

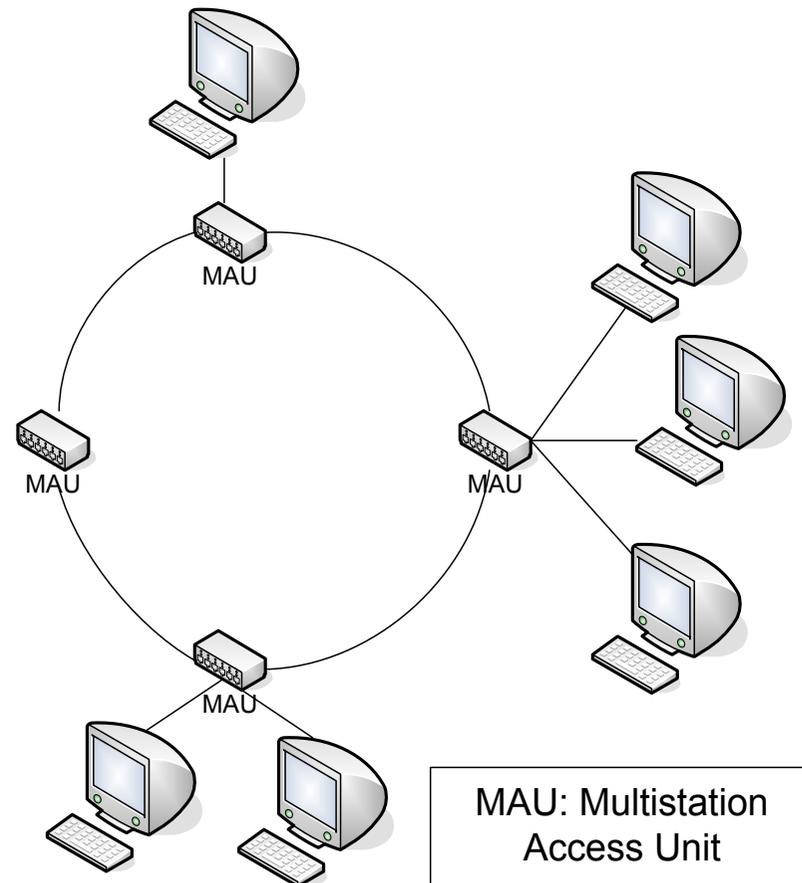


Echtzeitfähige Kommunikation

Tokenbasierte Verfahren
Vertreter: Token Ring

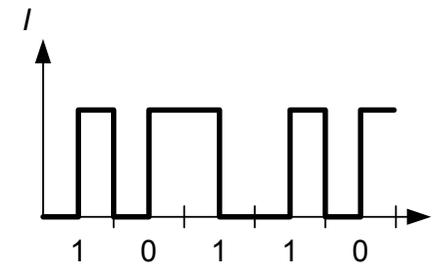
Tokenbasierte Verfahren

- Nachteil von CSMA/CA:
Begrenzung der Datenrate und
der Netzlänge durch
Bitsynchronität
- Tokenbasierter Ansatz: Eine
Einheit darf nur dann senden,
wenn sie eine Berechtigung
(Token) besitzt.
- Die Berechtigung wird zumeist
zyklisch weitergegeben \Rightarrow Token
Ring.
- Die Berechtigung / das Token ist
dabei eine spezielle Bitsequenz.



Token Ring: Schicht 1

- Token Ring wird im Standard IEEE 802.5 spezifiziert.
- Erreichbare Geschwindigkeiten: 4 bzw. 16 MBit/s
⇒ aufgrund der Kollisionsfreiheit mit den effektiven Datenübertragungsraten von 10 bzw. 100 MBit/s Ethernet vergleichbar
- Codierung:
 - differentieller Manchester-Code
 - somit selbstsynchronisierend
- Topologie:
 - Ring
 - aufgrund der möglichen Verwendung von MAUs auch sternförmige Verkabelung möglich



