



# Flexible verteilte Steuerungen über Echtzeit-Ethernet

Universität Hannover

ISE – Fachgebiet Echtzeitsysteme

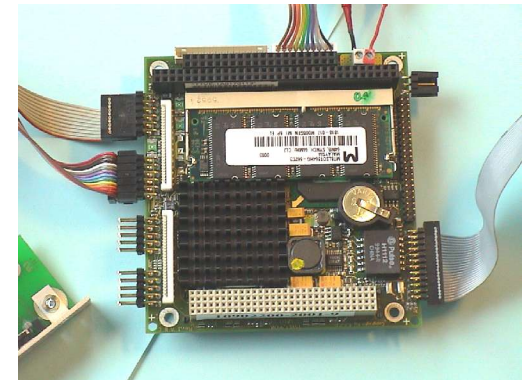
# Inhalt

- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Motivation

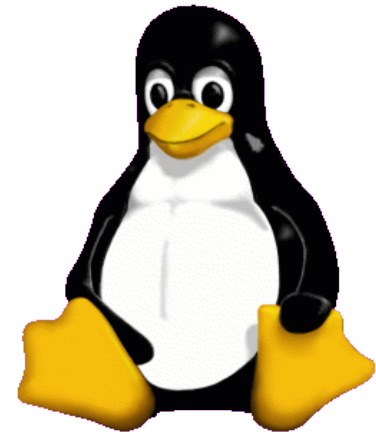
## Ethernet-Technologie:

- Kostengünstige Komponenten
    - Stecker/Kabel
    - Netzwerkkarten
    - Verteiler
    - Embedded PCs
  - Hohe Übertragungsrate
    - 10/100 MBit/s
  - Ein-Kabel-Lösung
    - Echtzeit-Daten und Standard-TCP/IP über einen Anschluss
- **Software-Lösung**



# Warum Open Source?

- **Tatsächlich offene Protokolle**
  - Lizenzkostenfrei
  - Patentfrei
- **Herstellerunabhängig, langfristig verfügbar**
- **Flexible Plattform für Forschung und Industrie**
- **Rückgriff auf bestehende Software**
  - Ursprüngliche Version (D. Schleef, 2000)
  - Treiber (Linux)
  - *UDP/IP-Stack* (Linux)
- **Weltweite Einbindung von Entwicklern**



# Inhalt

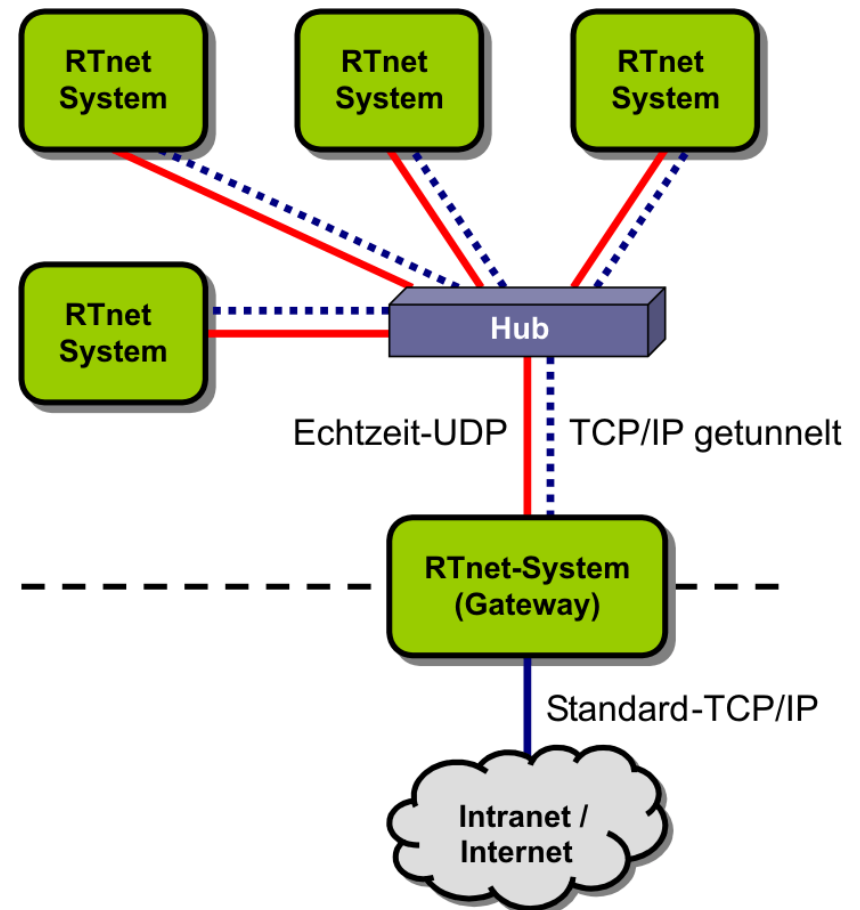
- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Struktur eines RTnet-Netzwerks

