



**Christoph Fischer**  
**Jörg Schneider**

*DFKI*  
*Intelligente Netze*

# Real Time Workload Monitoring for WLAN



1. Motivation
2. Anforderungen
3. Entwickeltes Monitoring Verfahren
4. Erreichte Anforderungen



Mit steigender Komplexität der Industrie 4.0 ist eine Vernetzung durch Funktechnologien dringend notwendig.

- Funkkommunikation trifft in der Industrie auf einige neue Problemstellungen bezüglich der Verlässlichkeit
- Beispiel Automobilindustrie!



## Relevante Anforderungen der Industrie 4.0 an WLAN:

- geringe Latenz
- Robustheit
- Sicherheit
- Echtzeit



Diese Anforderungen sind schwer mit der Nutzung eines Shared Mediums zu vereinbaren.

- Jeder hat Zugriff auf den Luftkanal
- Empfang einer Nachricht kann nicht garantiert werden
- durch Monitoring können Engpässe der Übertragung detektiert werden



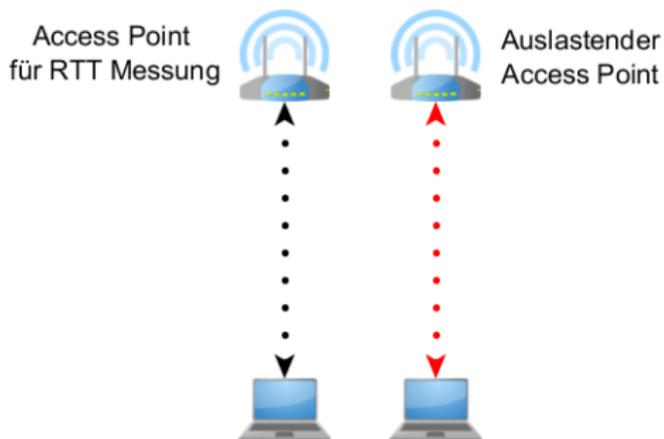
## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Messdaten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals

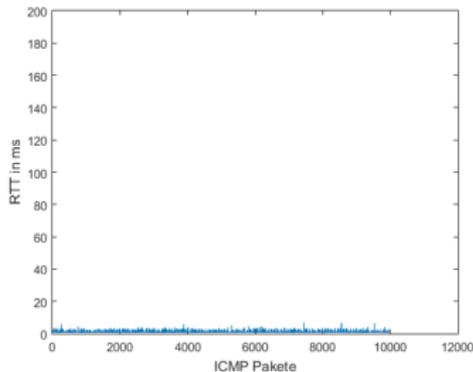


- ICMP Pakete werden von dem Access Point an die Clients verschickt
- Diese Antworten wiederum mit einer ICMP Nachricht
- Pakete werden nach dem Collision Avoidance Verfahren versendet und dadurch verzögert
- Anhand des enthaltenen Zeitstempels wird Verzögerungsdauer (RTT) ermittelt

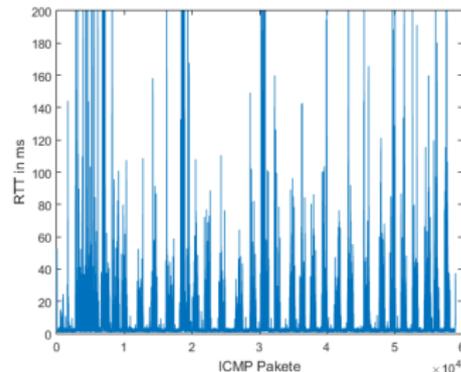
## Aufbau der Messstreck



Der Access Point sendet im Intervall von 10ms ICMP Pakete und erfasst die RTT der Antwort Pakete.

