

# Konzepte zur Reduzierung der Übertragungslatenz im AVB v2 Standard

Jan Jasper Salathé



27.06.2013



Hochschule für Angewandte  
Wissenschaften Hamburg  
*Hamburg University of Applied Sciences*

# ~~Audio-/Video-Bridging~~

## Time Sensitive Networking



# Gliederung

AVB v1-Standards

AVB v1 in Automobil/Automatisierung

Anforderungen an AVB v2

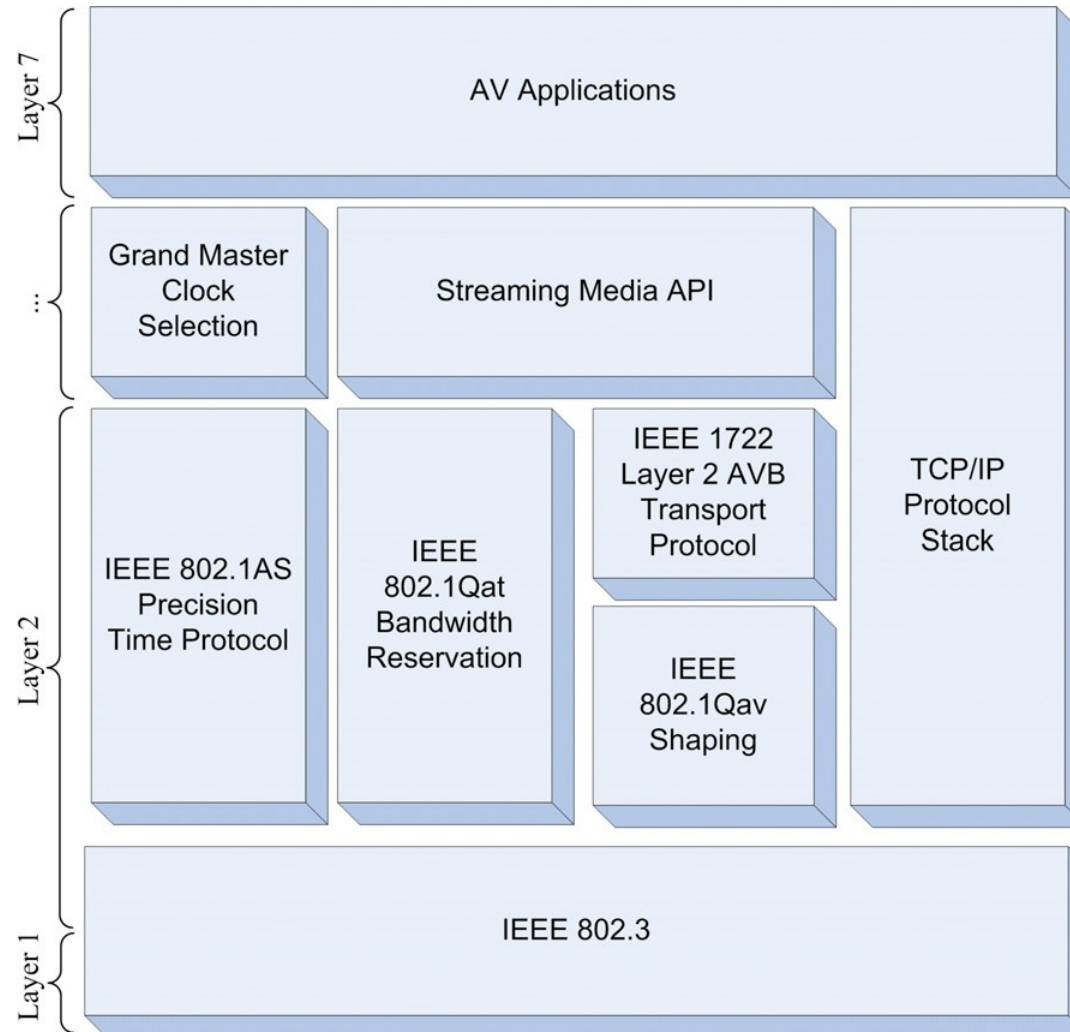
Konzepte für AVB v2

# AVB v1 Standards

## Vier IEEE Draft-Standards:

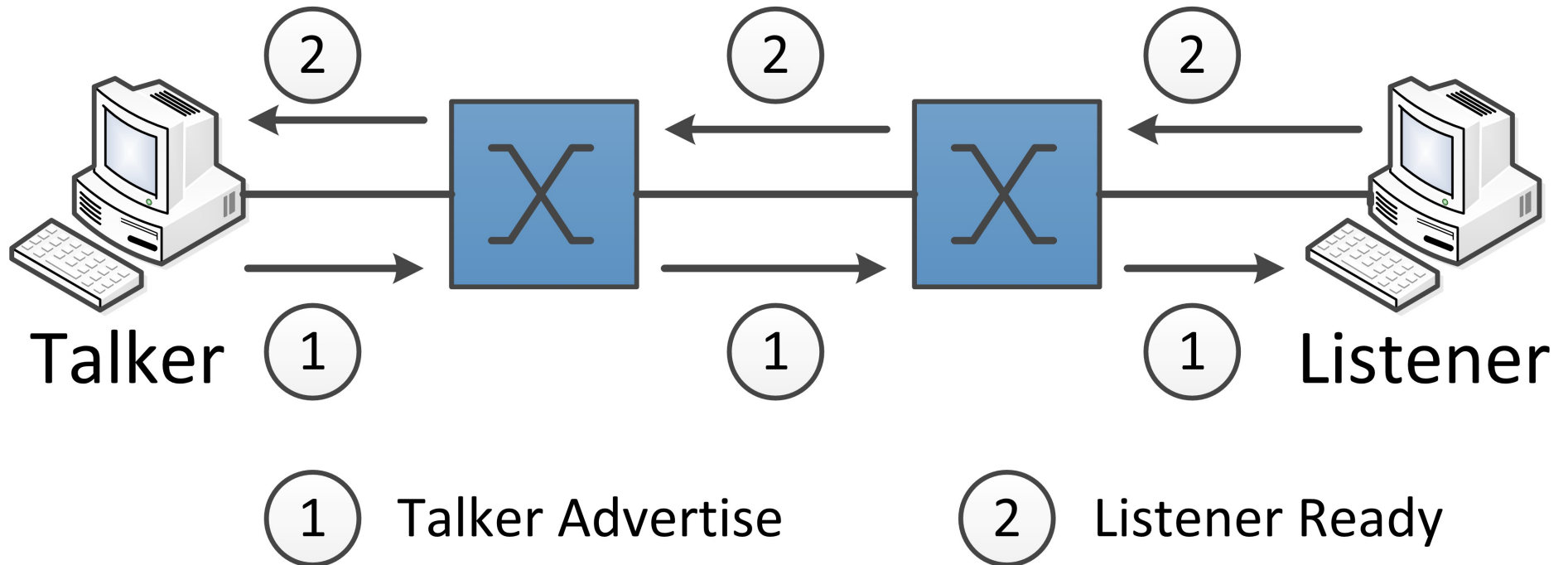
- 802.1BA Audio Video Bridging Systems
- 802.1AS Time Synchronization
- 802.1Qat Stream Reservation Protocol
- 802.1Qav Forwarding and Queue Enhancements for Time-Sensitive Streams
- 1722 AVB Layer 2 Transport Protocol

