

Ressourcenadaptives mobiles Assistenzsystem für komplexe Landmaschinen

Georg Fröhlich¹, Michael Stiller², Dhavalkumar Shekhada² und Javier Morgade³

Abstract: Auf der Basis von Edge- und Fog Computing Technologien wird von einem interdisziplinären Entwicklerteam im Rahmen des Forschungsprojekts INVIA ein neuartiges, cloudbasiertes Assistenzsystem für Training, Diagnose und Service an High-Tech Landmaschinen erforscht, konzipiert und prototypisch umgesetzt. Die Basis bilden verbreitete, möglichst offene Standards, Entwicklungs- und Systemumgebungen. Dabei soll das Assistenzsystem in Bereichen mit sehr unterschiedlicher Mobilfunkbandabdeckung und verschiedenen Endgeräten betrieben werden. Somit muss es derart adaptiv gestaltet sein, dass Fahrer und Servicetechniker den größtmöglichen Nutzen daraus ziehen können. Die Architektur des realisierten Systems und die ersten Ergebnisse der Einsatzerprobungen bei einem der beteiligten Landmaschinenhersteller werden im Folgenden beschrieben.

Keywords: Landmaschinen, Service, Videokommunikation, Edge Computing

1 Einleitung und Zielstellung

Durch den immer komplexeren Aufbau moderner mobiler Landmaschinen müssen diese, insbesondere in Problemsituationen, von immer weniger Spezialisten vollständig beherrscht werden. Da gleichzeitig mögliche Ausfallzeiten hohe Folgekosten verursachen können, sollen Maschinenführer und Servicetechniker (Operatoren) durch Service Desk und ausgebildete Trainer (Experten) sowie zentral bereitgestellte Dienste unterstützt werden. Dazu wird ein echtzeit-videobasiertes, interaktives und sich automatisch an Umgebungsbedingungen anpassendes Fernunterstützungssystem entwickelt (Abb. 1). Das System soll sowohl auf die veränderliche Qualität von Kommunikationsnetzen wie Bandbreitenschwankungen, Verzögerungen oder Abbrüche reagieren können als auch mit verschiedenen mobilen Endgeräten und damit verbundenen Rechnerkapazitäten funktionieren. Exemplarisch werden drei Anwendungsfälle betrachtet: 1. Assistierte Diagnose, 2. Assistierter Service und 3. betriebsbegleitendes onlinegestütztes Training des Bedieners im Praxiseinsatz auf der Basis von augmented reality (AR) Technologien und vernetzten Diagnosetools.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Vöttinger Str. 36, 85354 Freising, georg.froehlich@LfL.bayern.de

² Fraunhofer-Institut für Eingebettete Systeme und Kommunikationstechnik, Hansastrasse 32, 80686 München, michael.stiller@esk.fraunhofer.de, dhavalkumar.shekhada@esk.fraunhofer.de

³ Smart Mobile Labs AG, Kistlerhofstraße 70, 81379 München, javier.morgade@smartmobilelabs.com

Im Projekt werden diese Anwendungsfälle mit zwei möglichst unterschiedlichen Maschinenkonzepten abgebildet: selbstfahrender Rübenroder und gezogene Einzelkornsämaschine. Dazu wurden mit den beteiligten Landmaschinenherstellern eine Bedarfsanalyse anhand realer Servicefälle durchgeführt und die technischen Anforderungen für die drei Einsatzfälle definiert. Die Forschungsziele liegen in der flexiblen, verteilten Softwarearchitektur, in der Quality of Experience der Assistenz, in der Mensch-Maschinen-Schnittstelle und in der Effizienzbetrachtung.