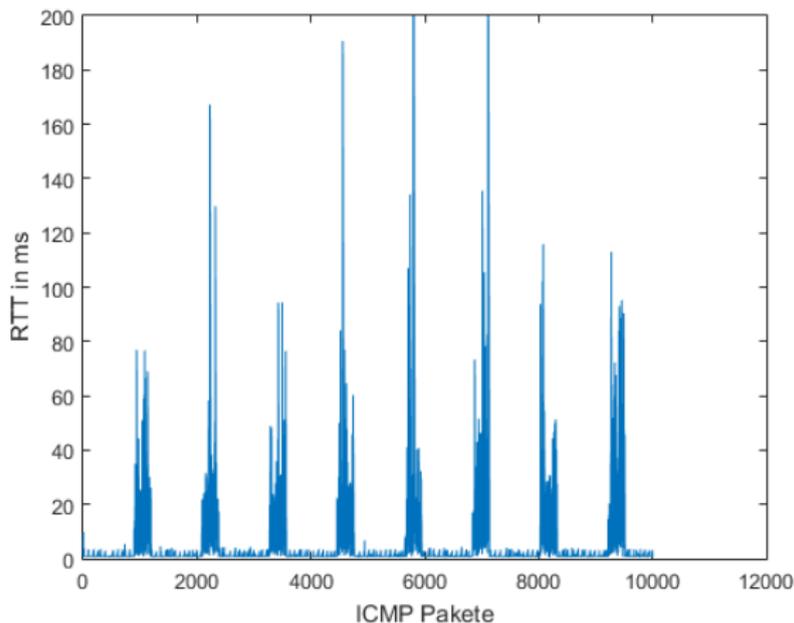


Messung ohne  
parallele Störung



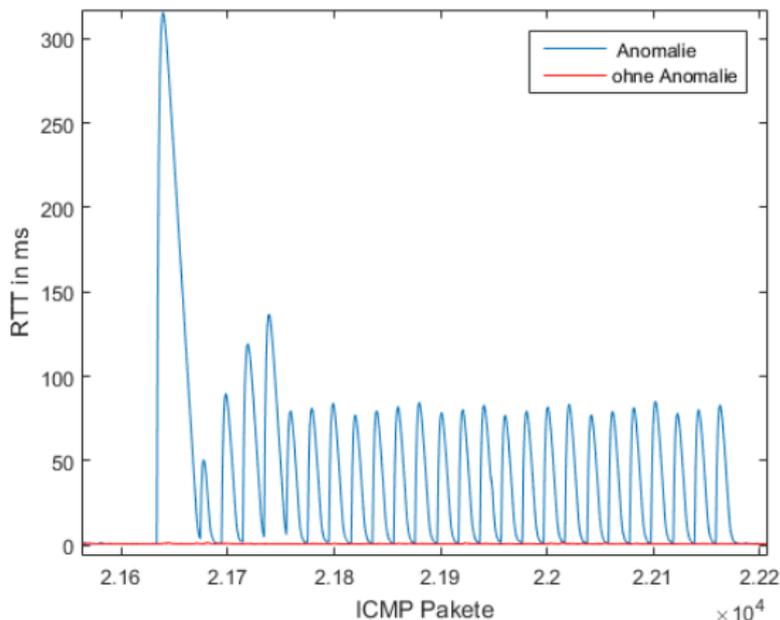
Messung mit parallelem 4K  
Video Stream

Um einen Referenzwert für die injizierte Auslastung zu erhalten wird der Datenverkehr über das Programm *Iperf* gesteuert.



Messung mit paralleler Störung von 25 %

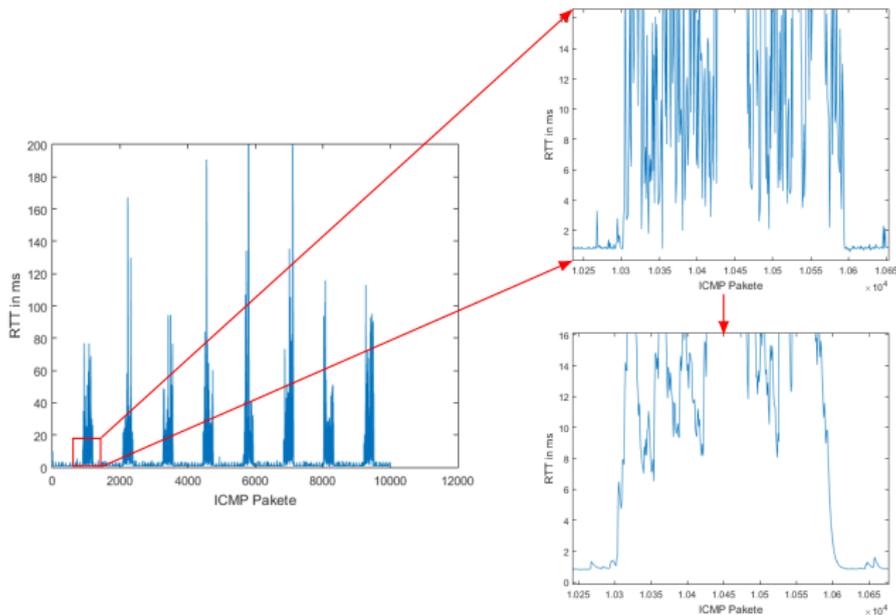
Anomalien die während den Messungen auftreten.