# AVB v1 Standards

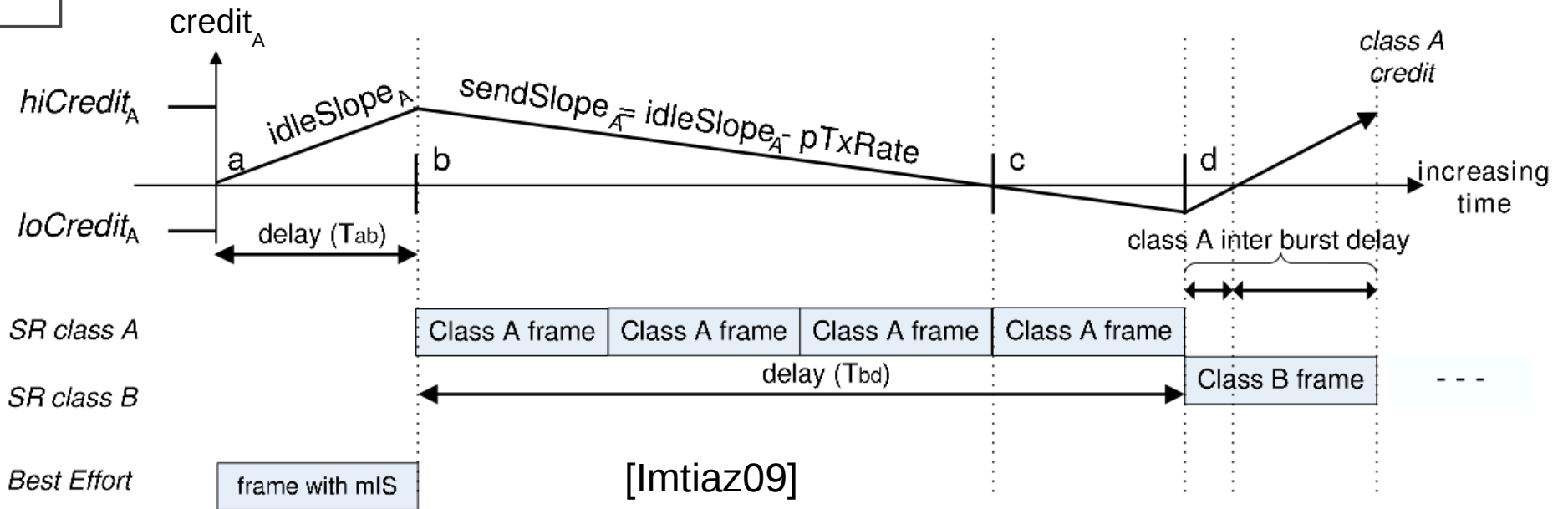
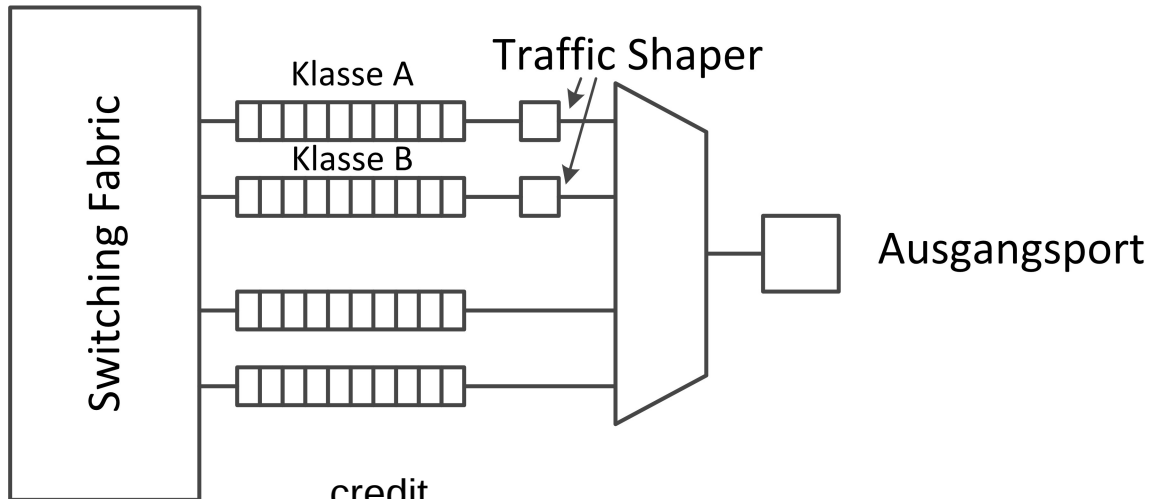


[Imtiaz11]

