Uso più efficiente della banda

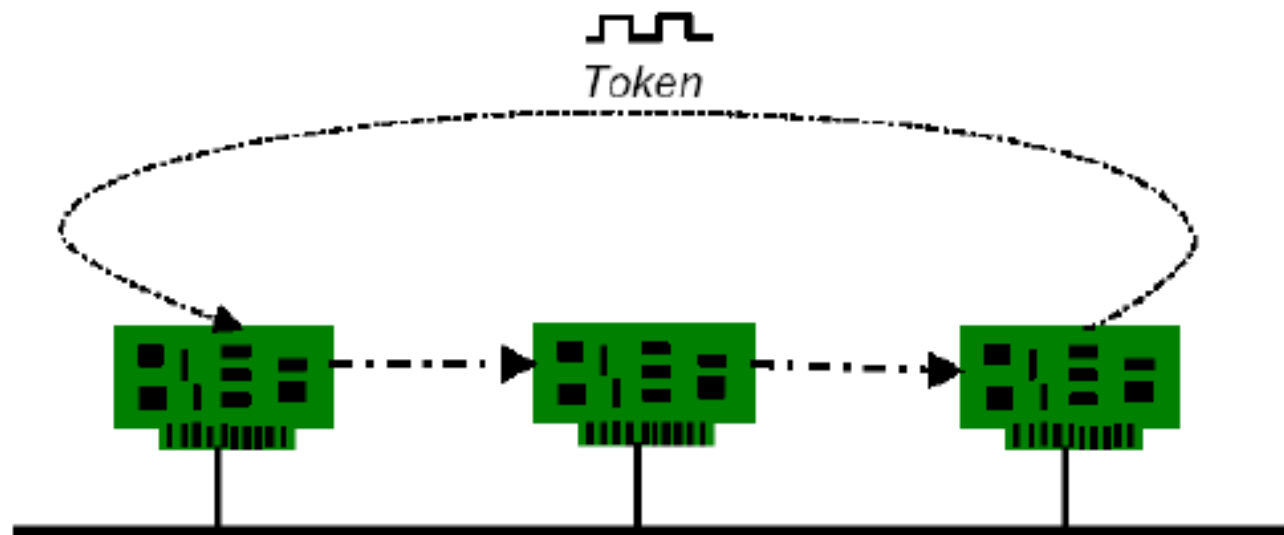
CSMA/CD



CSMA/CD

- Vantaggi
 - Bassa latenza per basso carico di traffico
 - Inizializzazione e configurazione della rete non necessarie
 - I nodi possono entrare ed uscire dalla rete senza nessuna interruzione
 - Supporta molti nodi
 - È possibile un sistema globale di priorità
 - Ampiamente installato e supportato
- Svantaggi
 - Sviluppato per traffico casuale – non ideale per loop di controlli sincronizzati
 - La ricerca delle collisioni è un processo analogico che non è sempre praticabile
 - Latenza senza limite dei singoli messaggi
 - Bassa efficienza sotto carichi pesanti

