

INDUSTRIELLE ANWENDUNG VON POWERLINE CARRIER TECHNOLOGIE
(G.HN)

EMBEDDED COMPUTING CONFERENCE, 01. JUNI 2021

Kilian Brunner, Martin Ostertag

- Gegründet 2003, rund 60 Mitarbeitende
 - Aufteilung F&E - Lehre etwa 50/50
- FuE Themenschwerpunkte:
 - Autarkic Systems
 - Low-power Wireless Embedded Systems
 - System on Chip Design
 - Internet of Things
 - Realtime Platforms
 - Secure and Dependable Systems and Networks
 - Communication Network Engineering
- Lehre
 - Bachelor, Master, Weiterbildungsangebote

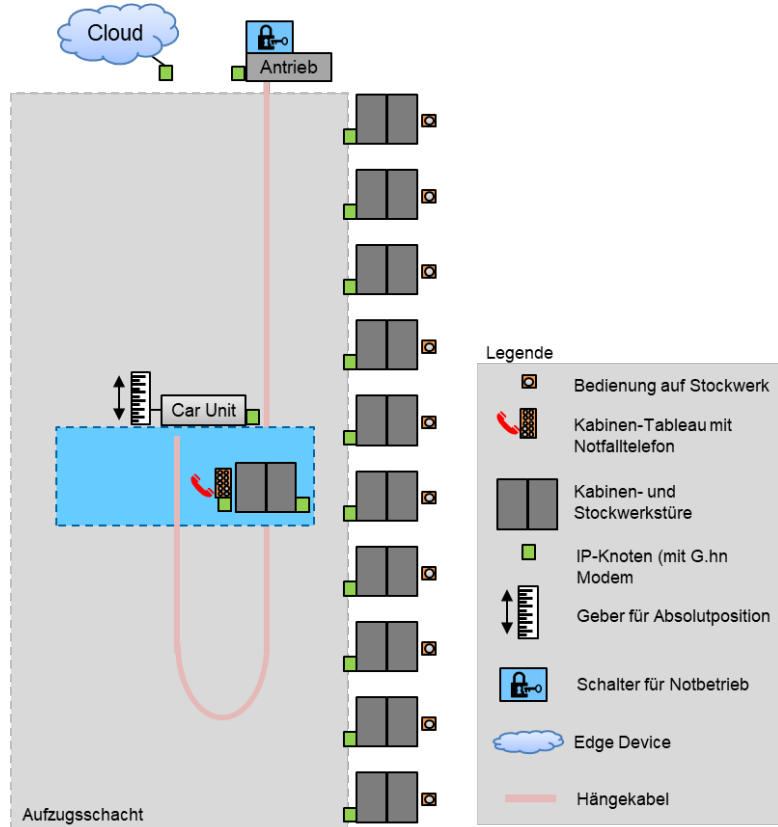


Warum ist Consumer Technologie interessant?

- ✓ Kosten
- ✓ Performance (nominell sehr hohe Datenraten)
- ✓ Klarer Trend zu all-IP Systemen ist erkennbar
- ✓ Insbesondere im vorgestellten Projekt mit G.hn:
 - Kaum Anforderungen an Topologie (Stichleitungen, Abschlusswiderstände)
 - Reduktion der Verkabelungskosten

- Lifecycle
- Environmental (EMV, Temperatur)
- Nischenanwendung → wenig Einfluss auf Halbleiterhersteller

- Idee
 - Nehmen was es gibt (COTS Hard- und Firmware) und schauen, wie weit man mit angepassten Konfigurationen kommen kann



- Kabine und Gegengewicht meist über Drahtseile Riemen bewegt
- IP Knoten befinden sich:
 - Auf und in der Kabine
 - Im Schachtkopf
 - Auf jedem Stockwerk
- Notsprechen und Bewegung des Aufzugs dürfen nicht gleichzeitig ausfallen
- Kommunikationsanforderungen hängen ab von:
 - Systemarchitektur, Deployment
 - Safety Konzept

Kommunikationsanforderungen im Aufzugssystem

Relevante Kategorien für diese Untersuchung

Positionsregelung

- Die Kommunikation zwischen Kabine und Antrieb erfordert aufgrund Sicherheit und Genauigkeit maximal 10 ms Latenz.