Differentieller Manchester-Code



Token Ring: Zugriffsverfahren

1. Die Station, die das Token besitzt, darf Daten versenden.
2. Das Datenpaket wird von Station zu Station übertragen.
3. Die einzelnen Stationen empfangen die Daten und regenerieren sie zur Weitersendung an den nächsten Nachbarn.
4. Der Empfänger einer Nachricht kopiert die Nachricht und leitet die Nachricht mit dem gesetzten C-Bit (siehe Nachrichtenaufbau) zur Empfangsbestätigung weiter.
5. Empfängt der Sender seine eigene Nachricht, so entfernt er diese aus dem Netz.
6. Nach Ende der Übertragung wird auch das Token weitergesendet (maximale Token-Wartezeit wird vorher definiert, Standardwert: 10ms)
7. Im 16 MBit/s Modus wird das Token direkt im Anschluß an das Nachrichtenpaket versendet (**early release**) \Rightarrow es können sich gleichzeitig mehrere Token im Netz befinden



Token Ring: Prioritäten

- Token Ring unterstützt Prioritäten:
 - Insgesamt gibt es 8 Prioritätsstufen (3 Bit)
 - Jeder Station wird eine Priorität zugewiesen.
 - Der Datenrahmen besitzt ebenfalls einen Speicherplatz für die Priorität.
 - Eine Station kann in die Priorität in dem Prioritätsfeld von Nachrichten vormerken, allerdings darf die Priorität nur erhöht werden.
 - Stationen dürfen Tokens nur dann annehmen, wenn ihre Priorität mindestens so hoch ist, wie die Priorität des Tokens.
 - Applet zum Ablauf:
<http://www.nt.fh-koeln.de/vogt/mm/tokenring/tokenring.html>



Token Ring: Token Paket

- Das Token besteht aus:
 - Startsequenz (1 Byte, JK0JK000)
 - J, K: Codeverletzungen entsprechend Manchester-Code (kein Übergang in Taktmitte)
 - Zugriffskontrolle (1 Byte, PPPTMRRR)
 - P: Zugriffspriorität
 - T: Tokenbit (0: freies Token, 1:Daten)
 - M: Monitorbit
 - R: Reservierungspriorität
 - Endsequenz (1 Byte, JK1JK1IE)
 - I: Zwischenrahmenbit (0: letztes Paket, 1: weitere Pakete folgen)
 - E: Fehlerbit (0: fehlerfrei, 1: Fehler entdeckt)



Token Ring: Tokenrahmen

- Der Datenrahmen besteht aus:
 - Startsequenz wie Token
 - Zugriffskontrolle wie Token
 - Rahmenkontrolle (1 Byte, FFrrZZZZ)
 - FF: Paketart (00: Protokollsteuerpaket, 01: Paket mit Anwenderdaten)
 - rr: reserviert für zukünftige Anwendungen
 - ZZZZ: Informationen zur Paketpufferung
 - Zieladresse (6 Byte): Adresse eines spezifischen Geräts oder Multicast-Adresse
 - Quelladresse (6 Byte)
 - Routing Informationen (0-30 Bytes): optional
 - Daten
 - Prüfsumme FCS (4 Byte): Berechnung auf Basis der Daten zwischen Start- und Endsequenz
 - Endsequenz wie Token
 - Paketstatus (1 Byte ACrrACrr)
 - A: Paket wurde vom Empfänger als an in adressiert erkannt
 - C: Paket wurde vom Empfänger erfolgreich empfangen



Token Ring: Monitor

- Für den fehlerfreien Ablauf des Protokolls existiert im Token Ring ein Monitor.
- Aufgaben:
 - Entfernung von fehlerhaften Rahmen
 - Neugenerierung eines Tokens bei Verlust des Tokens (nach Ablauf einer Kontrollzeit)
 - Entfernung endlos kreisender Nachrichten bei Ausfall der Senderstation (Markierung der Nachricht beim Passieren des Monitors, Löschen der Nachricht beim 2. Passieren)
 - Signalisierung der Existenz des Monitors (durch Active Monitor Present Nachricht)