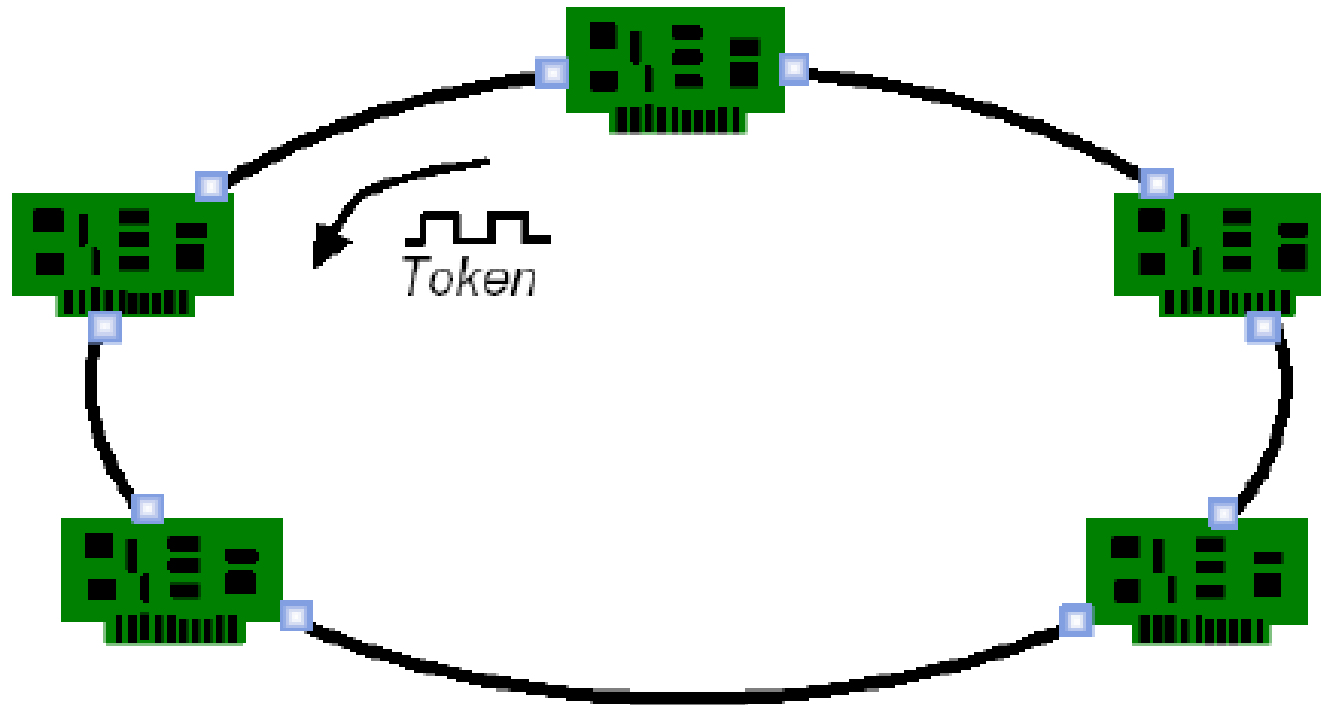
Token Bus



Token Bus

- Vantaggi
 - Latenza limitata per applicazioni di controllo real time
 - Alto throughput sotto traffico pesante
 - Riconfigurazione al volo
- Svantaggi
 - I token passano le latenze durante condizioni di basso carico
 - Priorità locale ad ogni nodo
 - Processo di riconfigurazione lungo
 - Overhead di inizializzazione, perdita e recupero dei duplicati dei token
 - Collisioni possono avvenire durante l'inizializzazione e la riconfigurazione
 - Protocollo complesso (specialmente al sottostato MAC)