Monitoring

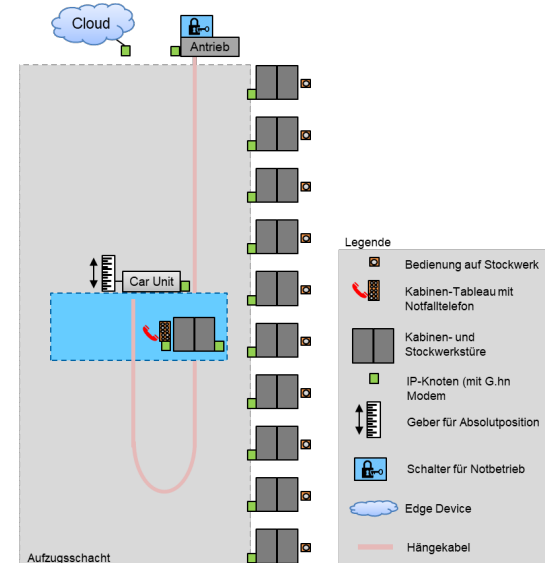
- Jeder IP-Knoten sendet alle 5 s ein Logfile zum Edge Device.
- Fernzugriff für Diagnosezwecke.

Benutzer Interaktion

- Das Drücken eines Rufknopfs soll unter 100 ms quittiert werden.

Emergency Call

- Bei einer Störung können eingeschlossene Passagiere über das eingebaute Telefon mit einer Notrufzentrale sprechen. Diese VoIP Anwendung toleriert 50 ms Latenz.



Standard

- G.hn ist ein Standard der International Telecommunication Union (ITU)
- Heimvernetzung auf unterschiedlichen Medien

PHY

- Stromleitungen, Koaxialkabel und Telefonleitungen
- Maximale Datenrate bis 2 GBit/s
- OFDM für robuste Kommunikation

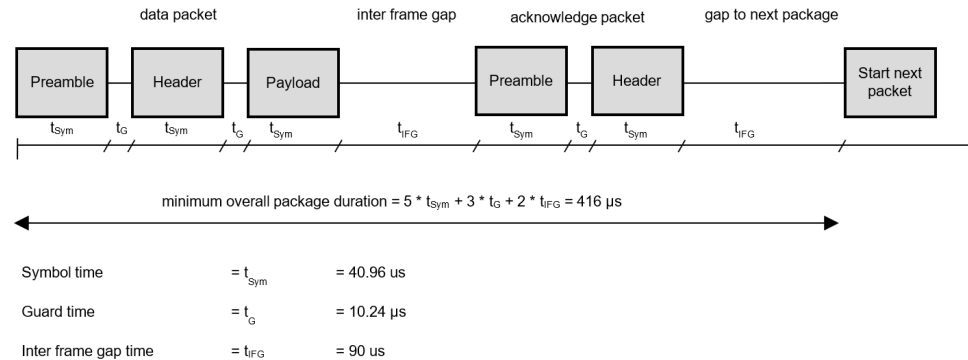
MAC

- Shared medium
- Optimiert für hohe Datenraten und Streaming
- Berücksichtigt VoIP Anwendungen



Data Link

- Datenpakete bestehen aus Präambel, Header sowie Payload
- Alle Pakete werden vom Empfänger bestätigt.

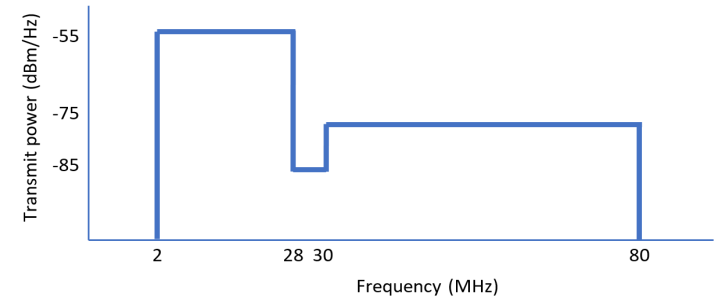


Maximale Paketrate

- Mit Management-Overhead sind etwa 1000 Pakete/s erreichbar.