Token Ring: Initialisierung / Rekonfigurierung

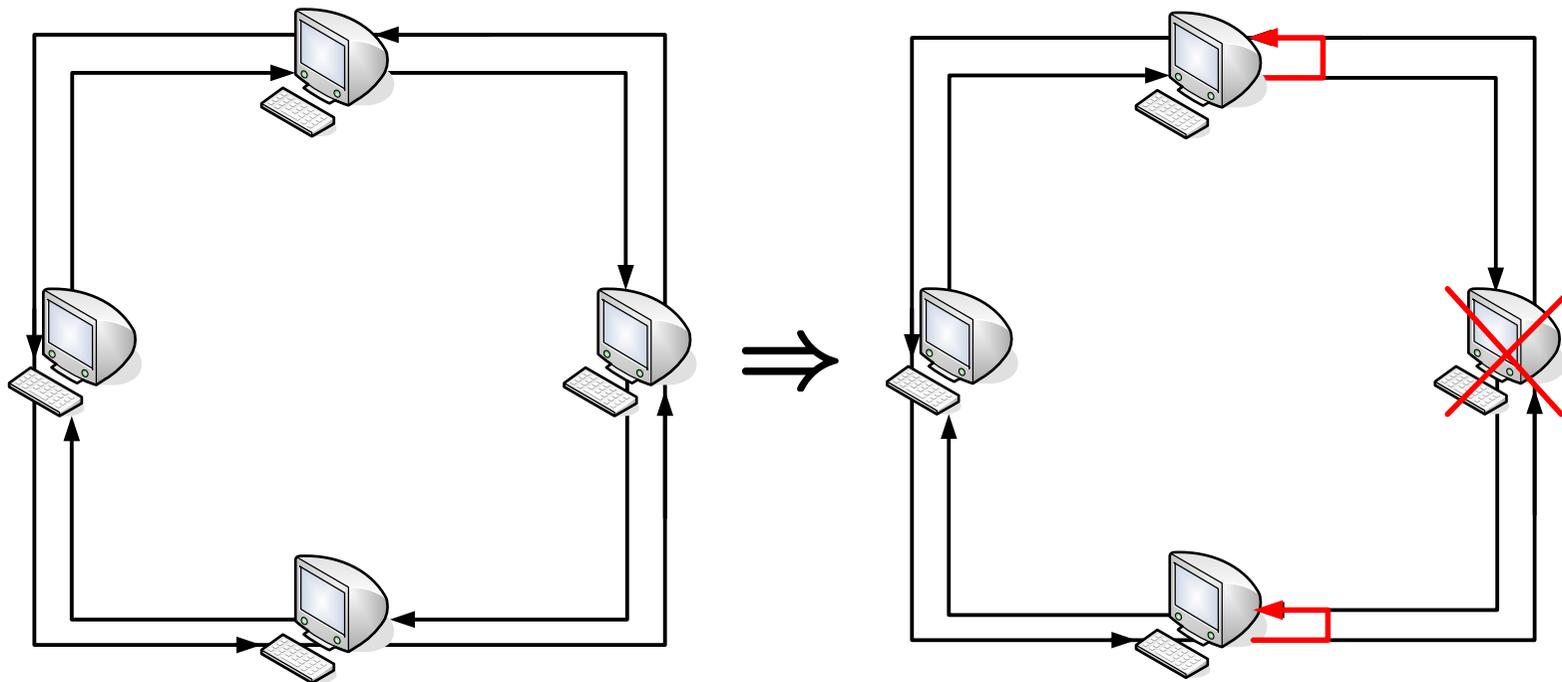
- Bei der Initialisierung bzw. dem Ablauf des Standby Monitor Timer (Mechanismus zur Tolerierung des Ausfalls des Monitors)
 1. Senden eines Claim Token Paketes
 2. Überprüfung, ob weitere Pakete die Station passieren
 3. Falls nein \Rightarrow Station wird zum Monitor
 4. Generierung eines Tokens
 5. Jede Station überprüft mittels des Duplicate Adress Test Paketes, ob die eigene Adresse bereits im Netzwerk vorhanden ist.
- Der Ausfall einer Station kann durch das Netzwerk erkannt werden und evtl. durch Überbrückung kompensiert werden.