# Stream Reservation Protocol



# Credit Based Traffic Shaper



# AVB v1 in Automobil/Automatisierung

- Automatisierung: Line-Topologie mit vielen Hops
- Kontrolle von Aktoren: Latenz 1 ms, Jitter 1  $\mu$ s [Imtiaz11]
- Redundanz ohne Paketverluste [Kleineberg12]
- Deterministische Paketweiterleitung trotz Vermischung von Echtzeit und Best Effort Verkehr [Teener13]
- Kompatibilität zu IEEE 802.1



# Latenz von AVB v1 – formale Analyse

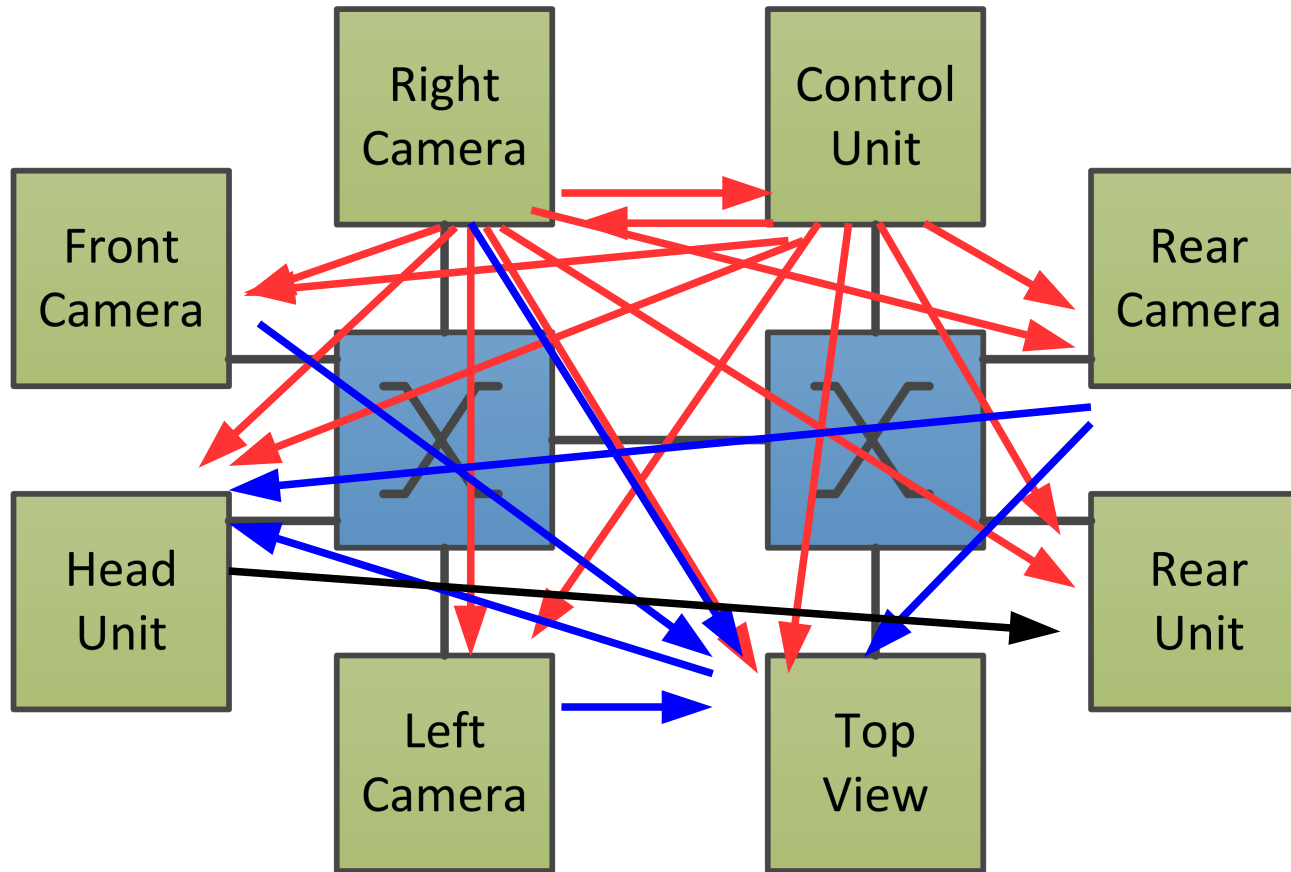
- Paper von Rene Queck [Queck12]: Analysis of Ethernet AVB for Automotive Networks using Network Calculus
- Ermittlung der Worst Case Latenz