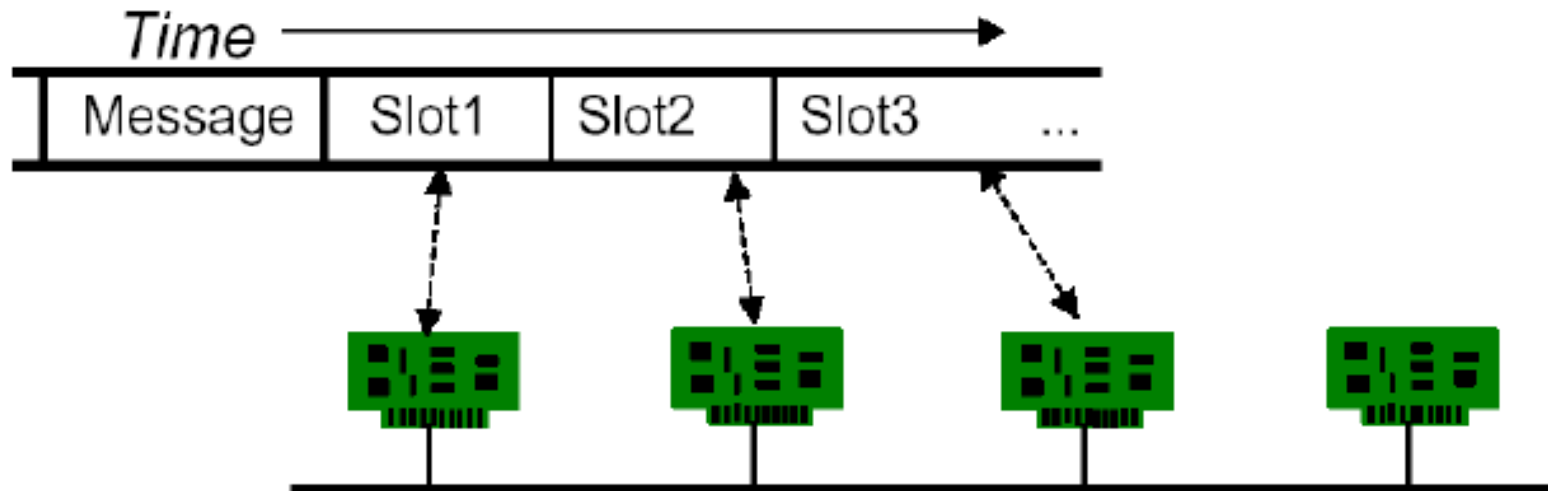
Token ring



Token Ring

- Vantaggi
 - Latenza limitata per applicazioni di controllo realtime
 - Alto throughput sotto carico pesante
 - Disponibili meccanismi di priorità locale e globale
 - Riconfigurazione al volo con bypass hardware dei nodi
 - Si adatta bene per collegamenti in fibra ottica
 - Ogni stazione agisce come ripetitore – forza del segnale
- Svantaggi
 - Latenza moderata per traffico leggero (overhead di passaggio dei token)
 - Non così male come il Token Bus
 - Monitor centralizzato (designato durante l'inizializzazione)
 - Overhead di inizializzazione, perdita, recupero dei duplicati dei token
 - Il ritardo di propagazione è basato sul numero dei nodi
 - Un'interruzione nella linea disattiva l'intera rete

