INDUSTRIAL RADIO LAB Germany

Industrial Radio Day 2021

Einsatz eines Campus-Netzes für fahrerlose Fahrzeuge im industriellen Umfeld

Thomas Neugebauer, neugebauer@goetting.de

GÖTTING

Götting KG

- Gegründet 1965
- Lehrte bei Hannover
- Inhabergeführt
- 83 Mitarbeiter

© Götting KG, www.goetting.de

Motivation

- Ursprünglich Entwicklung und Fertigung von Amateurfunkgeräten
- Seit Mitte der 80er Jahre auf- und ausbau der industriellen Sparte:
  - Drahtlose Kommunikation (Funkgeräte) für die Automatisierung
  - Kundenspezifische Entwicklungen von Echtzeit-Funklösungen (RTT: 2ms)
  - Sensorik zur Lokalisierung und Navigation von fahrerlosen Fahrzeugen (FTF/AGV)
  - Projekte mit automatisierten Serien-LKW
  - Entwicklung und Fertigung eigener kleiner AGVs -> KATE (60 kg Nutzlast)
  - Keine eigene automatisierte Fertigung (kleine Stückzahlen)
  - Beratung und Projektierung von Automatisierungslösungen für Kunden
  - Entwicklung eines eigenen Flottenmanagementsystems TransportControl

- -> Funk-Kommunikation spielte immer eine große Rolle

GÖTTING

© Götting KG, www.goetting.de

Finanzierung, weitere Infos

- Finanzierung über Abschreibung in zwei Forschungsprojekten
  - (TACNET4.0, AI4Mobile), ca. 50.000€
- BMWi: Leitfaden 5G-Campusnetze – Orientierungshilfe für kleine und mittelständische Unternehmen
  Konzepte, Begriffe, Betreibermodelle und Auswahlkriterien für Produktion und Logistik mit Übertragbarkeit auf weitere Domänen wie Medizin-Campus/Krankenhäuser, Häfen, Bergbau, Baustellen und Landwirtschaft
- 5G-ACIA: div. Whitepaper

© Götting KG, www.goetting.de

Antrag/Frequenzzuteilung

- Erste Frequenzzuteilung im 3,7 GHz-Band in Niedersachsen am 15.12.19
- B = 40 MHZ
- t = 10 Jahre (maximal bis zum 31.12.2040)
- a = 30.000 m² = 0,03km²
- Gebühren:
  - 1000€ + (B * t * 5 * 6a)€ = (1000 + 40 * 10 * 5 * 6 * 0,03)€ = 1360,-
    (Verwaltungsvorschrift 3.7-3.8GHz der BNetzA vom 19.11.2019)

© Götting KG, www.goetting.de

Beantragte Fläche

© Götting KG, www.goetting.de

Ausleuchtung Aussenbereich

© Götting KG, www.goetting.de

Ausleuchtung Innenbereich

© Götting KG, www.goetting.de

Struktur des Campus-Netzes

- 2019 Beschaffung eines eigenen Campus-Netzes mit
  - 2 Femto-Cell Basisstationen (max. 10 möglich), Anbindung über PoE
  - Mehreren „Modems“ (UE) (max. 100 möglich)
  - Server mit 4G-Core (LTE ePC) und virtuellen Maschinen für User Applikationen
  - In 2021 Erweiterung um 5G-Core parallel zu 4G

© Götting KG, www.goetting.de

STRUKTUR

- TC: TransportControl (AGV-Management)
- UE/CPE: User Equipment
- BS: Basisstation
- MECS: Mobile Edge Cloud Server
- MC2LP: Götting LTE Modem

br01 br02 br03

MECS

.10 TC int 3.01 .10

LTE Core .x .2

MECS Platf. .2 .2 .1 .3

RMI MNI RNI SNI

SGW: 192.168.0.1
IP: 192.168.0.10

USB UE

10.0.4.1 oder 4

CPE Service Subnet
10.10.2.0/24

SGW: 10.10.2.254

UE

10.0.4.2

ROUTE: 10.0.4.0/24 10.0.3.2

10.0.1.233
ROUTE: 10.0.4.0/24 10.0.1.2

Management PC

Management Subnet
10.0.1.0/24
GW 10.0.1.1

Radio Subnet
10.0.2.0/24

Service Subnet
10.0.3.0/24
GW 10.0.3.2

TC ext 3.01

.15

Internet GW

Management Switch

Intranet

Radio Switch

Service Switch

SGW: 10.10.2.254

MC2LP

10.0.4.3

Remote Maintenance Subnet
10.0.0.0/24
GW 10.0.0.1

LTE BS1

LTE BS2

UE Subnet
10.0.4.0/24

GÖTTING

© Götting KG, www.goetting.de

Aufbau und Integration

- Analyse der Anwendungsanforderungen
  - Anzahl der Teilnehmer
  - Paketgröße
  - Anzahl der Pakete pro Sekunde
  - Datenrate (UL/DL)
  - Latenz
  - Größe und Struktur des Geländes, der Fabrikhallen
  - Eigenes Netz (Know How, IT)
  - Dienstleister

