

# Erzeugung von charakteristischen Last-Profilen zur simulationsgestützten Analyse von TTEthernet: Related Methods

Herman Dieumo Kenfack

dieumo\_h@informatik.haw-hamburg.de

Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg

Anwendungen 2 SS 10

Betreuer: Prof. Dr. Franz Korf; Prof. Dr. Thomas C. Schmidt

# Agenda

---

- ▶ Rückblick AW1
- ▶ TTEthernet-Traffic: Fragestellung
- ▶ Traffic Generierung und Messung
  - ▶ RFC 2544 Benchmarking-Methodik
  - ▶ Analytische Modelle
- ▶ Zusammenfassung
- ▶ Ausblick

# Agenda

---

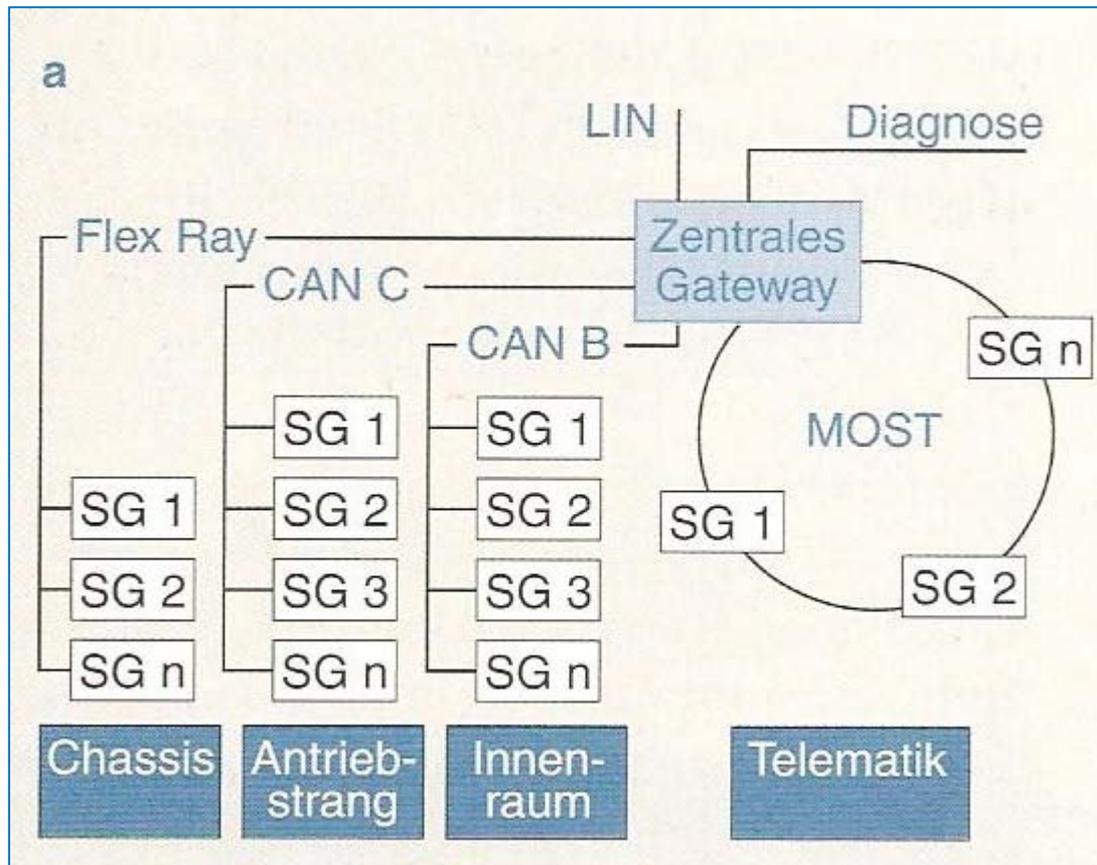
- ▶ Rückblick AW1
  - ▶ Ziele
  - ▶ Aktuelle Situation in der Automobilindustrie
  - ▶ TTEthernet
- ▶ TTEthernet-Traffic: Fragestellung

# Rückblick AW1: Ziele

---

- ▶ Analyse und Bewertung von TTEthernet im Automobilkontext
- ▶ Entwurf eines Modells für typische Kraftfahrzeug-Netzwerke
  - ▶ Architektur Modell
  - ▶ Traffic Modell
- ▶ Simulation des Modells im OMNeT++