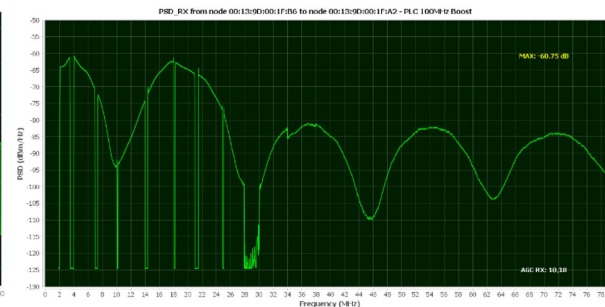
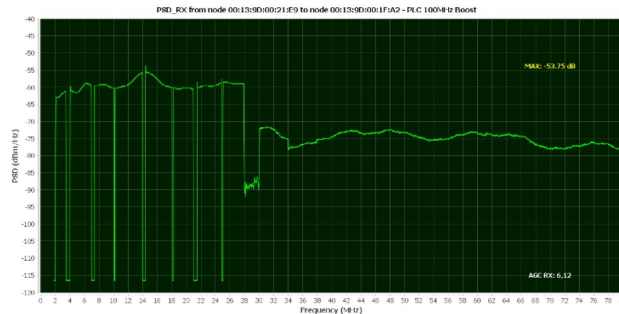
Modulation

- OFDM mit 4096 Trägern im Abstand von 24.41 kHz im Bereich von 0 - 100 MHz.
- Genutztes Spektrum ist 2 - 80 MHz und weist zusätzliche regulatorische Sperrfrequenzen auf.

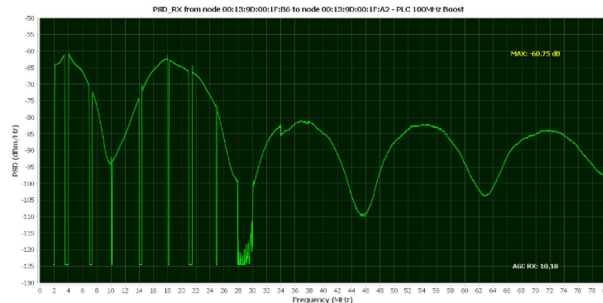
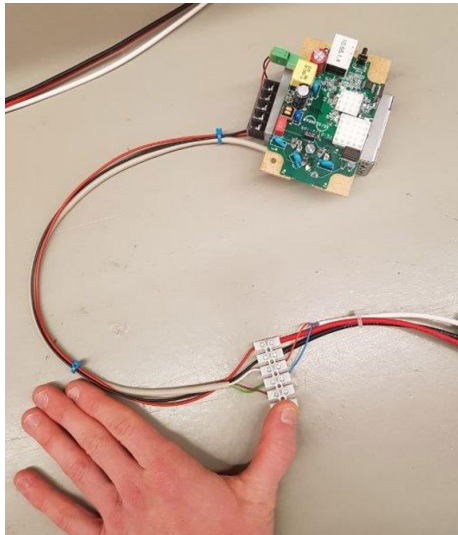


Realer Kanal

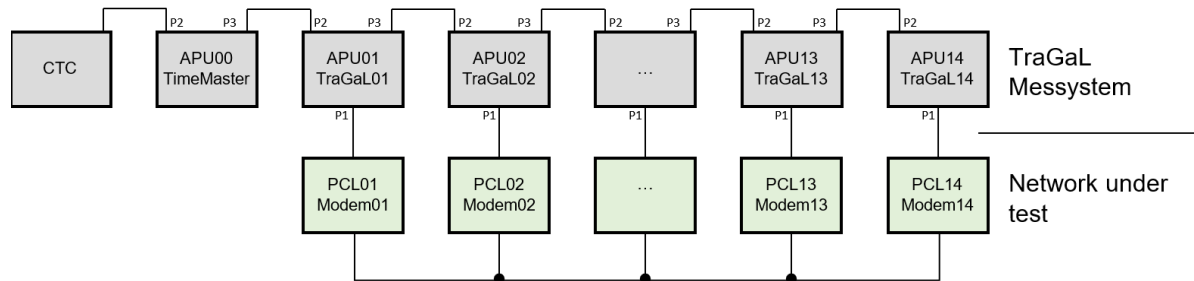
- Reflexionen im Netzwerk führen zu frequenzselektiven Einbrüchen.
- OFDM nutzt die Bandbreite mit Water filling effizient.
- 100 Mbit/s kann in vielen Situationen übertroffen werden.