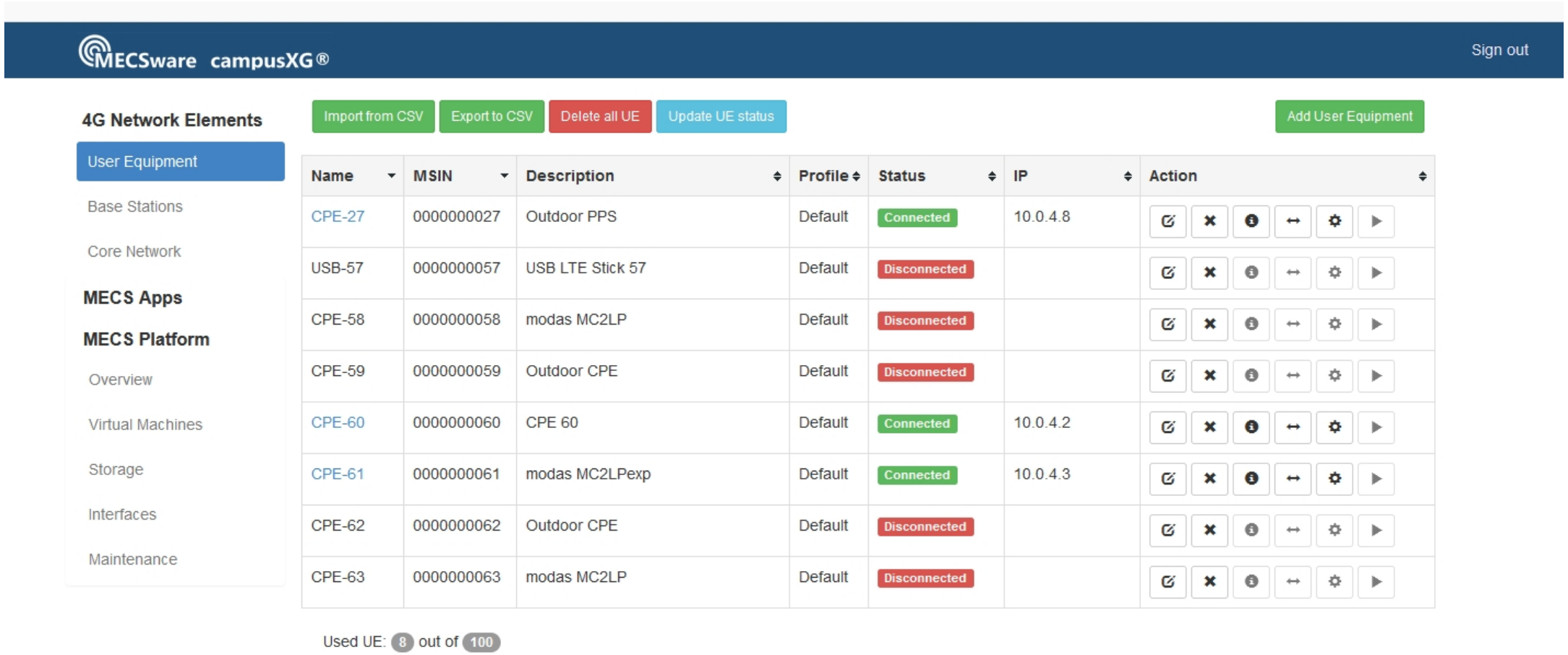
© Götting KG, www.goetting.de

Aufbau und Integration

- VDI Richtlinie 2185: Funkgestützte Kommunikation in der Automatisierungstechnik
  - Blatt 1: Anforderungen und Grundlagen für den Einsatz v. Funklösungen
  - Blatt 2: Koexistenzmanagement
  - Blatt 4: Messtechnische Performancebewertung

© Götting KG, www.goetting.de

INBETRIEBNAHME



© Götting KG, www.goetting.de

Campus-Netz vs. Shared medium

- Campus-Netz:
  - „eigene“ Frequenzen, keine anderen Nutzer
  - Vorhersagbarkeit der Kanalbelegung, Kapazität, Latenzen
  - Nur zugelassene Nutzer (SIM-Karte)
  - Anpassung an Use-Case möglich (Uplink-/Downlink-Kapazität)