# Rückblick AW1: Aktuelle Situation in der Automobilindustrie



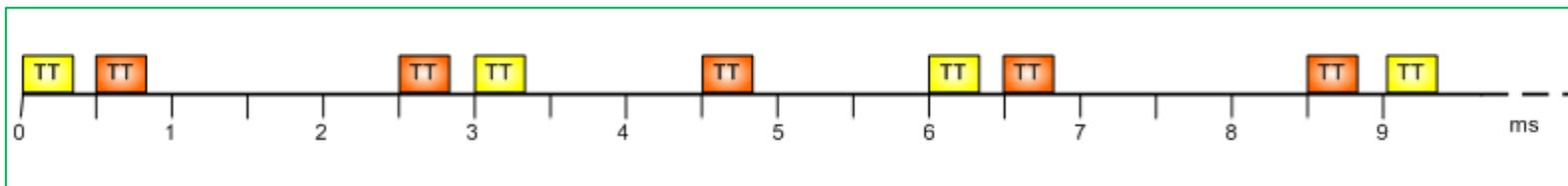
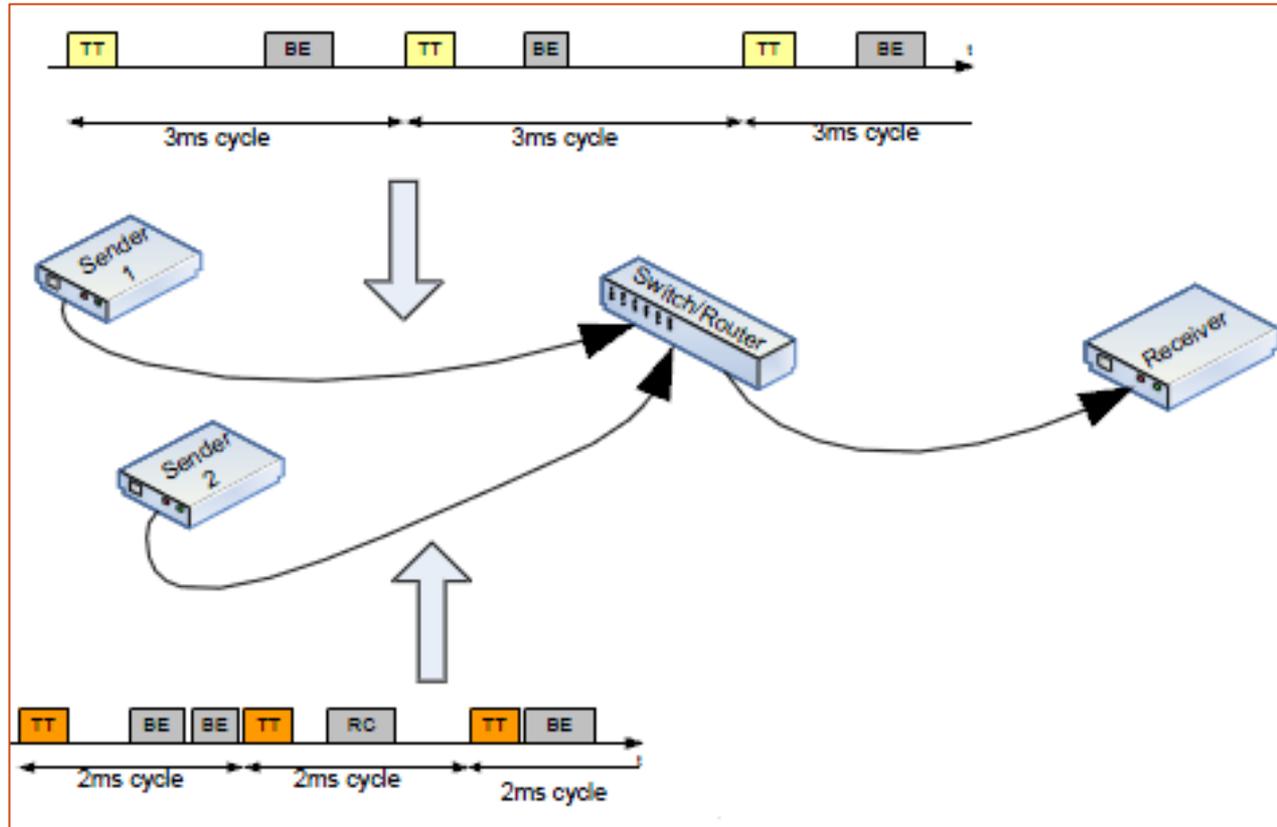
[1]

## Rückblick AW1: TTEthernet [2]

---

- ▶ Ethernet Variante für Echtzeitanwendungen
- ▶ TDMA
- ▶ Zeitfenster pro TT-Nachricht
- ▶ Deterministisches Zugangsverfahren
- ▶ Ausfallgesichertes Zeit-Synchronisationsprotokoll
- ▶ Standardkonforme Ethernet-Erweiterung
- ▶ 3 Traffic-Klassen

# Rückblick AW1: TTEthernet: Traffic-Klassen



# TTEthernet-Traffic: Fragestellung

---

- ▶ Wie können die Zeitintervalle zwischen TT-Nachrichten so verteilt werden, dass noch genug Bandbreite für RC- und BE-Nachrichten zur Verfügung steht?
- ▶ Wie kann man feststellen, dass die an RC-Nachrichten gestellte Anforderungen erfüllt werden?
- ▶ Wie kann man feststellen, ob noch „genug“ BE-Nachrichten weitergeleitet werden?
- ▶ Wie können Design-Fehler bezüglich der Traffic-Planung herausgestellt werden?

# Agenda

---

- ▶ Traffic Generierung und Messung
  - ▶ RFC 2544 Benchmarking-Methodik
    - ▶ Versuchsaufbau
    - ▶ back-to-back -burst-
    - ▶ Durchsatz -throughput-
    - ▶ Delay/Latenz
    - ▶ Frame-Verlustrate