# Analysiertes Netzwerk

- Fahrerassistenzanwendung mit 4 Kameras
- Unterschiedliche Signaltypen im selben Netz

	Datenrate / Talker	Priorität
Kontrollsignal	0,512 MBit/s	AVB Class A
Videosignal	16,97 MBit/s	AVB Class B
Multimedia	15,70 MBit/s	Best Effort

# Analysiertes Netzwerk



← AVB Class A

← AVB Class B

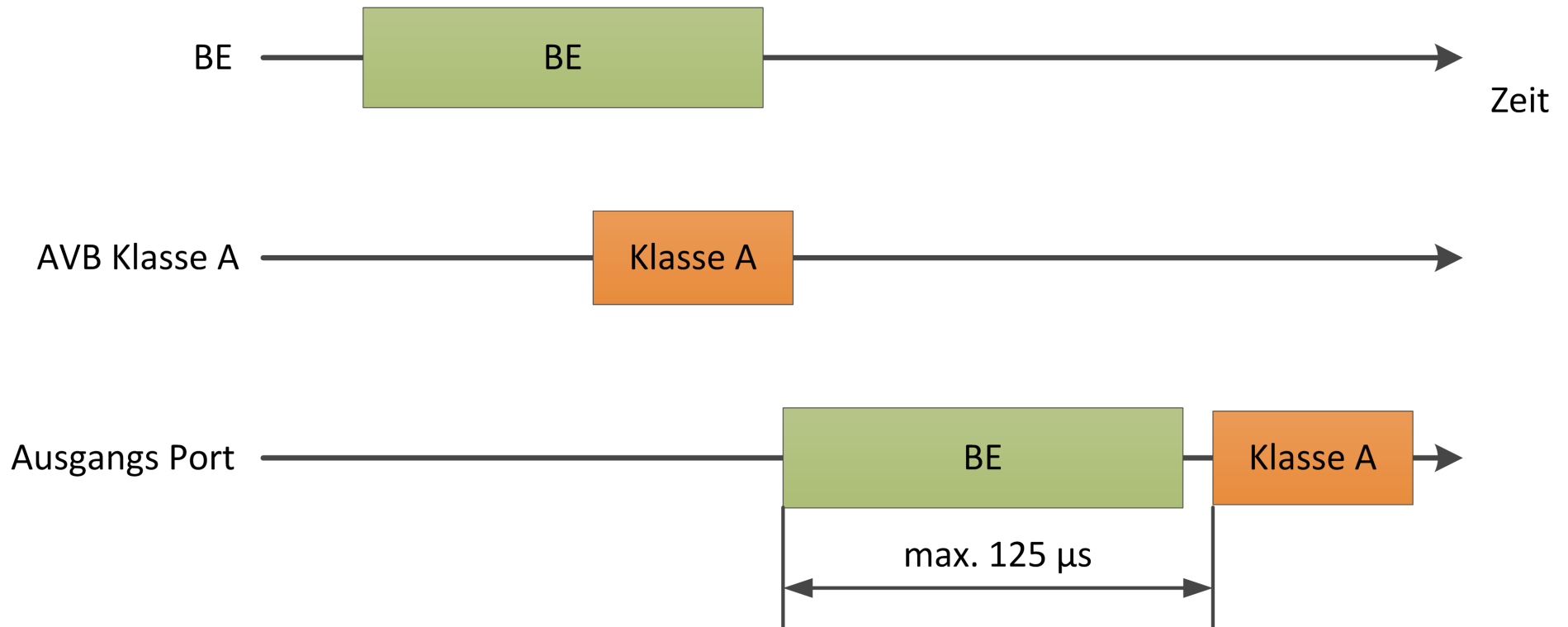
← Best Effort

# Ermittelte Worst Case Latenzen

Priorität	Max. Latenz	Min. Latenz	Avg. Latenz
AVB Class A	4,25 ms	0,14 ms	1,53 ms
AVB Class B	5,67 ms	4,21 ms	5,06 ms
Best Effort	7,66 ms	7,66 ms	7,66 ms