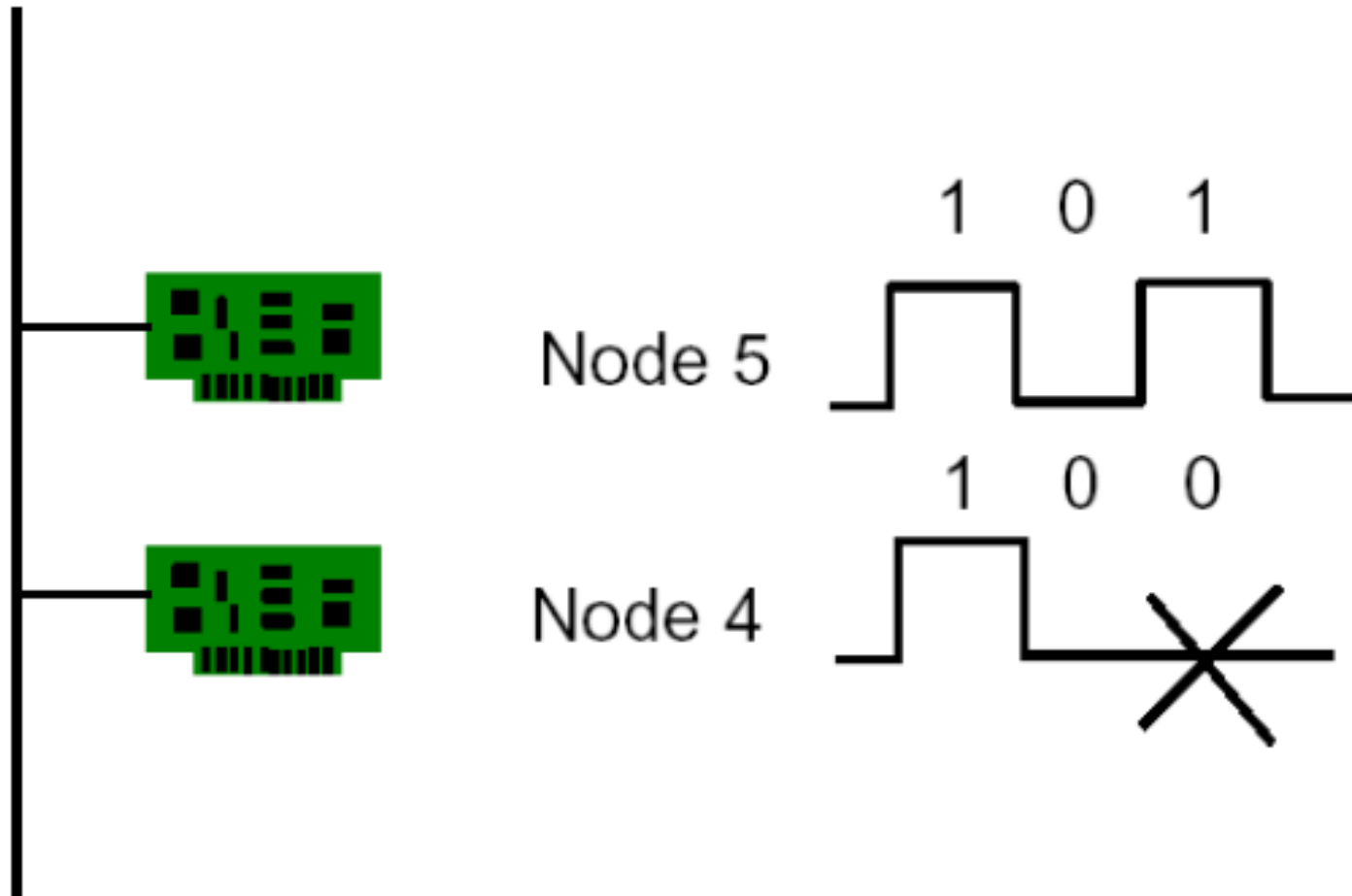
Reservation CSMA/CA



Reservation CSMA/CA

- Vantaggi
 - Bassa latenza per traffico leggero
 - Buon throughput sotto carico pesante
 - Sistema di priorità globale attraverso slot fissati – passano i token impliciti prioritari
 - Latenza limitata attraverso rotazione degli slot – passano i token impliciti non prioritari
- Svantaggi
 - Difficoltà di riavvio di time slot da un bus idle
 - Invio di messaggi dummy per evitare stati di idle
 - Possono verificarsi collisioni

Binary Countdown (Bit Dominance)



Binary Countdown (Bit Dominance)

- Ad ogni nodo è assegnato un numero di identificazione unico
- Tutti i nodi che vogliono trasmettere competono per il canale, trasmettendo un segnale binario basato sul loro numero identificativo
- Un nodo esce dalla competizione se trova uno stato dominate mentre trasmette uno stato passivo
- Così il nodo con il numero di identificazione più alto vince

Binary Countdown (Bit Dominance)