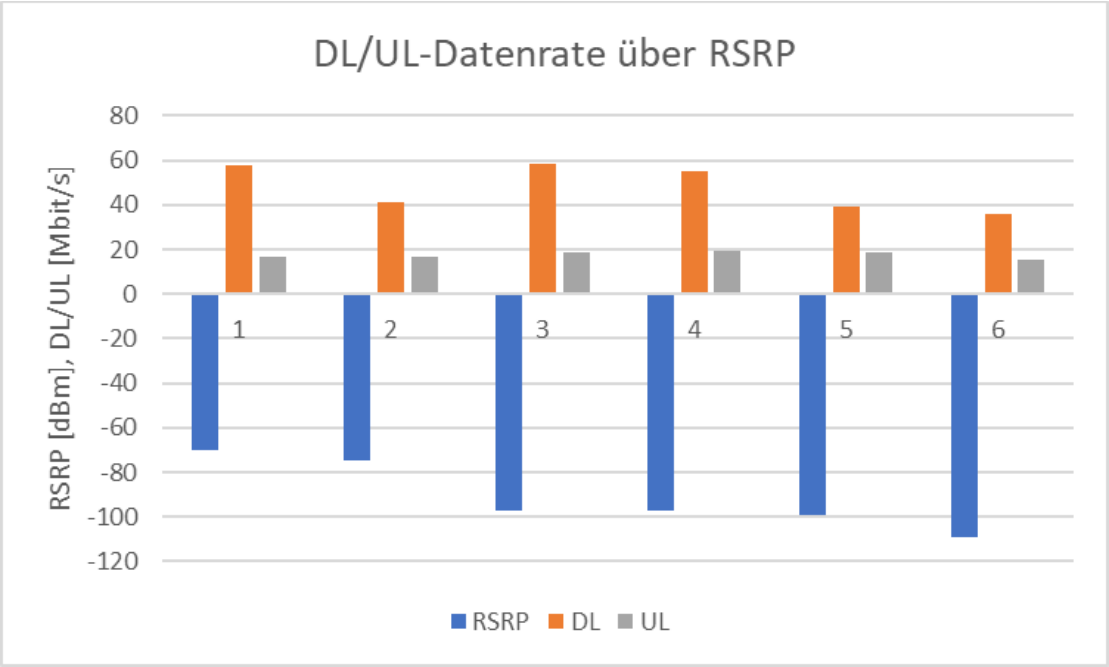
© Götting KG, www.goetting.de

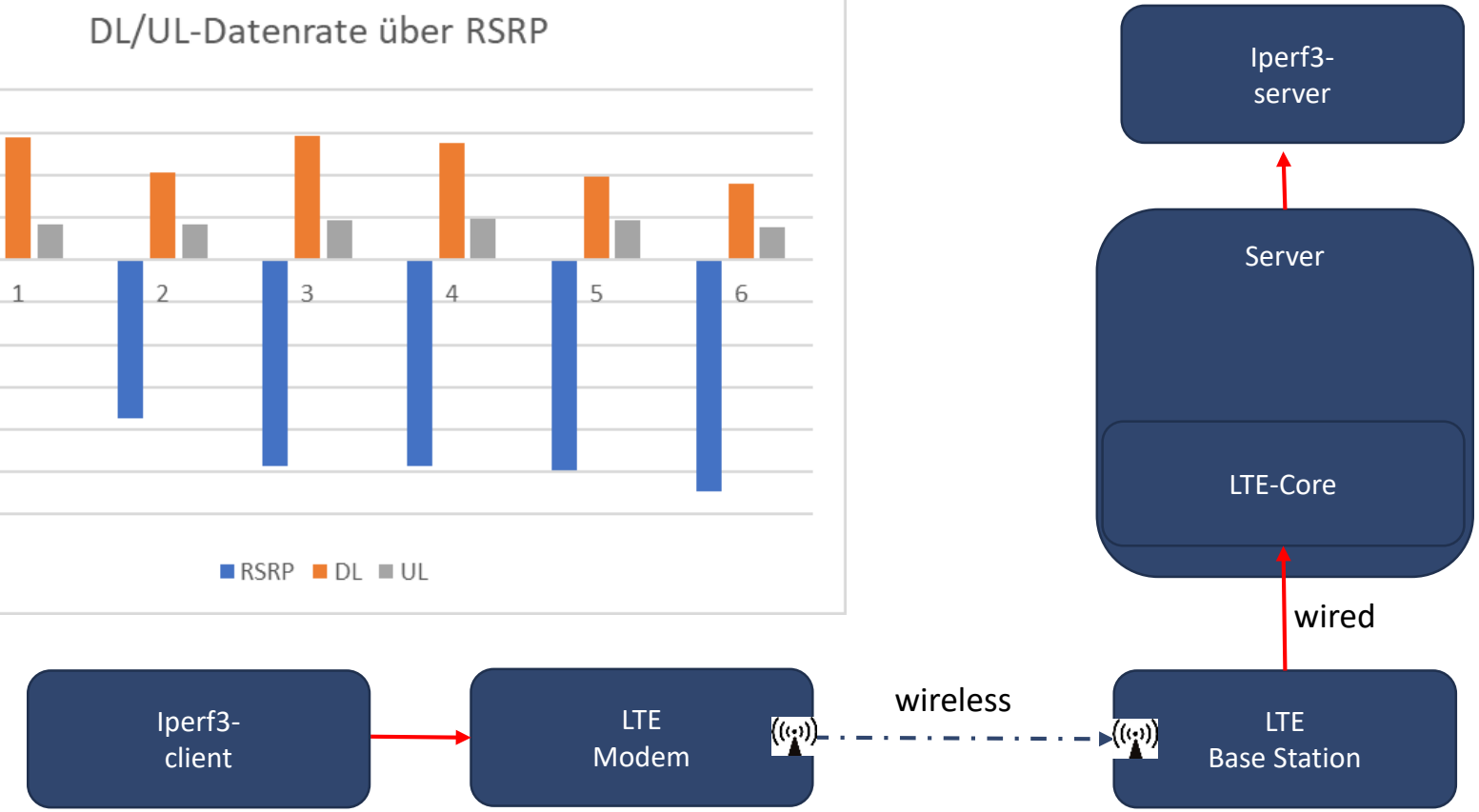
Campus-netz vs. Shared medium

- Campus-Netz:
  - „eigene“ Frequenzen, keine anderen Nutzer
  - Vorhersagbarkeit der Kanalbelegung, Kapazität, Latenzen
  - Nur zugelassene Nutzer (SIM-Karte)
  - Anpassung an Use-Case möglich (Upling-/Downlink-Kapazität)
- Shared Medium:
  - WLAN, Bluetooth und andere in ISM-Bändern: unbekannte Anzahl von Nutzern, Technologien und Anwendungen
  - „Listen before Talk“ und zufallsgesteuerter Zugriff auf das Medium gestatten keine verlässliche Vorhersage der Performance