Periodisch auftauchende Anomalie

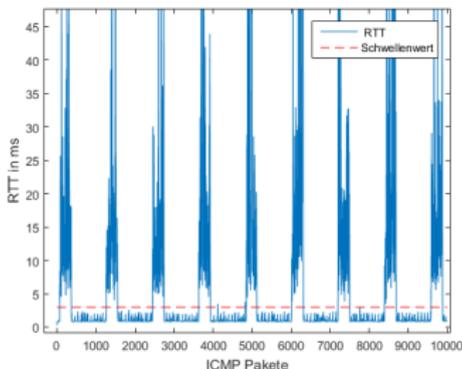
## Exponentieller Glätter

$$RTT_{mean} = RTT * \alpha + (1 - \alpha)RTT_{mean} \quad (1)$$

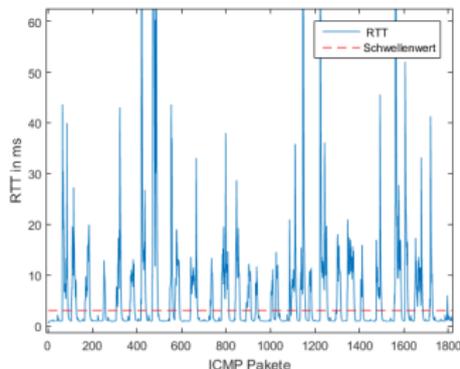


## Schwellenwertentscheider

$$\frac{\#Pakete_{RTT \geq \text{Schwellenwert}}}{\#Pakete_{\text{Gesamt}}} = \text{Störung} \quad (2)$$



25 % Störung injiziert und  
26,79 % Störung gemessen



34,17 % Störung injiziert und  
35,68 % Störung gemessen



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- wird ein ICMP Paket versendet wird es nach einem bestimmten Zeitintervall zurück erwartet
- Kommt das Paket nicht an, gilt der Kanal als belegt
- aus einem verlorenen Paket kann die selbe Information wie aus einem empfangenen Paket gezogen werden
  - Kanalauslastung ist nach diesem Intervall mit absoluter Sicherheit festgestellt

⇒ Echtzeitfähiges Monitoring



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- eine ICMP Nachricht plus ACK hat eine Dauer von etwa  $100 \mu s$  bei der niedrigsten Modulation
- Das ergibt einen theoretischen Overhead von etwa  $200 \mu s$  pro Messung  $\rightarrow 2 \%$  Overhead
- Messungen des Daten-Durchsatzes während paralleler Messung haben einen Verlust von etwa  $6 \%$  ergeben
- Der erhöhte Overhead lässt sich wahrscheinlich auf Übertragungswiederholungen zurückführen

$\Rightarrow$  Overhead ist  $\leq 10 \%$



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- der Controller für die Messungen muss lediglich auf dem AP installiert werden
- keine weiteren Implementierungen auf den Clients notwendig
- lediglich der automatisierte Kanalscan muss deaktiviert werden

⇒ geringer Implementierungsaufwand und keine neue Hardware



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- mit nur einem Client können Genauigkeiten mit lediglich 1 – 4 % Abweichung erreicht werden
- mit mehreren Clients konnten Abweichungen  $\leq 4$  % erreicht werden

⇒ Ermöglicht eine sehr genaue Bestimmung der Auslastung



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- Verfahren ist Robust gegen Jammer
- Paketverluste haben kein Einfluss auf die Messung



## Anforderungen an das Netzwerk Monitoring

- Echtzeitanalyse der Netzwerkauslastung
- wenig Overhead für das WLAN
- einfache Kompatibilität
- Genauigkeit der Daten
- Robustheit des Verfahrens
- Monitoring des kompletten Funkkanals



- der Funkkanal wird komplett betrachtet, da Pakete auch vom Client nach dem Collision Avoidance Verfahren gesendet werden
- es können mehrere Clients einbezogen werden um den Funkkanal möglichst heterogen zu monitoren
- Nachteil: bei mehreren Clients gibt es einen geringen Genauigkeits-Verlust



Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Weitere Fragen?