- Dediziertes Netzwerk
- Passive Verteiler (Hubs)
- Protokolltunnel zur Weiterleitung von TCP/IP
- Gateway stellt Verbindung zum Intra-/Internet her

## Switches:

- Unspezifiziertes Zeitverhalten
- Spezial-Switches sehr teuer
- Verarbeitungs-Overhead
- Sternverkabelung
- Dennoch RTnet-kompatibel

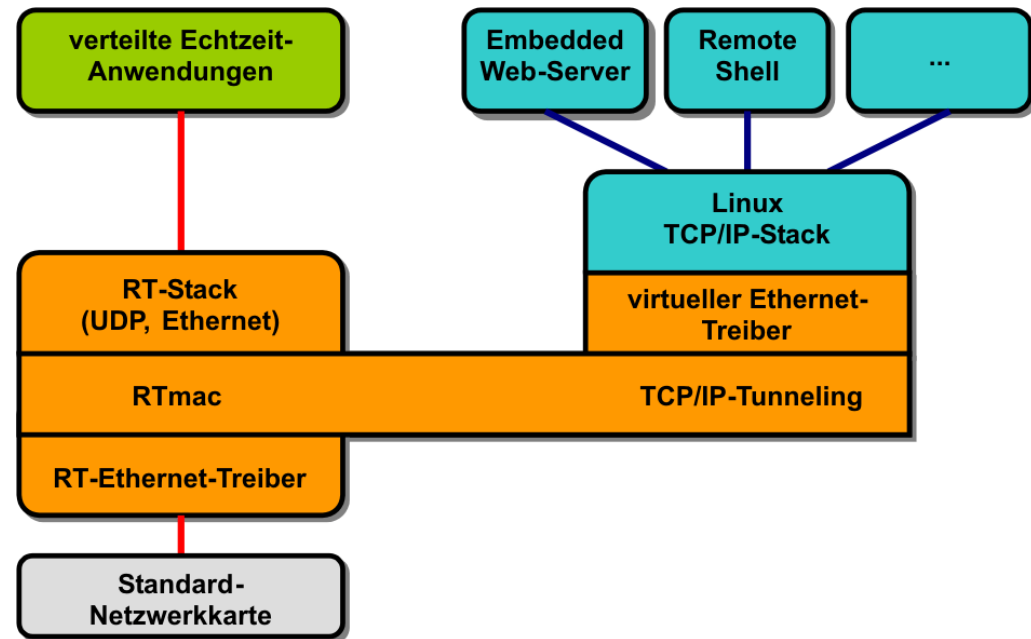


# Systemvoraussetzungen

- **Linux mit Echtzeiterweiterung RTAI**
- **Prinzipiell keine Plattformabhängigkeit, verfügbar für x86 und PowerPC**
- **Standard-Netzwerkkarte mit unterstütztem Chipsatz**
  - RealTek RTL8139
  - Intel 8255x EtherExpress Pro100
  - DEC 21x4x Tulip
  - AMD PCnet32/PCnetPCI
  - VIA Rhine
  - NatSemi DP8381x
  - MPC 8xx, MPC 8260
- **10/100 MBit/s Hubs/Switches [oder 10 MBit/s Koax]**
- **Keine Einschränkung der Netzwerkstruktur**