© Götting KG, www.goetting.de

Eigenschaften des Campus-Netzes





© Götting KG, www.goetting.de

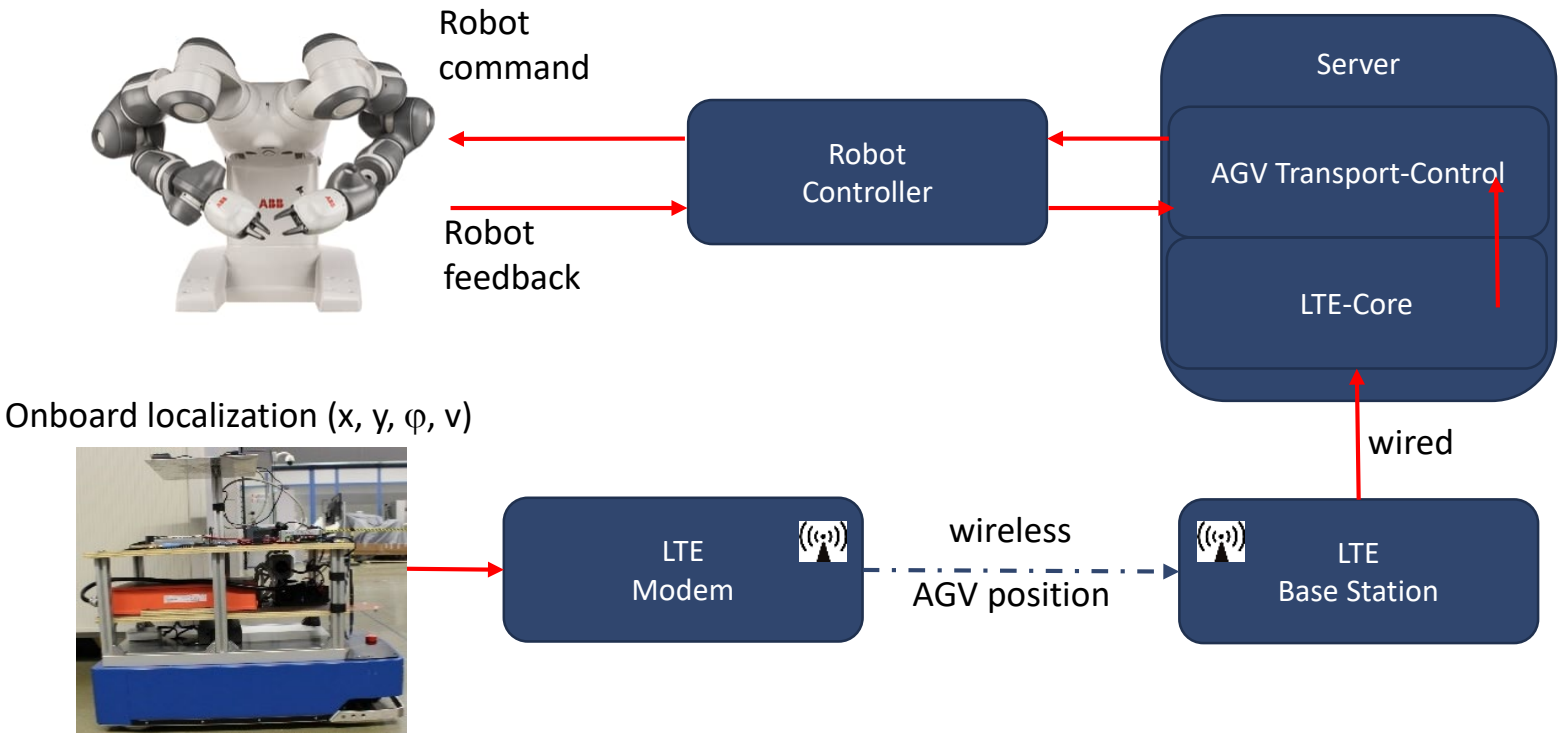
Anwendungsbeispiele

- AGV-Roboter-Kooperation
- AGV Leitsystem
- Videobasierte Teleoperation

© Götting KG, www.goetting.de

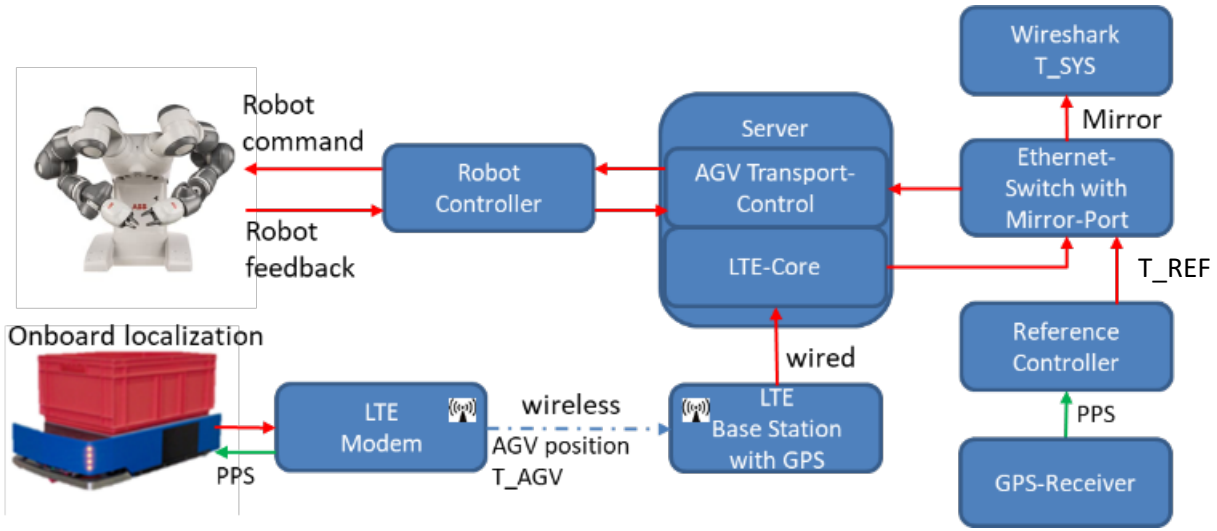
Kooperation zwischen AGV und stationärem Roboter