## RFC 2544 Benchmarking-Methodik [4]

---

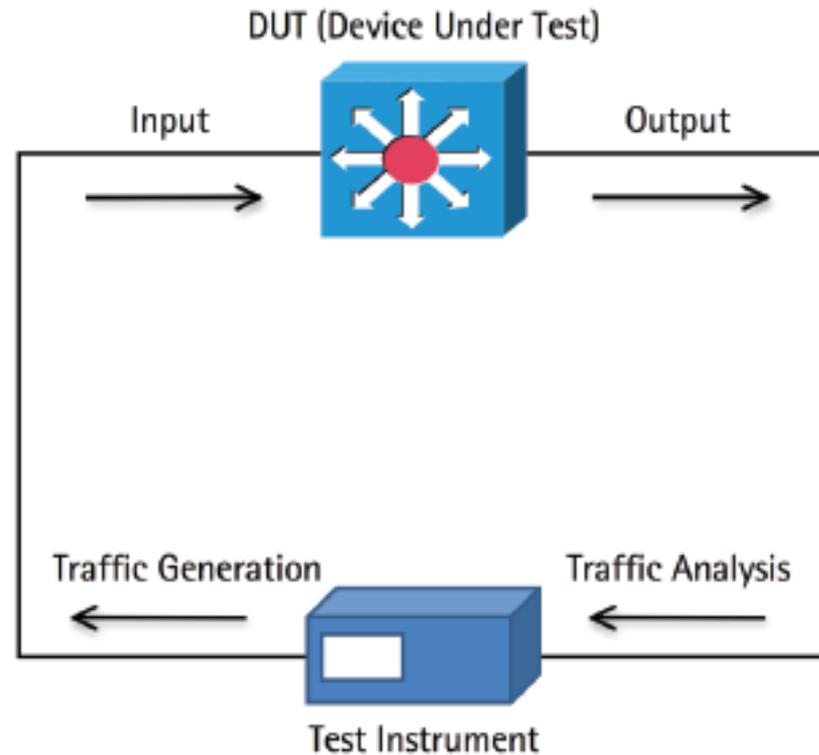
- ▶ Von der Benchmarking Methodology Working Group der IETF
- ▶ Benchmarking-Methodik zur Messung und Bewertung der Leistung von Netzwerk-Geräten
- ▶ Hierfür werden Test-Verfahren definiert
  - ▶ Back-to-back -burst- (in frames)
  - ▶ Durchsatz -throughput- (in frames/sec)
  - ▶ Delay/Latenz (in ms oder us)
  - ▶ Frame-Verlustrate (in % -relativ zur Input-Datenrate-)

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik (2)

---

- ▶ Vordefinierte Frame-Größe
  - ▶ Für Ethernet: 64, 128, 256, 512, 1024, 1280 und 1518 Bytes

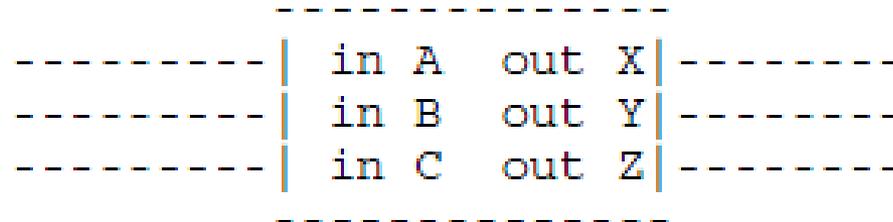
# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Versuchsaufbau(1)



[9]

## RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Versuchsaufbau(2)

---



stream sent to input A:

packet to out X, packet to out Y, packet to out Z

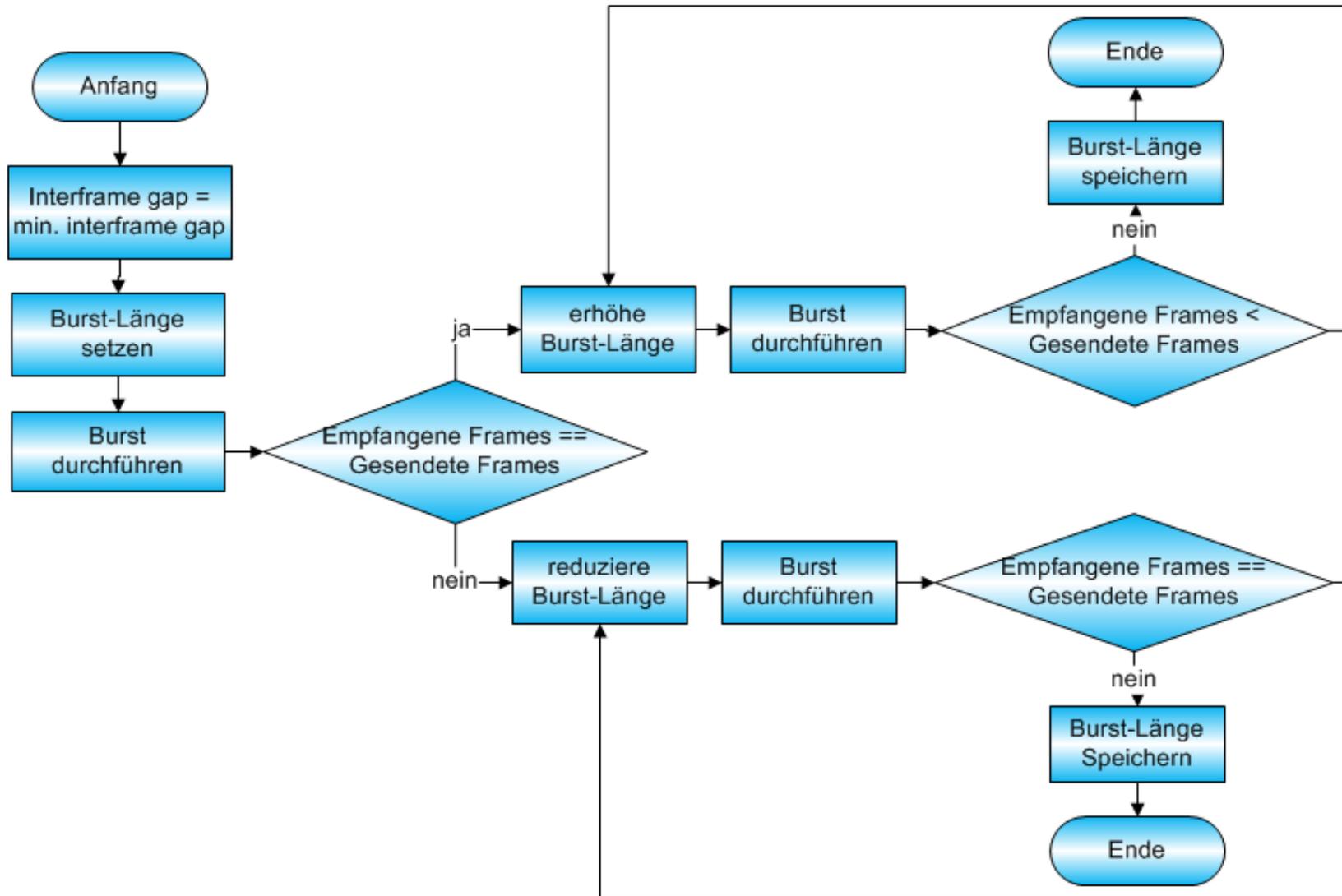
stream sent to input B:

packet to out X, packet to out Y, packet to out Z

stream sent to input C

packet to out X, packet to out Y, packet to out Z

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Back-to-Back Test (Burstability)