- Latenz ist wesentlich über 1 ms (bei 2 Hops!)
- Jitter kann durch Zeitsynchronisation und entsprechende Verzögerung im Endknoten minimiert werden
- Annahme für Analyse: am Anfang ist immer Burst [ → tritt dies wirklich ein? ]
- Paper von Diemer et al. errechnet auch mehr als 1 ms für AVB

# Ursache für Latenz



# AVB v2

- AVB v2 wird aktuell spezifiziert
  - wenige Paper, die sich damit befassen
  - viele Foliensätz, die aktuellen Stand zeigen
- Anforderungen:
  - Berücksichtigung von Alternativrouten [Kleineberg12]
  - Reduzierung der Latenz [Imtiaz09]

# Konzepte für AVB v2

- SRP v2 wird Alternativrouten reservieren, Streams werden auch darüber Versandt [Kleineberg12]
- Reduktion der Latenz durch:
  - ~~weniger Hops~~ ← geht nicht!
  - Paketpreemption
  - Paketgröße limitieren
  - Cut Through + Preemption
  - Traffic Shaper anpassen

# Paketpreemption / Cut Through

- [Sexton13]: Review of latency and variability, a proposal plus other topics (Präsentation IEEE 802.1 TSN TG 15.03.2013)
- Cut Through setzt freien Ausgangsport voraus
- Preemption benötigt Zeit (Inter Frame Gap, Preamble)
- Ggf. Preemption im Voraus beginnen (definierter Scedule)
- bekannter Scedule → Ausgangsport bekannt
  - Cut Through, ohne Port Lookup
- Berechnungen sind mit 1 Gbit/s und 100 Byte Paket



# Paketpreemption / Cut Through

	Latenz bei 10 m Kabel
Buffered + Preemption	$1,41 \mu\text{s} + \tau$
Buffered + early Preemption	$1,41 \mu\text{s}$
Cut Through + Preemption	$0,262 \mu\text{s} + \tau$
Cut Through + early Preemption	$0,262 \mu\text{s}$
Blind Cut Through + Preemption	$0,118 \mu\text{s} + \tau$
Blind Cut Through + early Preemption	$0,118 \mu\text{s}$

$\tau$  = Zeit für Preemption

- Preemption bedeutet mehr Overhead, da:
  - Paket komplett neu senden oder
  - Header doppelt, wenn Übertragung fortgesetzt wird
- PHY's und MAC's müssen Preemption unterstützen
  - PHY wird aktuell in IEEE 802.3 Gruppe definiert

# Paketgröße limitieren

- [Imtiazi12]: Approaches to reduce the latency for high priority traffic in IEEE 802.1 AVB networks (Paper 2012)
- Max. Paketgröße geht in Worst Case Latenz ein
- Erfordert spezielles Fragmentieren in Switches oder anderen Ethernet-Stack auf Knoten (nicht IEEE 802.1 konform)
- Ergebnis: Latenz geringer, Paper behandelt aber nicht Worst Case

# Anpassung Traffic Shaper

- Burst Limiting Shaper
- Urgency Based Scheduler
- Time Aware Shaper

# Burst Limiting Shaper

- [Götz12]: Traffic Shaper for Control Data Traffic (CDT) @ Industry (Präsentation IEEE 802 AVB Meeting – San Diego 15.07.2012)
- Hohe kann geringe Prio. Preempten
- Wenn Bandbreite aufgebraucht, dann wird hohe mit geringster Prio. überschrieben
- Im Pfad folgende Switches werden aber nicht vor Bursts geschützt (Boiger: How Many Transmission Selection Algorithms Do We Need? IEEE 802.3 Interim Meeting – Victoria 16.05.2013)