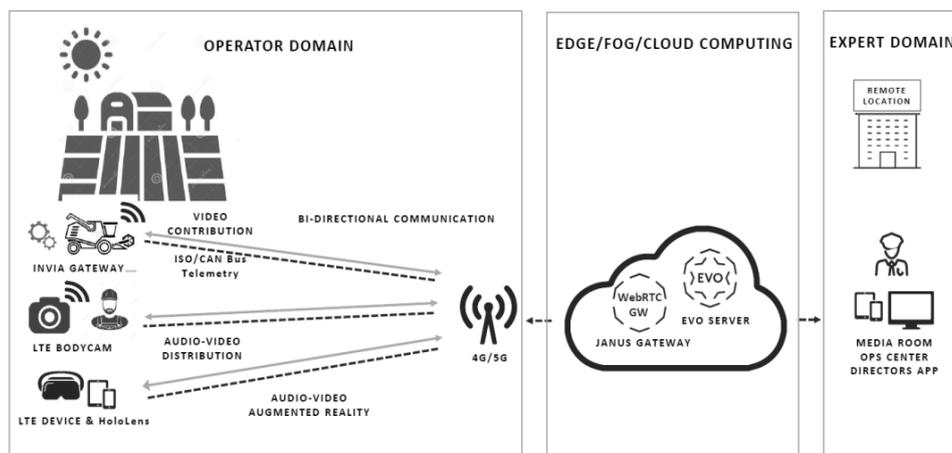


Abb. 1: Schematischer Aufbau der interaktiven mobilen Videostreaming Dienste Plattform für die Fernassistenz (INVIA)

2 Material und Methoden

Zur Bestätigung der Bedarfsanalyse wurden die wichtigsten Anforderungen an das System aus Anwendersicht durch eine Hospitation und Befragung am Service Desk der Partner bei der Bearbeitung realer Servicefälle während der Hauptsaison erfasst und nach Erstellung des Prototyps ein praxisnaher Einsatztest durchgeführt.

Das INVIA-System besteht im Kern aus einer Mobile Edge Cloud (MEC), einer LTE Mobilfunk-Basisstation mit integrierten Rechner-Ressourcen, die Dienste ermöglicht, die eine geringe Latenz und gleichzeitig hohe Rechenkapazitäten benötigen. Hier können Video- und Datenströme aus verschiedenen Quellen orchestriert und mit AR-Informationen angereichert werden. Weiterhin kommt ein leistungsfähiges Maschinen-Gateway zum Einsatz, das neben der Weiterleitung von Maschinendaten und Video Streams eigene, maschineninterne Dienste wie z. B. die Position des Operators in Bezug zur Maschine anbieten kann. Mobile Endgeräte (Smartphones, Tablets und AR-Brillen)

bilden zusammen mit dem Gateway und der MEC eine Infrastruktur für verteilte neuartige browserbasierte Applikationen.

3 Ergebnisse

3.1 Bedarfsanalyse

Die Ermittlung der Unterstützungsfaktoren erfolgte durch Hospitation bei ca. 100 realen Servicefällen und anschließendem Interview mit dem Servicefachmann (Experte) über seine Einschätzung des Falls. Aus den standardisierten, skalierten Antworten konnten dann Häufigkeiten und Korrelationen ermittelt werden. Im Ergebnis soll die INVIA-Technologie vor allem dort eingesetzt werden, wo komplexe und umfangreiche Problemstellungen bearbeitet werden. Besonders Software- oder Einstellungsprobleme am Bedienterminal verursachen Probleme, die mit Display-Fernzugriff und unterstützenden Dialogen effizienter bearbeitet werden könnten. Durch den internationalen Markt entstehen immer wieder Verständnisprobleme, da die Sprachbarriere sowohl die Eingrenzung des Problems als auch dessen Lösung deutlich verzögern kann. Hier kann bereits eine einfache, sprachunterstützte bidirektionale Bildübertragung Abhilfe schaffen. Häufig sind die Anrufer aber auch Händler oder Mitarbeiter der Servicezentren und verfügen über sehr gute technische und Bedienerkenntnisse. Sie beantworten z. T. die Anfragen der Kunden (Operator) oder geben sie an den Service (Experte) weiter. Daher ist es vorteilhaft, diesen Personenkreis mit bestimmten Expertenfunktionen auszustatten oder eine Zusammenschaltung mehrerer Akteure zu ermöglichen.

3.2 Systemarchitektur

Das System lässt sich in die Bereiche Experte, Cloud und Operator unterteilen (Abb. 2). Zentral in der MEC werden verschiedene Videodienste wie Orchestrierung, Weiterleitung oder Bildanalyse zur Verfügung gestellt. Sie ist mit dem Operatorbereich bzw. den mobilen Geräten des Fahrers und dem Gateway verbunden sowie mit dem Expertenbereich (bzw. dem Service Desk), der auch die Möglichkeit, MEC-Dienste zu verwalten und AR-Funktionalitäten umzusetzen, bietet. Basistechnologie in der Cloud sind auf virtuellen Maschinen realisierte Docker- [Do18] und WebRTC Applikation Dienste [Ja18].