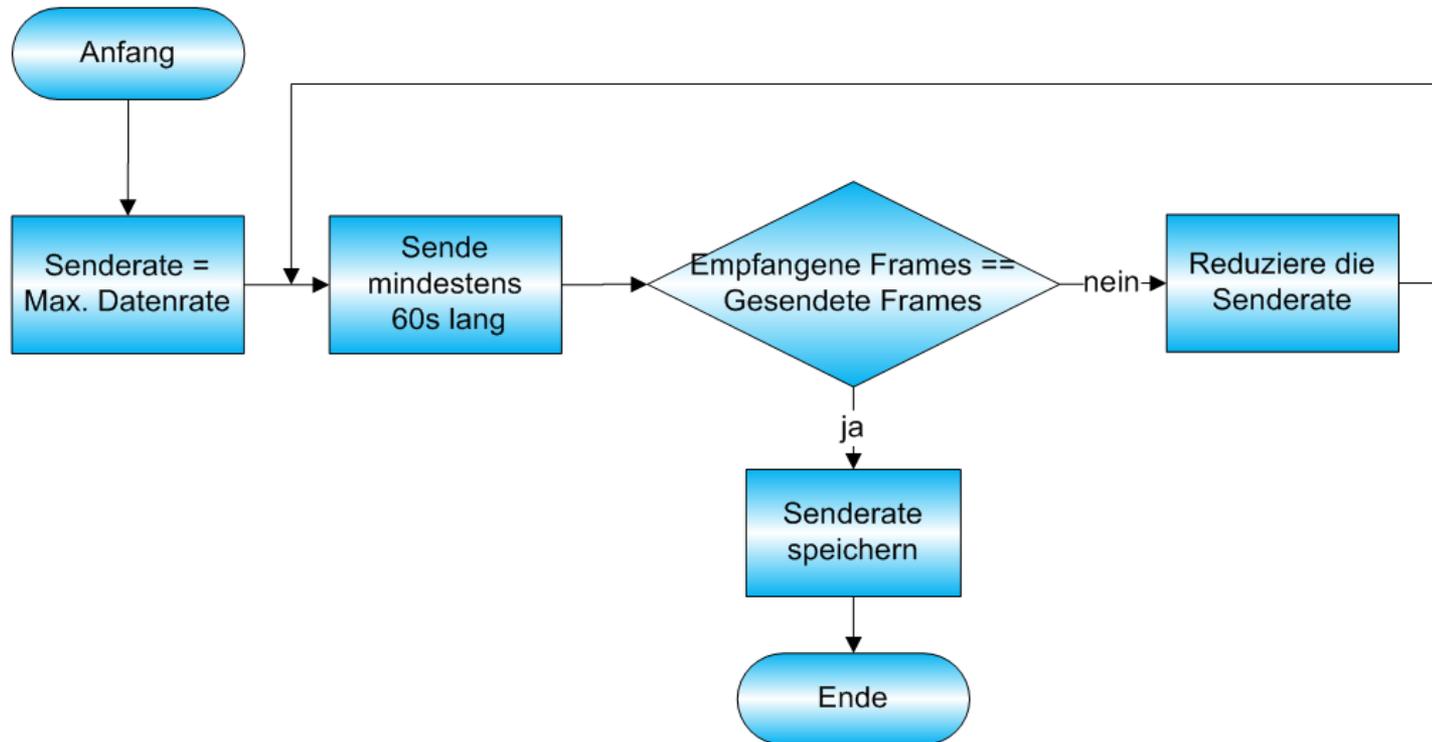


# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Back-to-Back Test (2)