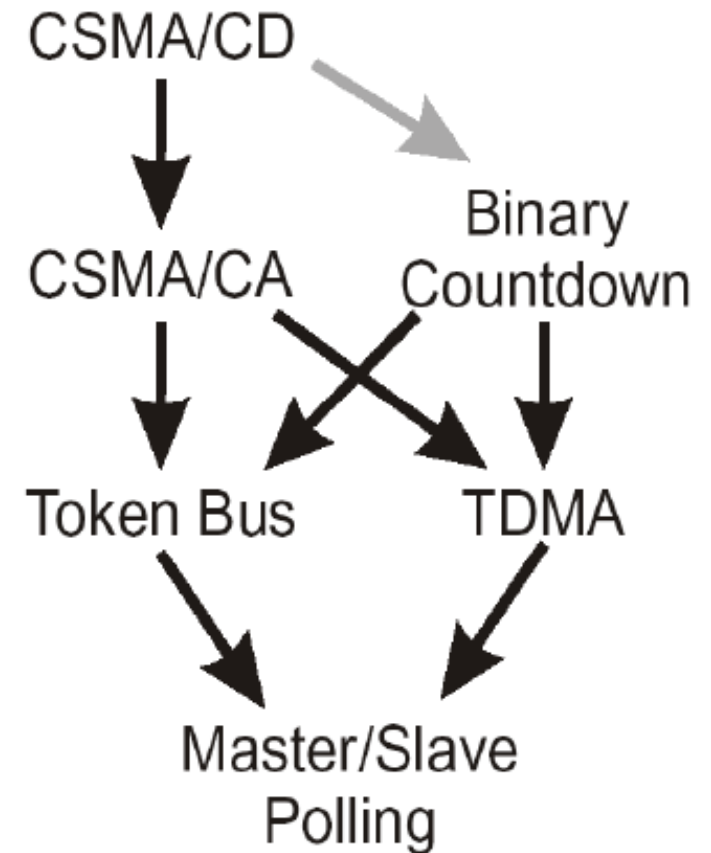
- Vantaggi
 - Alto throughput sotto bassi carichi
 - Sistema di priorità globale e locale
 - L'arbitrato è parte del messaggio - basso overhead
- Svantaggi
 - Il ritardo di propagazione limita la lunghezza del bus (2 volte il ritardo di propagazione di un bit)
 - Accesso non giusto – nodi con alta priorità possono impossessarsi della rete
 - Latenza povera per nodi a bassa priorità

Chiavi di compromesso

- I protocolli sono ottimizzati per differenti scenari operativi
 - Basati sulle collisioni
 - Alto numero di possibili trasmettitori
 - Basso numero di trasmettitori attivi
 - Overhead di gestione proporzionale all'attività
 - Basati sui token, time-multiplexed e polling
 - Moderato numero totale di trasmettitori
 - Gestisce i peggiori casi di attività senza problemi
 - Overhead di gestione relativamente costante
 - Binary countdown
 - Numero modestamente grande di tipi di messaggio
 - Overhead di gestione costante
 - Sistema di priorità globale (ma nessun meccanismo di imparzialità)

Emulazione

- Si può usare un protocollo per emularne un altro
- Usa l'Ethernet (CSMA/CD) per emulare:
 - Polling master/slave – slave risponde solo quando è intervistato
 - Token bus – usa messaggi token espliciti; l'applicazione trasmette solo quando ha il token
 - TDMA – slave misura il tempo dal messaggio del master e trasmette appropriatamente
- Ma non c'è il lancio libero
 - “slot” di tempo implicano cicli attraverso l'SO – più lunghi di una manciata di bit times
 - “slice” di tempo devono rispondere al jitter dell'OS, non solo a quello dell'oscillatore Hardware



Ethernet in tempo reale

- L'ethernet sta diventando un hardware a basso costo
- Molti sistemi embedded includono
 - RTOS
 - Ethernet, TCP/IP e API dei Socket
 - Le comunicazioni di dati non hanno il vincolo del tempo reale
 - Lo scambio di dati non è critico
 - Il rate di scambio è basso
- Alcuni sistemi embedded necessitano di comunicazioni in tempo reale
- L'ethernet non è utilizzabile per performance in tempo reale
 - Il MAC ethernet è CSMA/CD
 - CSMA/CD non è deterministico