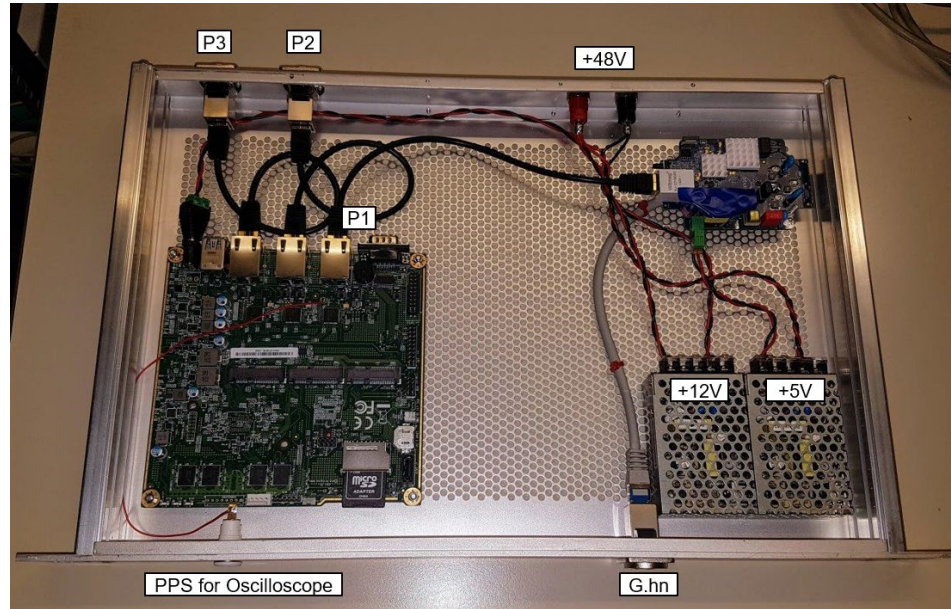
- Horizontaler Testaufbau eines 10 stöckigen Aufzugs



- Läuft auf Embedded Linux Boards (APUs) mit HW-Zeitstempelung
- Latenzmessungen in frei definierbarem Netzwerkverkehr.
- IEEE 802.1AS ermöglicht eine Messgenauigkeit von $\pm 1 \mu\text{s}$.
- Alle Tests werden vom Central Test Controller (CTC) gesteuert und Resultate in einer Datenbank gespeichert.