FDDI

- Fiber Distributed Data Interface (FDDI) ist eine Weiterentwicklung von Token Ring
- Medium: Glasfaserkabel
- doppelter gegenläufiger Ring (aktiver Ring, Reservering) mit Token-Mechanismus
- Datenrate: 100 MBit/s, 1000 MBit/s
- Codierung: 4B5B (wie in FastEthernet)
- maximal 1000 Einheiten
- Ringlänge: max. 200 km
- Maximaler Abstand zwischen zwei Einheiten: 2 km
- Fehlertoleranz (maximal eine Station)
- Nachrichten können hintereinander gelegt werden (early release)
- Weitere Entwicklungen FDDI-2

Fehlerkonfiguration in FDDI

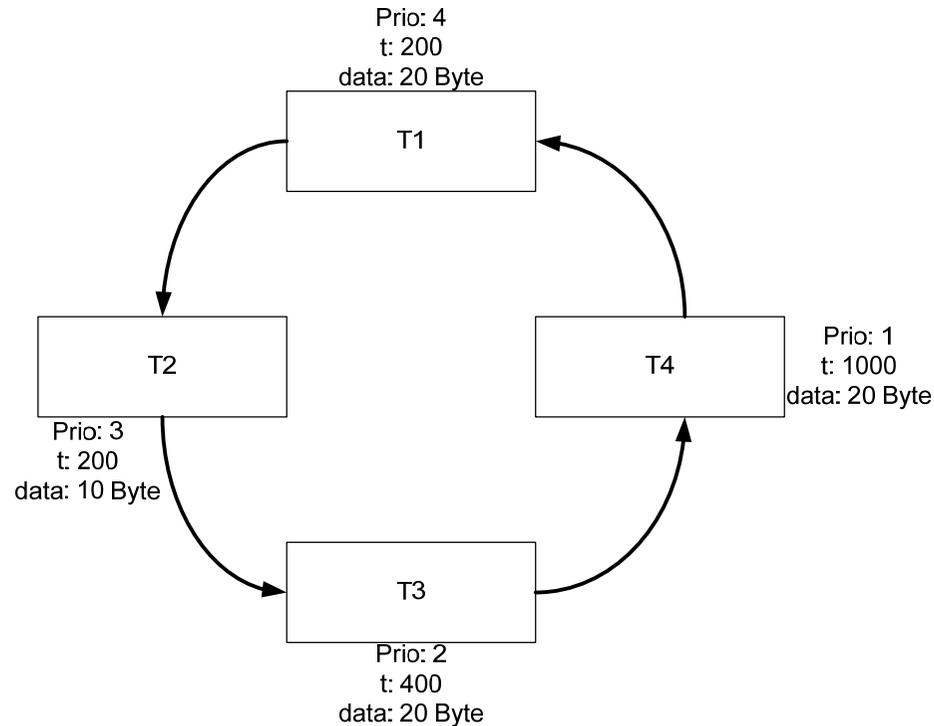




MAP / Token Bus

- **MAP: Manufacturing Automation Protocol** (Entwicklung ab 1982 von General Motors)
- Einsatz hauptsächlich im Produktionsbereich
- Schicht 1: anstelle von Ring-Topologie nun beliebige Topologie durch den Einsatz von Bridges, Gateways und Routern
- Medienzugriffsverfahren:
 - Token Bus, spezifiziert in IEEE 802.4
 - ähnlich Token-Ring, die benachbarte Station zur Weiterleitung des Tokens wird anhand einer Adresse bestimmt.
- In MAP werden zudem alle sieben Schichten des ISO/OSI-Modells spezifiziert.
- Aufgrund des Umfangs und der Komplexität konnte sich MAP nicht durchsetzen.
- Maximale Übertragungsrate: 10 MBit/s

Klausur 06/07 (modifiziert) - TokenRing



*Annahmen: Bitsendedauer 1 Zeiteinheit
Laufzeit zwischen 2 Knoten 200 Zeiteinheiten
Priorität: 1 – hoch, 4 – niedrig*

- a) Geben Sie die Reihenfolge der Nachrichten an, die im Netzwerk bei Verwendung des TokenRing-Protokolls gesendet werden und begründen Sie ihre Antwort.
Zum Zeitpunkt 0 soll dabei der Teilnehmer T1 im Besitz des Tokens sein.
Zur Erinnerung: Ein Token besteht aus insgesamt 3 Byte (8 Bit Startbegrenzer, 8 Bit Zugriffskontrolle mit Zugriffspriorität und Reservierungspriorität, 8 Bit Endbegrenzer).
Der Header für ein Datenpaket besteht aus mindestens 20 Byte.