---

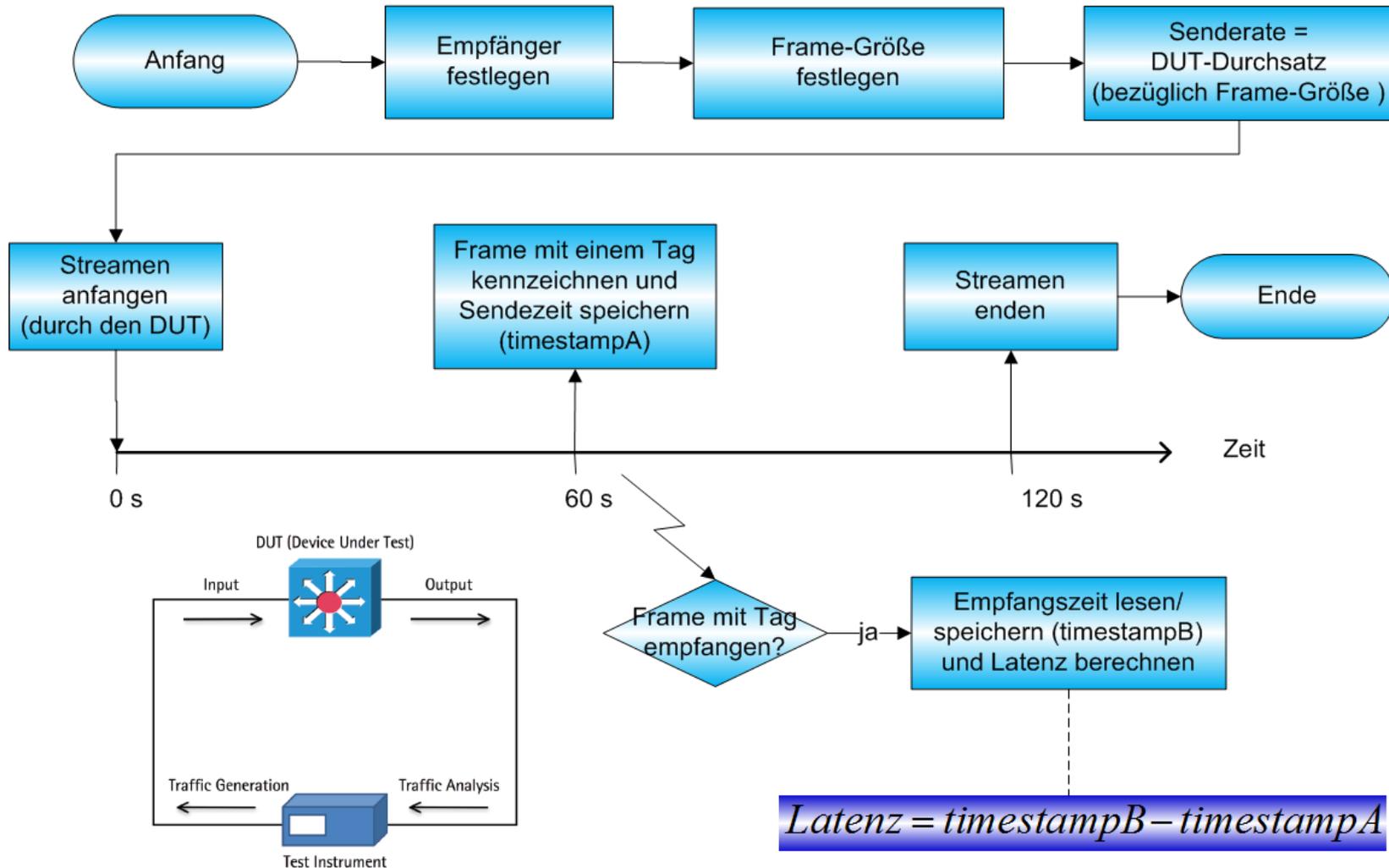
- ▶ Vorgeschlagene Burst-Längen: 16, 64, 256 und 1024 Frames
- ▶ Versuch mindestens 50 mal je Frame-Größe wiederholen
  - ▶ Ergebnis → Mittelwert
- ▶ Protokollierung tabellarisch