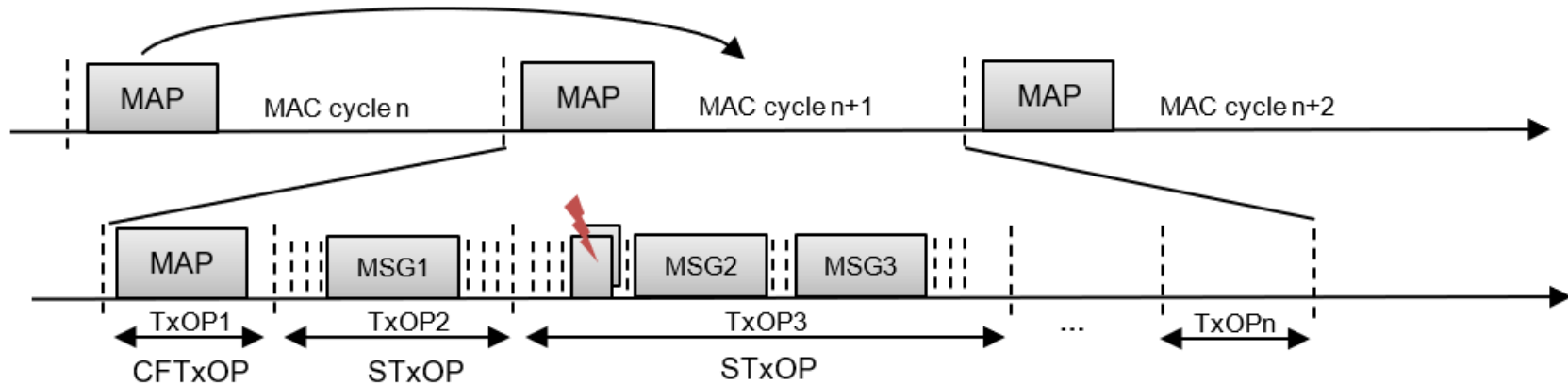


Mess-System Tragal



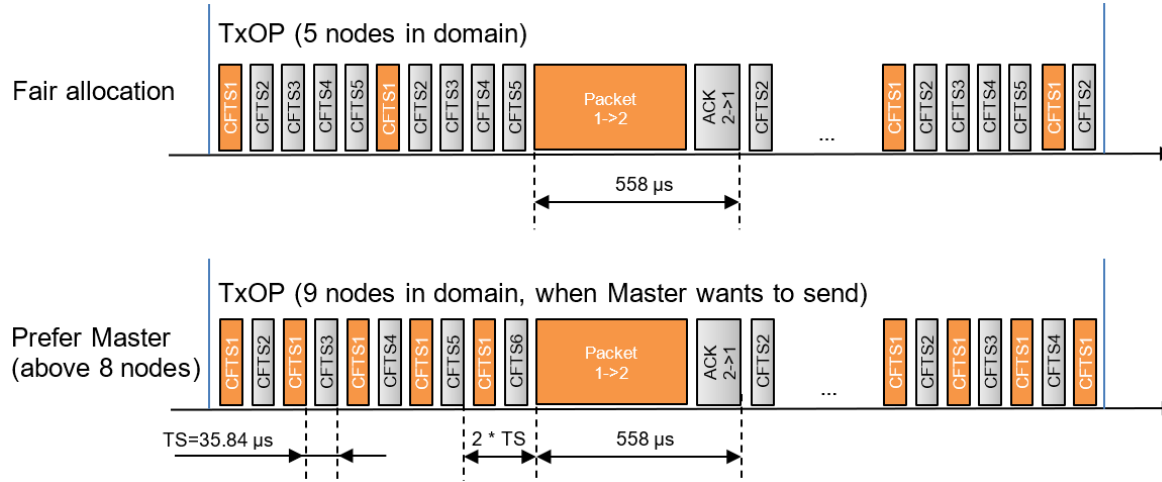
Der Standard ermöglicht unterschiedliche MAC Algorithmen.

- Domainmaster sendet alle 40 ms die Regeln für den folgenden Zyklus.
- Kollisionsfreie Slots für einzelne Nodes
- Contention Slots slots mit CSMA-CA
- Hersteller sind relativ frei, wie Sie die Verteilung machen.

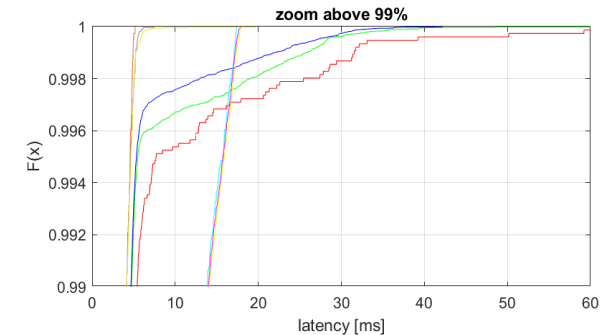
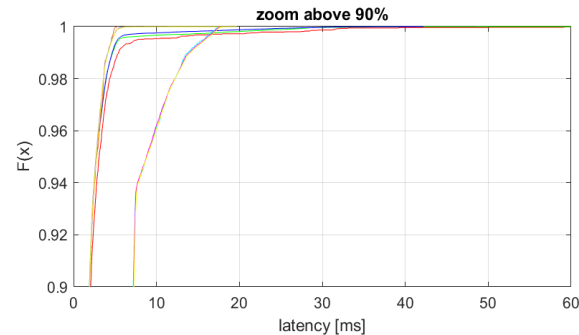
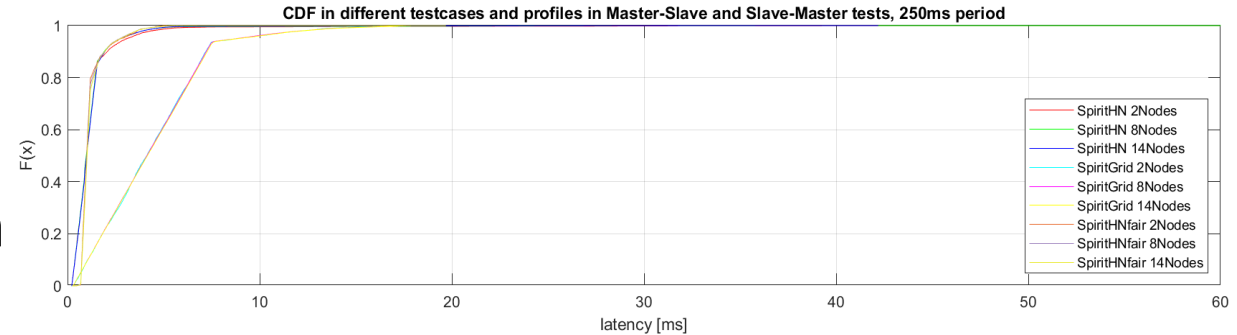