Ethernet in tempo reale

- Il protocollo ethernet in real-time non inibisce CSMA/CD
- Il protocollo ethernet real-time pone restrizioni sul software di più alto livello (applicazione) che controlla l'accesso al mezzo
 - Solo nodi autorizzati sulla rete
 - I dispositivi sono divisi in due insiemi
 - Uno agisce come controllore
 - Tutti gli altri agiscono come nodi remoti
 - I nodi remoti possono accedere al bus della rete fino a che i controllori non gli inviano una richiesta
 - I nodi remoti hanno un limite prefissato di tempo per rispondere ad una richiesta del controllore

Ethernet real-time

- Vantaggi
 - Deterministico
 - Facile da implementare
 - Supporta TCP/IP e API dei Socket
 - Basso costo
- Svantaggi
 - Controllo centralizzato
 - Performance ridotte

Reti casalinghe

- Problemi di installazione
 - Difficoltà di aggiungere cavi
 - Necessità di spostare componenti
- Soluzioni
 - Reti wireless
 - Riutilizzo di cablaggi preesistenti
 - Cavi telefonici
 - Cavi d'alimentazione (220)

Linea telefonica

- L'Home Phoneline Network Alliance (HomePNA) utilizza linee telefoniche come mezzo di trasporto
- Il multiplexing a divisione di frequenza (FDM) mette i dati su frequenze separate dai segnali voce trasportati dalla linea telefonica
- Funziona a velocità costante anche quando il telefono è in uso

Linea telefonica

- HomePNA utilizza differenti tecnologie che supportano i protocolli ethernet sulle linee telefoniche
 - Primo standard
 - Tut Systems technology (1 Mbps)
 - Secondo standard
 - Epigram technology (10 Mbps)
 - Terzo standard
 - Planned (100 Mbps)
- La connessione fisica tra il computer e la rete su linea telefonica utilizza adattatori Universal Serial Bus (USB) o schede PCI HomePNA

Linea telefonica

- Vantaggi
 - Non è necessario alcun cablaggio aggiuntivo
 - Supporta TCP/IP e API dei socket
 - Costo moderato
- Problemi
 - Il CSMA/CD non è deterministico
 - Le tecnologie su linea telefonica non sono appropriate per sistemi che necessitano di stretti vincoli di latenze

PowerPacket

- La tecnologia PowerPacket di intellion utilizza la rete elettrica (alimentazione) come mezzo di trasporto
- I dati sono inviati con un Orthogonal Frequency-Division Multiplexing con correzione dell'errore anticipata
 - Le frequenze del sistema elettrico (4.3-20.9 MHz) sono divise in 84 portanti separate
 - OFDM invia pacchetti di dati simultaneamente attraverso molte delle frequenze portanti
 - Aumentano velocità ed affidabilità
 - Se rumori o un picchi di utilizzo di corrente disturbano una delle frequenze
 - I processori PowerPacket lo avvertono e reindirizzano i dati su un'altra portante

PowerPacket

- Funziona indipendentemente dal voltaggio e dalla frequenza della linea di alimentazione utilizzata
- La tecnologia PowerPacket supporta protocolli ethernet su linee elettriche
 - Primo standard
 - Passport technology (350Kbps)
 - Second standard
 - PowerPacket technology (14 Mbps)
 - Third standard
 - Planned (100 Mbps)
- Le connessioni fisiche tra computer e la rete su linee elettriche utilizza interfacce USB o Ethernet

PowerPacket

- Vantaggi
 - Non è necessario cablaggio aggiuntivo
 - Supporta TCP/IP e API di socket
 - Costo moderato
- Problemi
 - Il CSMA/CD non è deterministico
 - Le tecnologie PowerPacket non sono appropriate per sistemi che necessitano di stretti vincoli di latenze

IEEE 802.11

- È la versione wireless dell'ethernet
 - Cripta i dati per offrire un livello di privacy equivalente alle LAN su cavo insicure
- Offre sicurezza Wired Equivalent Privacy (WEP)
- L'IEEE 802.11 supporta
 - CSMA/CA
 - PCF