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Durchsatz Test



- ▶ Führe den Test für alle Frame-Größen durch
  - ▶ Ergebnis in einer Tabelle

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Latenz Test

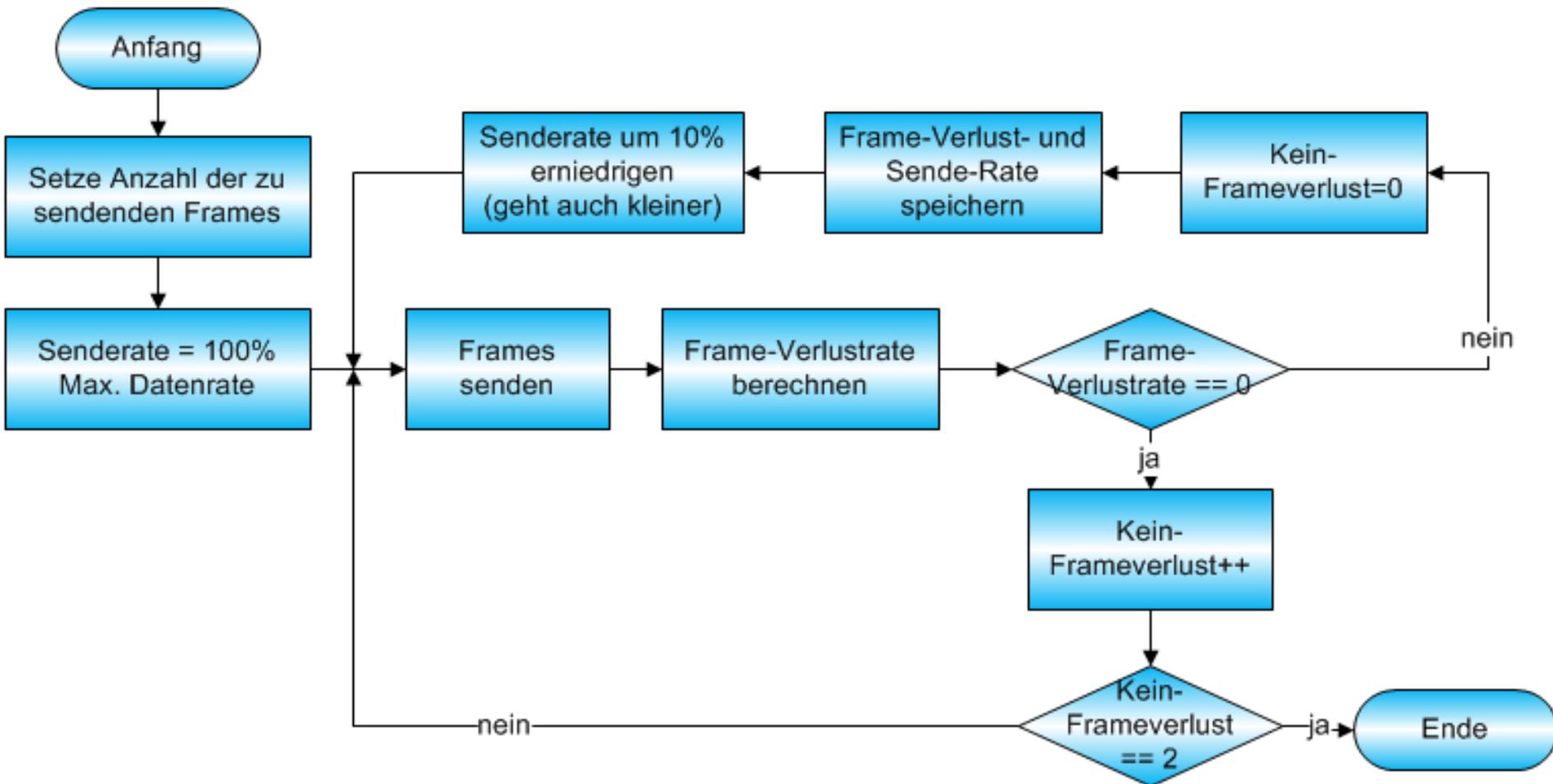


## RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Latenz Test (2)

---

- ▶ Der Test muss mindestens 20 mal je Frame-Größe durchgeführt werden
  - ▶ Das Resultat ist der Mittelwert

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Frame-Verlustrate Test



$$\text{FrameVerlustRate} = \frac{(\text{GesendeteFrames} - \text{EmpfangeneFrames}) * 100}{\text{GesendeteFrames}}$$

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Frame- Verlustrate Test (2)

---

- ▶ Den Versuch für jede Frame-Größe durchführen
- ▶ Ergebnisse als Graph angeben
  - ▶ (x: Senderate, y:Verlustrate)

# RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Bewertung

---

- ▶ + Geeignet zur Bewertung und Messung der Leistung von Netzwerk-Geräten
- ▶ + keine mathematischen Kenntnisse unbedingt notwendig
- ▶ + Kann in einer Simulationsumgebung verwendet werden, um charakteristische Merkmale des Netzwerks zu ermitteln
- ▶ + Test von verschiedenen Konstellationen (bezüglich der TT-Traffic Konfiguration)

## RFC 2544 Benchmarking-Methodik: Bewertung (2)

---

- ▶ - keine Generierung von spezifischen Traffics
  - ▶ Video, FTP, WWW etc.
- ▶ - Zeit intensiv
- ▶ - Alle Tests werden nicht „abgedeckt“

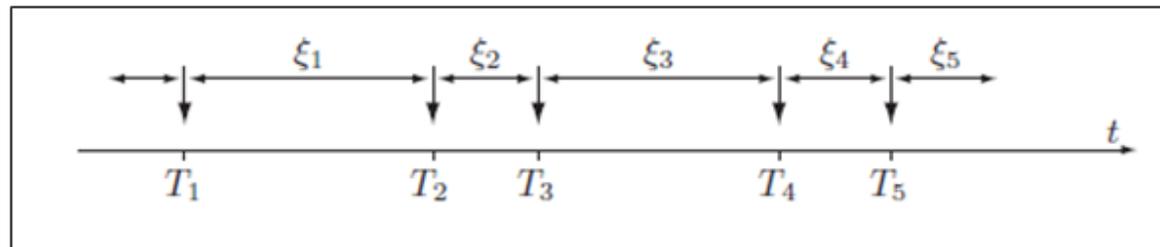
# Agenda

---

- ▶ Traffic Generierung und Messung
  - ▶ Analytische Modelle
    - ▶ Einfache Modellierung
    - ▶ Binomial-Verteilung
    - ▶ Poisson-Verteillung
    - ▶ IP-Traffic-Modelle
    - ▶ ReaSE

## Analytische Traffic Modelle: Einfache Modellierung [5]

- ▶ Ein einfacher Traffic besteht aus der Ankunft von diskreten Ereignissen (Datenpakete, Anrufversuche, ...)
- ▶ Dies wird mathematisch als Punkt-Prozess (point process) beschrieben



$T_n$  = Ankunftszeitpunkte,  $\xi_n$  = Zwischenankunftszeiten

## Analytische Traffic Modelle: Einfache Modellierung (2)

---

- ▶ Es gibt zwei äquivalente Beschreibungen des Punkt-Prozesses:
- ▶ Der „accounting process“
  - ▶ Wird beschrieben durch  $\{N(t)\}_{t=0}^{\infty}$ , ist eine stetige Zeit, wobei  $N(t) = \{n: T_n \leq t\}$  die Anzahl der eingetroffenen Traffics im Intervall  $(0, t]$  ist
- ▶ Der „interarrival time process“
  - ▶ Ist eine nicht negative Zufallsfolge  $\{\xi_n\}_{n=1}^{\infty}$ , wobei  $\xi_n = T_n - T_{n-1}$  das Zeit-Intervall zwischen zwei eingetroffenen Ereignissen ist.

# Analytische Traffic Modelle: Binomialverteilung [6, s. 191]

---

- ▶ Modellierung von Zufallsexperimenten, bei denen nur zwei Ergebnisse im Sinne von Treffer und Nicht-Treffer möglich sind.
- ▶ Eintreffende Ereignisse voneinander unabhängig
- ▶ Wahrscheinlichkeit genau  $k$  Treffer zu erzielen bei  $n$  mal Durchführung eines Experiments

$$P(Y = k) = \frac{n!}{(n-k)!k!} p^k (1 - p)^{n-k}$$

$$E[Y] = np, \text{VAR}[Y] = np(1 - p)$$

## Analytische Traffic Modelle: Binomialverteilung (2)

---

- ▶ Beispiel: Ein Würfel soll  $n = 5$  mal geworfen werden. Die Augenzahl 1 sei als Treffer bezeichnet. Was ist die Chance genau 2 Treffer zu erzielen?