Detail Analyse MAC, was wurde umgesetzt

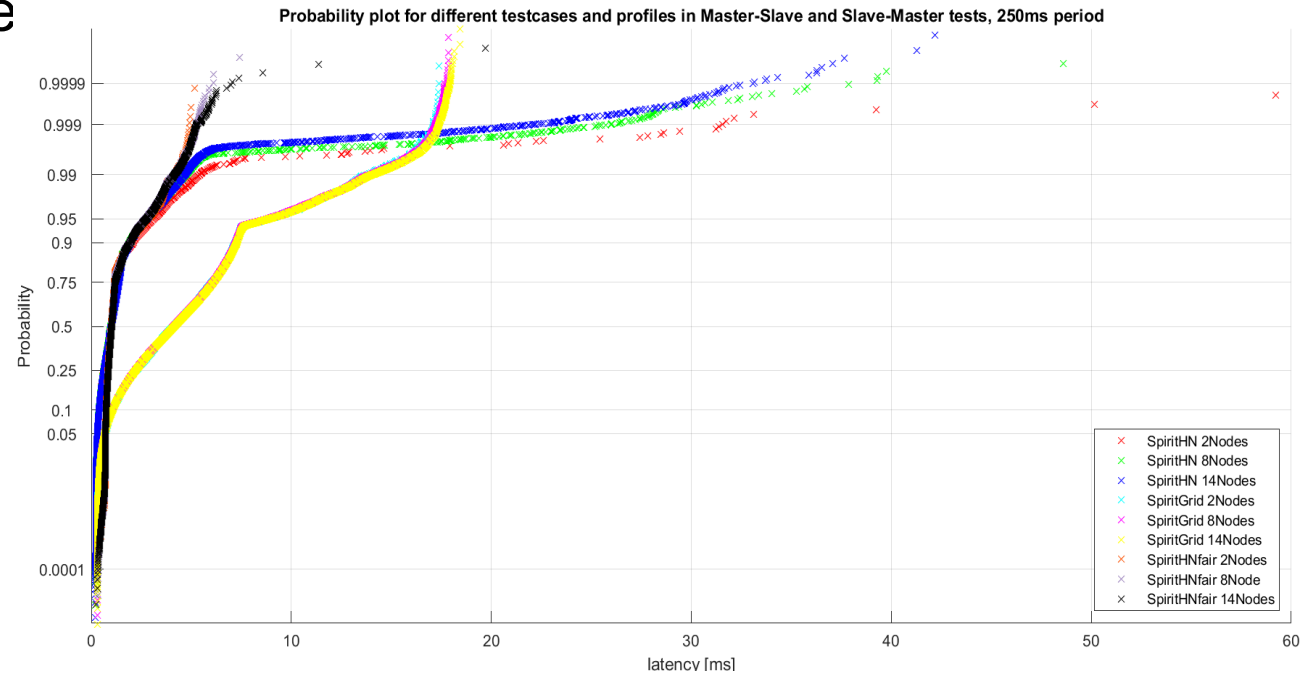
- Unser Hersteller hat ein fixes Round Robin umgesetzt.
 - Maximal 14 Nodes im Netzwerk
 - Bis zu 8 Nodes ist alles fair verteilt
 - Ab 9 Nodes bekommt der Master jeden zweiten Slot



- Darstellen von Ausreisser ist wichtig
- Histogramm untauglich
- CDF mit Zoom-Ansichten geben ein Bild.



- Nichtlineare Y-Achse zeigt Ausreisser



Annahme:

Der Aufzug benötigt bei jeder Vorbeifahrt an einem Stockwerk ein Positionspaket für die Positions-Regelung. Ein Paket mit grosser Latenz oder ein fehlendes Paket führt nicht zu einem Notstopp, aber der Aufzug ruckelt.