# Modularer Systemaufbau

- Linux-ähnliche NIC-Treiberschicht
- Optionale Medienzugriffskontrolle
- Erweiterbarer Stack (Layer 3 und 4)
- BSD-Socket API
- Virtueller Linux Ethernet-Adapter
- Weitere Module
  - Konfigurationsdienst RTcfg
  - Echtzeit-Capturing über RTcap

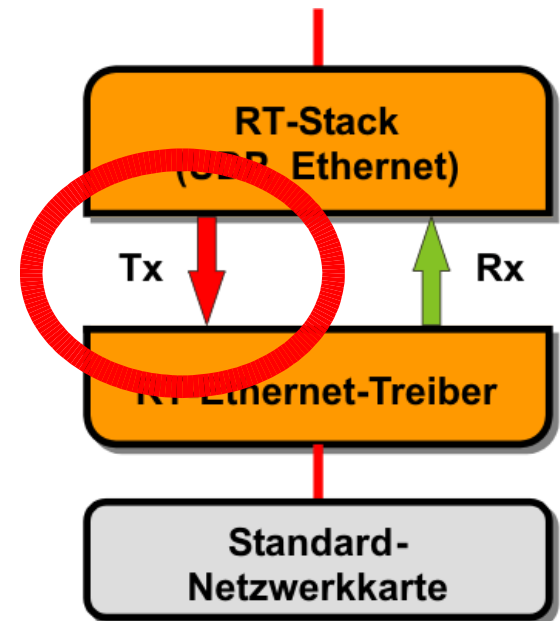


# Inhalt

- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Echtzeitfähiges Ethernet

- **Voraussetzungen (Übertragung)**
  - Keine Kollisionen
  - Garantierte Bandbreite (QoS)
- **RTmac: Steuerung des Sendezugriffs auf die Netzwerkkarte**
- **Realisiert als Plug-In**
- **Unterschiedliche Zugriffsverfahren möglich (pro Gerät zuweisbar)**



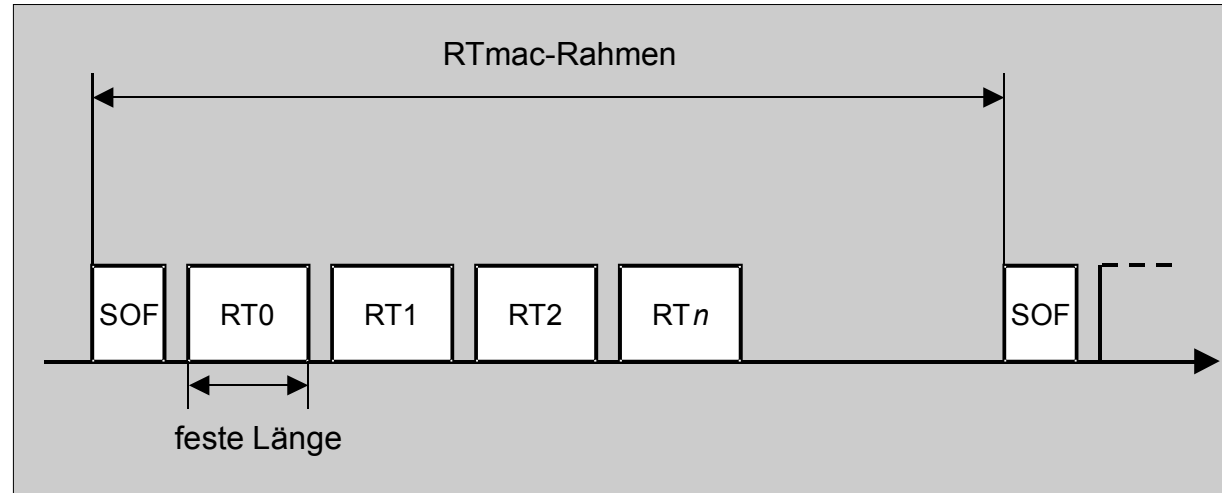
# RTmac-Verfahren TDMA

- **TDMA-Master**

1. Konfiguriert

2. Synchronisiert

- **1 Zeitslot je Teilnehmer**



- **Lokale Sendeprioritäten ermöglichen zeitunkritischen Datenverkehr**

- **Typische Daten (100 MBit/s, Pentium-Klasse)**

- 200  $\mu$ s Slotabstand bei 1500 Byte Nutzlast

- 1-10 ms Zyklusdauer, max. 20-30 Teilnehmer (=>Systemauslastung)