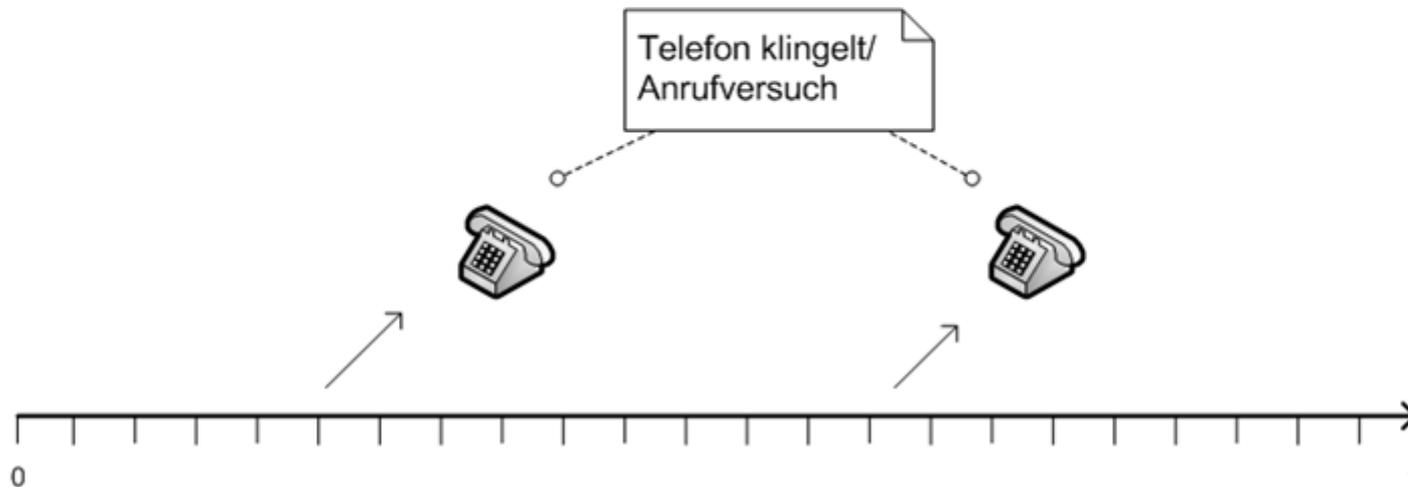
- ▶ 
$$P(Y = k) = \frac{n!}{(n-k)!k!} p^k (1 - p)^{n-k}$$

- ▶ 
$$P = \frac{1}{6}$$

- ▶ 
$$P(k = 2) = \frac{5!}{3! \cdot 2!} \left(\frac{1}{6}\right)^2 * \left(1 - \frac{1}{6}\right)^3 = 16.075\%$$

## Analytische Traffic Modelle: Poisson [6, s. 206]

- ▶ Versuchsanzahl  $n$  sehr groß ist und die Trefferchance  $p$  eines Einzelexperimentes sehr gering ist.
  - ▶ Anzahl Ereignisse innerhalb eines Zeitintervalls



## Analytische Traffic Modelle: Poisson(2)

---

$$P(Y = k) = \frac{n!}{(n-k)!k!} p^k (1-p)^{n-k} \quad \text{mit} \quad E[Y] = \mu = np$$

$$P(Y = k) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{n!}{(n-k)!k!} \left(\frac{\mu}{n}\right)^k \left(1 - \frac{\mu}{n}\right)^{n-k}$$

$$= \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{\mu^k}{k!}\right) \left(\frac{(n-k)!(n-(k-1)) \dots (n-2)(n-1)n}{(n-k)!n^k}\right) \left(1 - \frac{\mu}{n}\right)^n \left(1 - \frac{\mu}{n}\right)^{-k}$$

$$= \frac{\mu^k}{k!} \lim_{n \rightarrow \infty} \left(\frac{n}{n} * \frac{n-1}{n} * \frac{n-2}{n} \dots \frac{n-k+1}{n}\right) \left(1 - \frac{\mu}{n}\right)^n \left(1 - \frac{\mu}{n}\right)^{-k}$$

$$**P(Y = k) = \frac{\mu^k}{k!} e^{-\mu}**$$

# Analytische Traffic Modelle: Poisson: Bewertung

---

- ▶ + Wenige Parameter
- ▶ + Einfach
- ▶ - Man kann damit kein komplexes Verhalten modellieren
- ▶ - Kann das dynamische Verhalten von IP-Traffics nicht widerspiegeln

# Analytische Traffic Modelle: IP-Traffic [8]

---

- ▶ Heavy-Tail-Verteilung
- ▶ Selbstähnlichkeit (Self-similar)
- ▶ ...