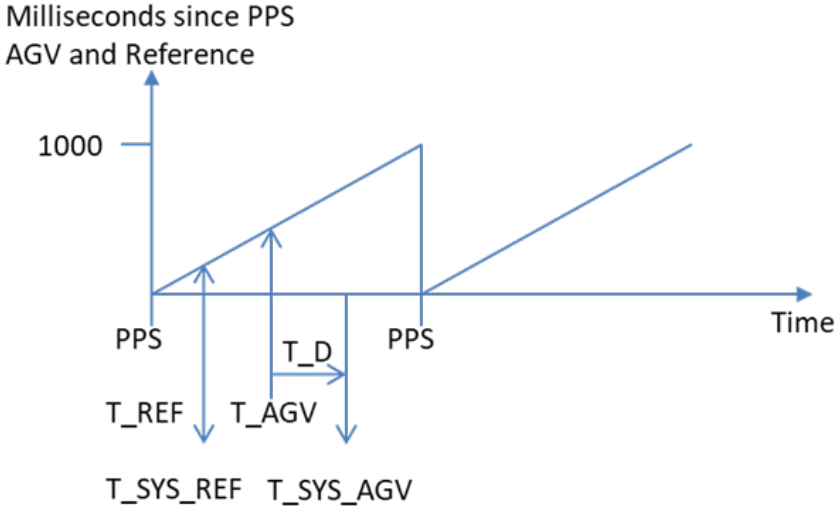
- Aufbau des Anwendungsfalls (TACNET4.0 Demonstrator)



© Götting KG, www.goetting.de

Bestimmung der uplink-Latenz

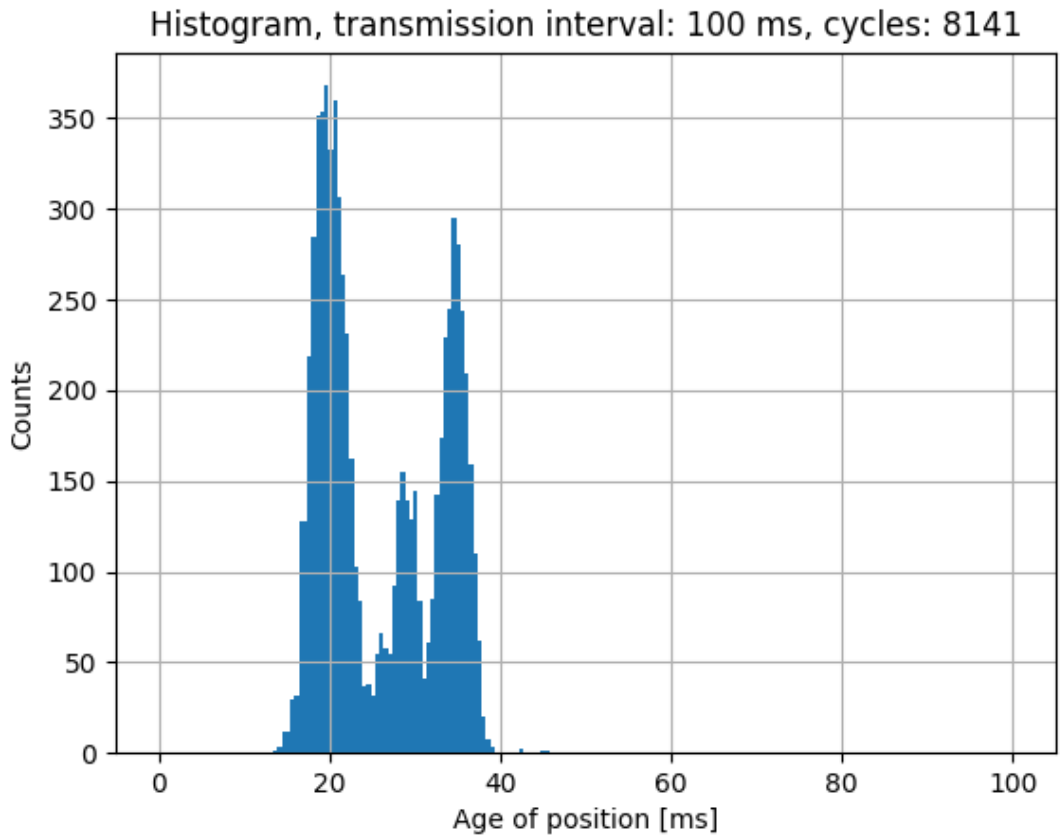




- T_REF: Millisekunden seit PPS, wenn der Referenz-Controller ein UDP-Paket erzeugt
- T_SYS_REF: Systemzeit, wenn das UDP-Paket vom Referenz-Controller aufgezeichnet wurde. Weil die Zeit zwischen T_REF and T_SYS_REF weniger als 60 Mikrosekunden beträgt, werden beide Zeiten als identisch angenommen.
- T_AGV: Millisekunden seit PPS, wenn der AGV-Controller seine Position berechnet und das Statuspaket ausgibt
- T_SYS_AGV: Systemzeit, wenn das vom AGV-Controller gesendete UDP Statuspaket aufgezeichnet wurde.
- UPLINK-Latenz: T_D = T_SYS_AGV - T_SYS_REF – (T_AGV - T_REF)