Zahlen:

Ein Lift in einem Hotel mit 10 Stockwerken, der 14 Stunden am Tag in Betrieb ist und 60 Trips mit einer durchschnittlichen Distanz von 5 Stockwerken macht erzeugt 4200 Pakete pro Tag

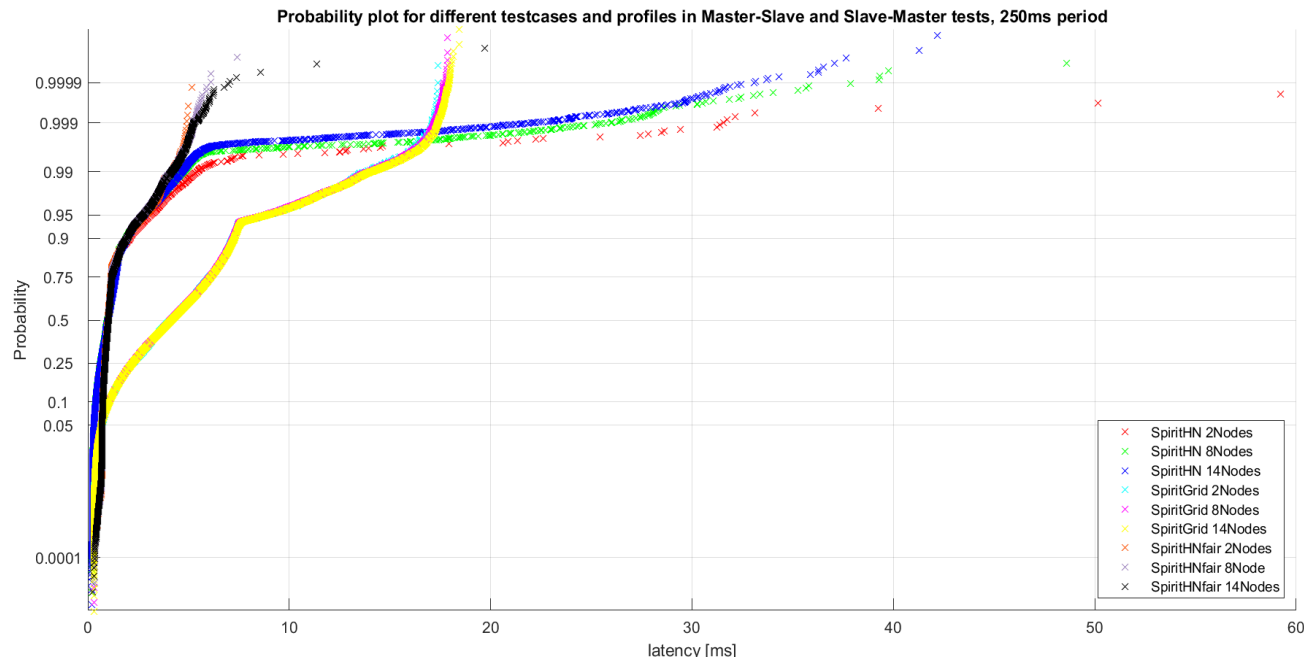
Resultat:

Wenn nun 99.976% aller Pakete innerhalb der akzeptieren Latenz sind, ruckelt der Aufzug im Durchschnitt 1 mal pro Tag.

$$N_{pack} = 14 \frac{\text{Stunden}}{\text{Tag}} * 60 \frac{\text{Trips}}{\text{Stunde}} * \frac{5 \text{ Stockwerke}}{\text{Trip}} * \frac{1 \text{ Paket}}{\text{Stockwerk}} = 4200 \text{ Pakete}$$

$$p_{OK} = 1 - \frac{1 \text{ Paket}}{N_{pack}} = 1 - \frac{1 \text{ Paket}}{4200 \text{ Pakete}} = 99.976\%$$

Für das betrachtete Beispiel mit einer Degradierung pro Tag muss der Regelalgorithmus eine maximale Latenz von 8 ms, 18 ms oder 40 ms akzeptieren.



- Nicht alle beschriebenen Optionen eines Standards werden auch implementiert
- Kontakt zum Halbleiterhersteller ist wichtig
- Systemarchitektur bestimmt Toleranzgrenzen
- Annahmen über günstige Consumer Technologie können täuschen

Weitere Informationen



<https://www.zhaw.ch/de/engineering/institute-zentren/ines/communication-network-engineering>



martin.ostertag@zhaw.ch
kilian.brunner@zhaw.ch

Die Arbeit wurde im Rahmen eines Innsouisse Projektes durchgeführt.

Projektpartner:
ZHAW, Institute of Embedded Systems
HSLU, Competence Center Intelligent Sensors and Networks
Schindler Aufzüge AG, Ebikon