# Analytische Traffic Modelle: *ReaSE (2)*

## *Realistic Simulation Environments for OMNeT++ [7]*

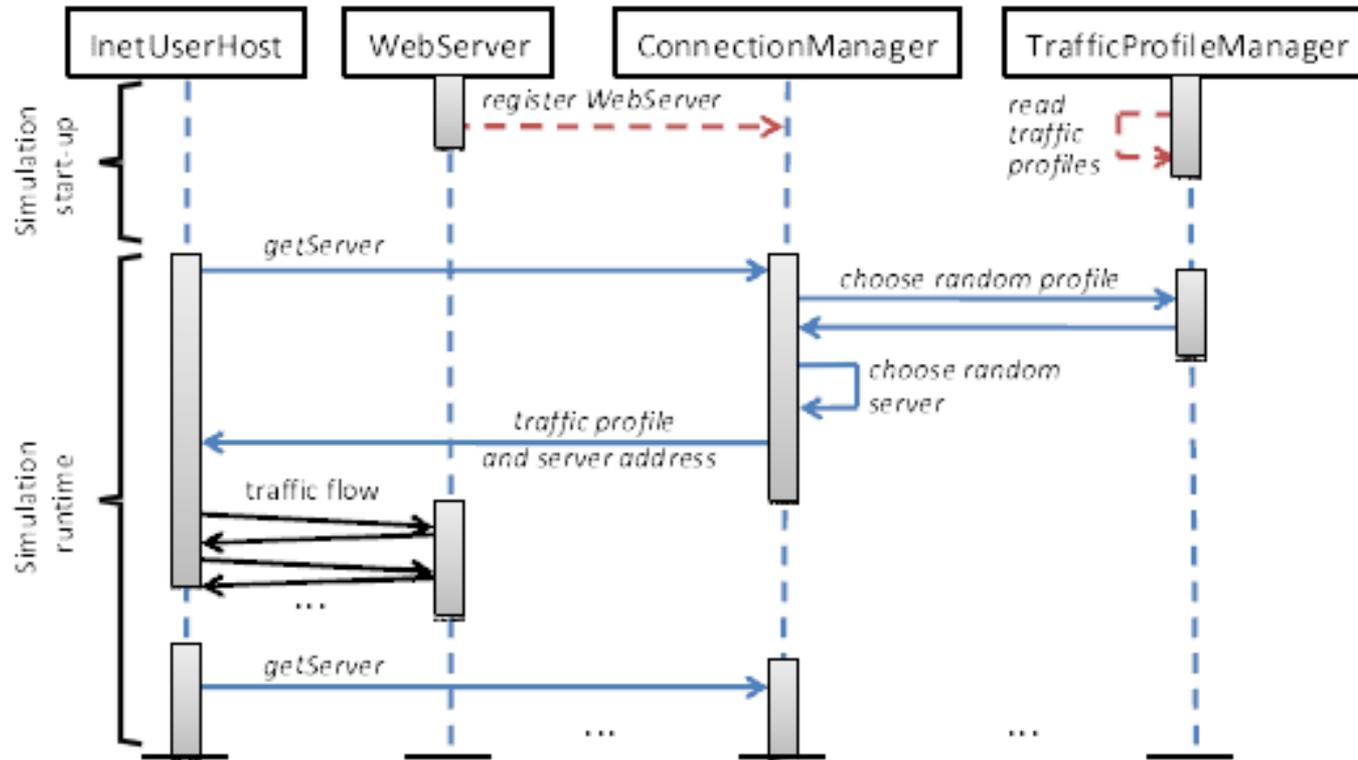
---

- ▶ Vom Institut für Telematik, Universität Karlsruhe
- ▶ Implementierte Modelle
  - ▶ Self-similar, DDoS

- ▶ Beispiel Profil:

```
<Profile>  
  <Id><3>  
  <Label><Web Traffic>  
  <RequestLength><200>  
  <RequestsPerSession><10>  
  <ReplyLength><1000>  
  <ReplyPerRequest><30>  
  <TimeBetweenRequests><2.0>  
  <TimeToRespond><0.5>  
  <TimeBetweenSessions><3.0>  
  <Ratio><36.0>  
  <WANRatio><73.0>  
</Profile>
```

## Analytische Traffic Modelle: *ReaSE* (3)



# Zusammenfassung

---

- ▶ Rückblick AW1
- ▶ TTEthernet-Traffic: Fragestellung
- ▶ Traffic Generierung und Messung
  - ▶ RFC 2544 Benchmarking-Methodik
  - ▶ Analytische Modelle

# Ausblick

---

- ▶ Erzeugung von realistischen Topologien für das TTEthernet-Netzwerk (z. B. Typische Auto Netzwerk-Topologie)
- ▶ Entwicklung von charakteristischen Traffic-Profiles
  - ▶ Untersuchung bestehende Traffic-Modelle auf deren Eignung für das TTEthernet-Netzwerk (Optimierung wenn nötig)
  - ▶ Erstellung von neuen Traffic-Modellen
  - ▶ Implementierung bzw. Einsatz der Modelle in der Simulation
- ▶ Testen, ob die gestellten Traffic-Anforderungen erfüllt werden

# Literatur

---

- ▶ [1] Mischo, Stefan; Powolny, Stefan; Zündel, Hanna; Löchel, Norbert; Stuphorn, Jörn; Constapel, Rainer; Häußermann, Peter; Leonhardi, Alexander; Holtkamp, Heiko; Robert Bosch GmbH (Hrsg.): Vernetzung im Kraftfahrzeug. Germany: 1. Ausgabe, April 2007. ISBN-13 978-3-86522-276-3
- ▶ [2] Wilfried, Steiner: TTEthernet specification. TTTech Computertechnik AG, Nov 2008. URL - <http://www.tttech.com>
- ▶ [3] Wilfried, Steiner; Günther, Bauer; Brendan, Hall; Michael, Paulitsch; Srivatsan, Varadarajan: TTEthernet Dataflow Concept: 2009. ISBN-978-0-7695-3698-9/09
- ▶ [4] RFC 2544: Benchmarking Methodology for Network Interconnect Devices
- ▶ [5] Victor S.; Benjamin M.: Traffic Modeling For Telecommunications Networks: 1994. ISBN-0163-6804/94
- ▶ [6] Weigand, Christoph: Statistik mit und ohne Zufall; Eine anwendungsorientierte Einführung: 2. Auflage, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2009. ISBN- 978-3-7908-2346-2
- ▶ [7] Gamer, Thomas; Scharf, Michael: Realistic Simulation Environments for IP-based Networks: March, 2008. ISBN-978-963-9799-20-2
- ▶ [8] Grimm, Christian; Schlüchtermann, Georg: Verkehrstheorie in IP-Netzen: Modelle, Berechnungen, statistische Methoden: 1. Auflage, Hüthig Telekommunikation/Bonn 2004. ISBN- 3-8266-5047-6
- ▶ [9] Sunrise Telecom(Hrsg.): The Field Engineer's Challenge - from LAN to Carrier Ethernet. URL- [http://www.sunrisetelecom.com/support/ethernet\\_white\\_paper\\_01.php](http://www.sunrisetelecom.com/support/ethernet_white_paper_01.php)

***Vielen Dank für ihre Aufmerksamkeit***