© Götting KG, www.goetting.de

Ergebnis der UL-Messung



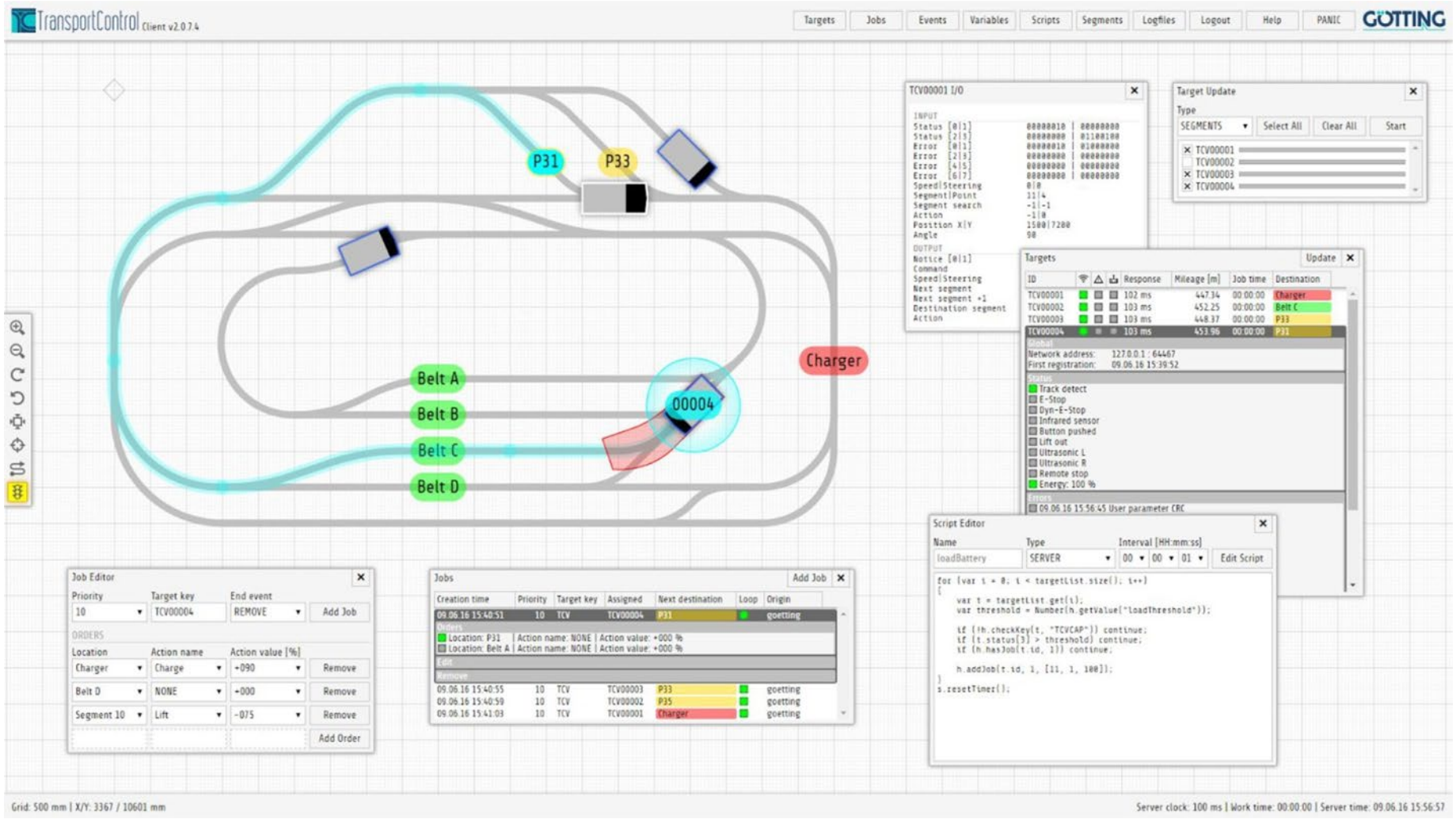
- Übertragungszyklus und Applikationszyklus sind nicht synchron
- DL-Paket triggert in der Applikation UL-Paket, so dass sich keine kontinuierliche, sondern eine diskret verteilte Häufigkeit ergibt

© Götting KG, www.goetting.de

TACNET 4.0

Tactile Internet

AGV-LEITSYSTEM (ODER BELIEBIGE FLURFÖRDERZEUGE)