- $\pm 50$   $\mu$ s Zeitstempel-Genauigkeit

# Inhalt

- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Anforderungen

- **Parametrierung der Stationen**
  - IP-Adresse (optional)
  - RTmac-Verfahren
- **Rendezvous aller Teilnehmer**
  - Aufbau von Routen und ARP-Einträgen (optional)
  - Synchroner Wechsel in Echtzeitbetrieb
- **Verteilung von Anwenderkonfigurationen**
  - Programme, Treiber, Skripte, ...
  - Einstellungsdaten

## In Zukunft:

- „Hot-plugging“ von Teilnehmern
- Erkennung von Stationsausfällen

# Das RTcfg Protokoll

- Dreistufiges generisches Protokoll
- Stufe 1
  - Server lädt erwartete Teilnehmer ein
  - Übermittelt notwendige RTmac-Parameter (optional)  
**=> Hot-Plugging mit neuem TDMA möglich**
- Stufe 2
  - Client sendet Kennungsnachricht
  - Andere Clients antworten mit ihrer Adresse
  - Server übermittelt Anwenderkonfiguration
  - Rendezvous-Punkt  
**=> Start des bisherigen TDMA-Verfahrens**
- Stufe 3
  - Gegenseitiges Melden der Betriebsbereitschaft

# RTcfg – Aktueller Stand

- Implementiert für IP auf Basis von Ethernet
- Kommandozeilen-Tool steuert Server und Client

```
# rtcfg <dev> server                # rtcfg <dev> client
# rtcfg <dev> add/del                 # rtcfg <dev> announce
# rtcfg <dev> wait                    # rtcfg <dev> ready
# rtcfg <dev> ready
```
- Clients werden anhand ihrer IP erkannt
- Je Client zwei Dateien als Konfigurationsdaten wählbar (Stufe 1 und Stufe 2)
- Ermöglicht automatischen synchronen Start von RTmac/TDMA-Knoten

# Inhalt

- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Beispiel einer System-Integration

- **Target: Scalable Processing Box (SPB) mit Real-Time-Laufzeitumgebung LiRE**
  - Read-Only-Filesystem auf Flash-Disk (CF)
  - Temporäre Dateien auf RAM-Disk
  - IP-Adresse an CF-Karte gebunden
- **Eine Station ist Gateway, TDMA-Master und RTcfg-Server**
  - Proxy-ARPing für RTnet-Knoten
  - LAN und WLAN möglich
- **Zentrale Konfigurationsdatei (tar-Archiv) enthält**
  - Start-Skripte
  - Routing-Informationen für RT-Middleware und Standard-IP
  - Zusätzliche Programm-Binaries
- **Optional: Automatische RTnet-Erkennung durch Clients**



# Inhalt

- **Motivation**
- **RTnet-Einführung**
- **Echtzeit-Medienzugriff**
- **Konfiguration über RTcfg**
- **Anwendungsbeispiel Scalable Processing Box**
- **Zusammenfassung und Ausblick**

# Zusammenfassung / Ausblick

- **RTnet: Software-basierte Echtzeit-Ethernet-Lösung**
- **Offene Entwicklung als Open Source (GPL)**
- **Ermöglicht kostengünstige und flexible Vernetzung verteilter Steuerungen**
- **RTcfg-Protokoll erlaubt zentrale Konfiguration und einfachen Hardware-Austausch**
  
- **Portierungen auf ARM-basierte Controller in Kooperation mit Hardware-Herstellern**
- **Neue Medienzugriffsverfahren: verbessertes TDMA, Fall-Back-Master, ...**
- **Multicast-Unterstützung, weitere Treiber, neue Übertragungsmedien, ...**



[www.rts.uni-hannover.de/rtnet](http://www.rts.uni-hannover.de/rtnet)

[kiszka@rts.uni-hannover.de](mailto:kiszka@rts.uni-hannover.de)