# Urgency Based Scheduler

- [Specht13]: Urgency based Scheduler – Considerations for Low Latency Reserved streams (Präsentation IEEE 802 Plenary – Orlando 20.03.2013)
- Bandbreite wird limitiert (wie CBS)
- Pakete werden nach Dringlichkeit versandt
  - Earliest Deadline First, usw.
- Simulation zeigt Latenzreduktion
- Meine Meinung: ... das könnte zu schlechterem Worst Case führen

# Time Aware Shaper

- [Boiger13]: Gates vs. Windows and Scheduled Traffic (IEEE 802.1 Interim Meeting – Vancouver 16.01.2013)
- Zusätzliche Klasse für Sceduled Traffic
- Switch kennt TDMA-Scedule für alle Output-Ports
- Wenn Zeitfenster für Sceduled Traffic aktiv, dann werden andere Queues blockiert
- In Draft 802.1Qbv (Ver. 0.2) beschrieben

# Zusammenfassung

- AVBv1 nur bedingt für Automatisierung-/Automotive-Bereich geeignet
- AVBv2 wird dies berücksichtigen
- Verschiedene Konzepte zur Latenzreduktion werden Diskutiert
- Time Aware Shaper haben große Ähnlichkeit mit Time Triggered Ethernet
- Lösung für Redundanz ohne Paketverluste konvergiert

# Literatur

[**Boiger13**] Christian Boiger, "Gates vs. Windows and Scheduled Traffic", IEEE 802.1 Interim Meeting – Vancouver Jan. 2013.

[**Götz12**] Franz-Josef Götz, "Traffic Shaper for Control Data Traffic (CDT) @ Industry", IEEE 802 AVB Meeting – San Diego Juli 2012.

[**Imtiaz09**] J. Imtiaz, J. Jasperneite und Lixue Han, "A performance study of EthernetAudio Video Bridging (AVB) for Industrial real-time communication", Emerging Technologies Factory Automation, 2009. ETFA 2009. IEEE Conference on. 2009, S. 1–8. doi: 10.1109/ETFA.2009.5347126.

[**Imtiaz11**] J. Imtiaz, J. Jasperneite und S. Schriegel, "A proposal to integrate process data communication to IEEE 802.1 Audio Video Bridging (AVB)", Emerging Technologies Factory Automation (ETFA), 2011 IEEE 16th Conference on. 2011, S. 1–8. doi: 10.1109/ETFA.2011.6059004.

[**Imtiaz12**] J. Imtiaz, J. Jasperneite und K. Weber, "Approaches to reduce the latency for high priority traffic in IEEE 802.1 AVB networks", Factory Communication Systems (WFCS), 2012 9th IEEE International Workshop on. 2012, S. 161–164. doi: 10.1109/WFCS.2012.6242561.



# Literatur

[**Kleineberg12**] Oliver Kleineberg, Peter Frohlich und Donal Heffernan, "Fault-tolerant Audio and Video Bridging (AVB) Ethernet: A novel method for redundant stream registration configuration", Emerging Technologies Factory Automation (ETFA), 2012 IEEE 17th Conference on. 2012, S. 1–8. doi: 10.1109/ETFA.2012.6489645.

[**Queck12**] R. Queck, "Analysis of Ethernet AVB for automotive networks using Network Calculus", Vehicular Electronics and Safety (ICVES), 2012 IEEE International Conference on. 2012, S. 61–67. doi: 10.1109/ICVES.2012.6294261.

[**Sexton13**] Daniel Sexton, "Time Aware Shaper Options - Review of latency and variability, a proposal plus other topics", IEEE 802.1 Meeting März 2013.

[**Specht13**] Johannes Specht, "Urgency based Scheduler – Considerations for Low Latency Reserved Streams", IEEE 802.1 Meeting März 2013.

[**Teener13**] Michael D. Johas Teener u. a. "Heterogeneous Networks for Audio and Video - Using IEEE 802.1 Audio Video Bridging", Feb. 2013.

Danke für die Aufmerksamkeit ...