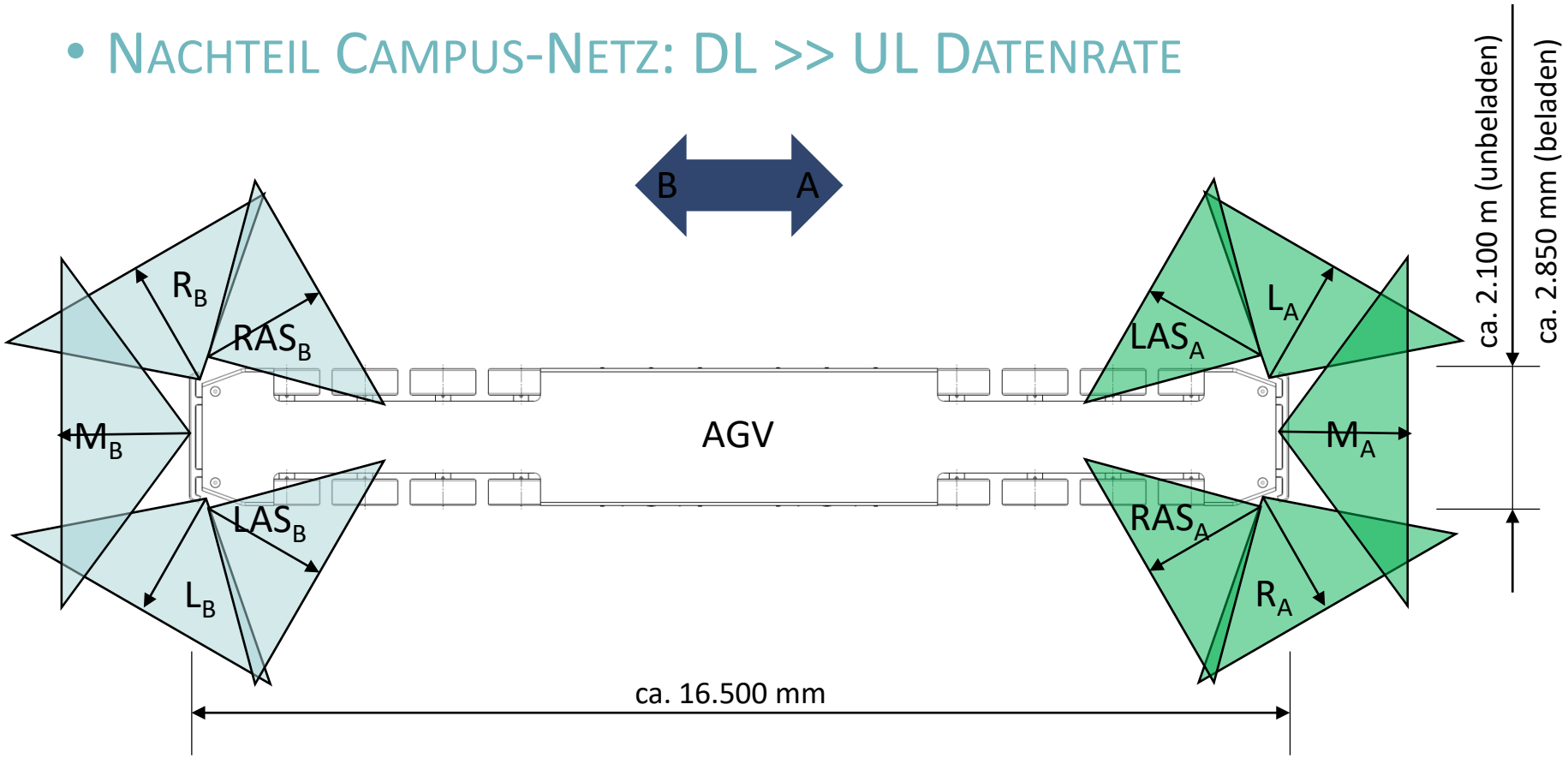


GÖTTING

© Götting KG, www.goetting.de

Videobasierte Sicherheitsüberwachung bei AGV

- 10-15 Mbit/s je Fahrzeug (5 Videostreams)
- Status- und Steuerungsdaten
- Nachteil Campus-Netz: DL >> UL Datenrate



© Götting KG, www.goetting.de

Videobasierter Teleoperationsplatz

© Götting KG, www.goetting.de

Videobasierte Sicherheitsüberwachung bei AGV

© Götting KG, www.goetting.de

VIDEOBASIERTE SICHERHEITSÜBERWACHUNG BEI AGV

GÖTTING

© Götting KG, www.goetting.de

Ausblick: Migration 4G->5G

- Ausreichend bemessener Server
- 4G-Core läuft in virtueller Maschine
- 5G-Core kann parallel dazu installiert werden
- Gleichzeitiger Betrieb von 4G und 5G möglich -> zukunftssicher

© Götting KG, www.goetting.de

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

© Götting KG, www.goetting.de