IEEE 802.11

- Point Coordination Function (PCF) offre servizi a bassa latenza (time critical)
- I nodi Point Coordination gestiscono il traffico
 - Il traffico CSMA/CA è bloccato
 - PC ha una lista di nodi che sono in conflitto per le richieste di libero servizio
 - PC coordina l'accesso ai nodi attraverso il polling
 - Dopo un certo intervallo senza trasmissioni, i nodi sono rimossi dalla lista

IEEE 802.11

- Vantaggi
 - Non è necessario alcun cablaggio
 - Supporta TCP/IP e API di socket
 - Livello di privacy equivalente alle lan su cavo insicure
 - Costo moderato
- Problemi
 - CSMA/CA non è deterministico
 - Il controllo deterministico del traffico è centralizzato

LonTalk (LonWorks)

- Sviluppato da Echelon
 - Utilizzato per un'ampia gamma di applicazioni
- Differenti tipi di mezzi di trasmissione
 - Doppini incrociati, fibre ottiche, cavi coassiali
 - Linee elettriche
 - Radio
 - Infrarossi
- Opera fino a 1.25 Mbps
- Utilizza pacchetti di piccole dimensioni
 - La massima dimensione utile è 229 byte

LonTalk MAC

- MAC è basato su CSMA/CA
 - Sono possibili collisioni
 - Le collisioni possono essere ridotte aumentando il numero di slot casuali
- LonTalk MAC prevede il traffico del bus
- Un circuito di rilevamento di collisioni opzionale blocca le comunicazioni quando sono rilevate collisioni

LonTalk

- Vantaggi
 - Sono supportati differenti tipi di mezzi di comunicazione
 - Set completo di servizi di comunicazione
 - Basso costo
- Problemi
 - CSMA/CA non è deterministico
 - Le tecnologie LonTalk non sono appropriate per sistemi che necessitano di stretti vincoli di latenze

CAN

- Controlled Area Network (CAN) è stata sviluppata dalla Bosch
 - È utilizzata principalmente in reti di controllo di dispositivi industriali
- Il mezzo di trasmissione è il doppino incrociato
- Opera fino ad 1 Mbps
- Utilizza pacchetti molto piccoli
 - La massima dimensione utile è 8 byte
- Gli errori sono rilevati automaticamente dal controller CAN

CAN MAC

- MAC è basato sul CSMA/CD + AMP (Arbitrato sulla priorità del messaggio)
 - Sono possibili collisioni
 - È garantito che i messaggi a maggior priorità ottengano accesso al bus
- Ogni messaggio è etichettato con un identificativo a 11 bit
 - Univoco nella rete
 - Determina la priorità del messaggio
 - Bassi valori numerici indicano maggior priorità
- Bit meno significativi sono sempre dominanti sul bus

CAN

- Due nodi inviano contemporaneamente un messaggio
 - Il nodo 1 invia un identificativo numerico di alto valore
 - Legge un bit basso mentre invia un bit alto
 - Interrompe la trasmissione
 - Il nodo 2 invia un identificativo numerico di basso valore
 - Legge il suo messaggio identificativo
 - Completa la trasmissione del messaggio

CAN

- Vanatggi
 - Veloce, deterministico, prestazioni prioritarie con messaggi corti
 - Molto affidabile per rilevamento errori e circoscrizione dell'errore
 - Basso costo
- Problemi
 - Le alte velocità sono supportate solo da bus corti
 - 500 m per 125 Kbps, 100 m per 500 Kbps e 50 m per 1Mbps
 - Set limitato di servizi di rete
 - Servizi aggiuntivi possono essere costosi e di difficile implementazione
 - Alcune applicazione richiedono un isolamento elettrico tra bus e nodi
 - L'isolamento dell'hardware rende l'interfaccia più costosa