Echtzeitfähige Kommunikation

Zeitgesteuerte Verfahren

Vertreter: TTP



Zugriffsverfahren: TDMA

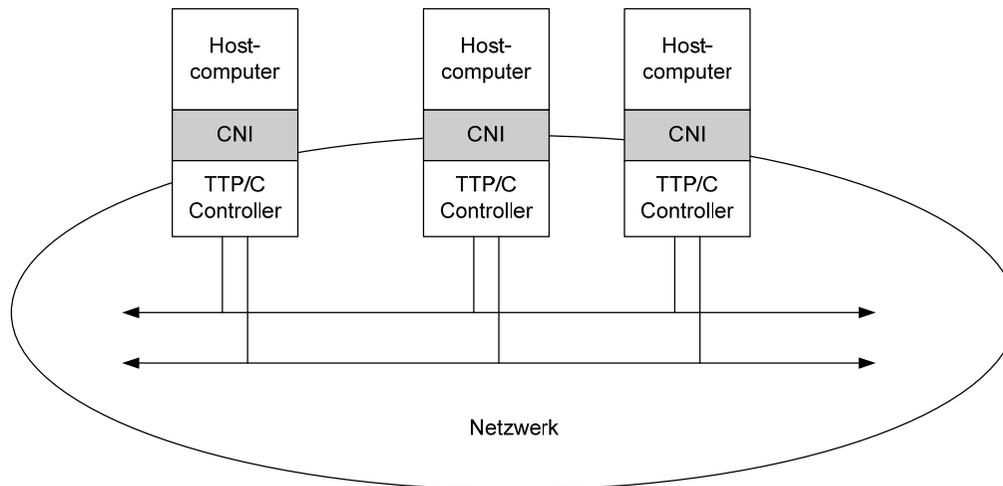
- **TDMA (Time Division Multiple Access)** bezeichnet ein Verfahren, bei dem der Zugriff auf das Medium in Zeitscheiben (slots) eingeteilt wird.
- Die Zeitscheiben werden für jeweils einen Sender zur Verfügung gestellt.
- Vorteile:
 - Kollisionen sind per Design ausgeschlossen
 - Einzelnen Sendern kann eine Bandbreite garantiert werden.
 - Das zeitliche Verhalten ist vollkommen deterministisch.
 - Synchronisationsalgorithmen können direkt im Protokoll spezifiziert und durch Hardware implementiert werden.
- Nachteil:
 - keine dynamische Zuteilung bei reinem TDMA-Verfahren möglich
- Bekannte Vertreter: TTP, Flexray (kombiniert zeitgesteuert und dynamische Kommunikation)



Einführung TTP

- Entstanden an der TU Wien (SpinOff TTTech)
- TTP steht für Time Triggered Protocol
- TTP ist geeignet für harte Echtzeitsysteme:
 - verteilter, fehlertoleranter Uhrensynchronisationsalgorithmus (Einheit: 1 μ s), toleriert beliebige Einzelfehler.
 - Zwei redundante Kommunikationskanäle \Rightarrow Fehlersicherheit
 - Einheiten werden durch Guards geschützt (Vermeidung eines babbling idiots).
 - Kommunikationsschema wird in Form einer **MEDL (Message Descriptor List)** a priori festgelegt und auf die Einheiten heruntergeladen.
- Einsatz unter anderem im Airbus A380

TTP-Architektur



- Erläuterung:
 - Hostcomputer: Ausführung der eigentlichen Anwendung
 - CNI: Gemeinsamer Speicherbereich von Hostcomputer und TTP/C-Kontroller
 - Unterbrechungsverbindung: zur Übermittlung von Ticks der globalen Uhr und außergewöhnlicher Ereignisse an den Hostcomputer
 - MEDL: Speicherplatz für Kontrolldaten