FireWire

- Sviluppata dall'Apple Computer
- Utilizzata principalmente per applicazioni multimediali
- Standardizzata come IEEE-1394 (e conosciuta, grazie a Sony, anche come i.Link)
- Il mezzo di trasmissione è composto da tre doppiini incrociati
 - Due per i dati, uno per l'alimentazione
- Bus basato su collegamenti punto-punto tra i dispositivi
- Opera fino a 400 Mbps (l'ultima versione fino ad 800 Mbps)
- Utilizza pacchetti di medie dimensioni
 - La dimensione utile tipica è di 2 Kbyte
- Trasferimenti sincroni ed asincroni

FireWire

- I nodi sono configurati come un albero logico
- Il tempo è diviso in cicli
- Ogni nodo può inviare pacchetti in maniera sincrona una volta per ciclo
- Il nodo Root gestisce l'arbitrato
 - I nodi inviano le richieste al rispettivo nodo soprastante
 - I nodi sono abilitati in un ordine dipendente dalla loro distanza dal nodo Root
- Il tempo del ciclo rimanente è dedicato al traffico asincrono

FireWire

- nodo principale esegue lo stesso tipo di arbitrato utilizzati per le comunicazioni sincrone
- I nodi possono inviare più di un pacchetto
 - I nodi più vicini possono sempre vincere l'arbitrio
 - I nodi utilizzano un intervallo di equità
- I nodi che inviano pacchetti asincroni
 - Svuotano il loro bit di abilitazione dell'arbitrio
 - Attendono il termine dell'intervallo di equità senza traffico
 - Resetano il loro bit di abilitazione dell'arbitrio
 - Cercano di ottenere il bus

Firewire

- Vantaggi
 - Estremamente veloce, deterministica, prestazionale
 - Costo moderato
- Problemi
 - Piccola distanza tra componenti adiacenti (4.5 m)

IrDA

- Infrared Direct Access (IrDA) è uno standard per i dispositivi per comunicare usando impulsi di luce infrarossa
- Tutti i telecomandi utilizzano questo standard
 - Il telecomando di un produttore può controllare un dispositivo di un altro produttore
- I vincoli dell'utilizzo di luce infrarossa impongono ai dispositivi di essere visibili in linea diretta
- Tutti i telecomandi (remote controls) comunicano con un dispositivo master
- I telecomandi comunicano su richieste del master
- Opera fino a 4 Mbps

IrDA

- Vantaggi
 - Cablaggio non necessario
 - Largamente usato
 - Tutti i telecomandi usano questo standard
 - Costo basso/moderato
- Problemi
 - Piccole distanze tra i dispositivi adiacenti
 - Pochi metri
 - I dispositivi devono vedersi direttamente tra loro
 - Almeno un punto d'accesso per stanza

Bluetooth

- La tecnologia Bluetooth è un'interfaccia radio a corta distanza
 - Stesso scopo della tecnologia ad infrarossi
 - Non richiede la vista diretta
- Opera a 2.4 GHz fino ad 1 Mbps (la versione 2.0 arriva a 3 Mbps)
- La rete Bluetooth è chiamata piconet
- Due tipi di dati trasferiti
 - Synchronous connection oriented (SCO) link
 - Asynchronous connection-less (ACL) link

Bluetooth

- Una piconet ha un master e fino a 7 slave
 - Il master trasmette nei time slot pari
 - Gli slave trasmettono nei time slot dispari
- Il master riserva un set di slot per collegamenti SCO
- Gli slot non riservati per collegamenti SCO possono essere usati per collegamenti ACL
 - Master e slave possono aver un singolo collegamento ACL
 - Punto – punto (master con uno slave)
 - Trasmissione a tutti gli slave
 - Gli slave ACL possono trasmettere solo quando richiesto dal master

Bluetooth

- Vantaggi
 - Nessun cablaggio necessario
 - Non richiede vista diretta dei dispositivi
 - Privacy garantita dall'utilizzo di un accesso pubblico unico, due chiavi segrete ed un numero casuale differente per ogni transazione
 - Costo moderato
- Problemi
 - Piccola distanza tra i dispositivi adiacenti (a seconda delle versioni 1, 10, 100 m)
 - Può interferire con le altre comunicazioni wireless