Kommunikationsebene

Die Verwendung von Web Real-Time Communication (WebRTC) [SSS18] bietet Protokolle und Programmierschnittstellen, die Echtzeitkommunikation für Anwendungen wie Videokonferenz, Datenübertragung, Chat und Desktop-Sharing zwischen den verschiedenen Komponenten ermöglichen. Eine wichtige Rolle spielt der

Edge Video Orchestrator (EVO) von SML, der Video- und andere Daten via LTE zuverlässig in Echtzeit mit Verzögerungen von weniger als 300 ms zwischen verschiedenen Teilnehmern (many-to-many) transportieren kann. Die Interaktion mit dem Orchestrator wird durch den Orchestrator Interactor (OCI) abstrahiert. Dieser stellt den Datentransfer sowie Authentifizierungen und andere Steuermechanismen zur Verfügung.

Gateway

Als Schnittstelle zur Maschine wird eine Edge Embedded Control Unit (ECU) vom Typ InMach ISY ADAS eingesetzt, welche als Baukastensystem ein flexibles Adaptieren an unterschiedliche Anforderungen ermöglicht. Das Linux-basierte System ermöglicht den Einsatz von Containerlösungen wie Docker, mit der die adaptive Softwarearchitektur (Fog) umgesetzt wird. Eigene Applikationen (z. B. OCI von SML) können auf dem System platziert werden. Um auf externe analoge Kameras auf Softwareebene zuzugreifen, wurde eine Adapterhardware als Schnittstelle entwickelt.

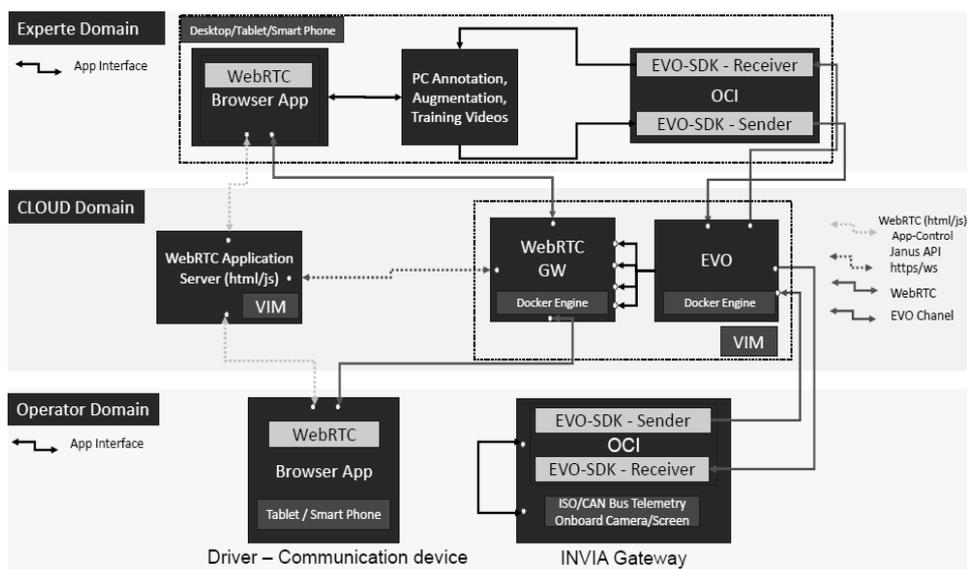


Abb. 2: Cloud-Access-Architektur des INVIA-Systems

SaaS-Plattform für Maschinenführer - Servicetechniker Interaktion

Im ersten Schritt wurde die Anwendung für den Assistenzdienst auf die direkte Kommunikation der Anwender und Experten ausgerichtet. Als möglichst plattform-unabhängige Lösung auf der Basis von WebRTC kann das Assistenzsystem mit Hilfe des webbasierten Ansatzes sowohl auf mobilen Android- und iOS-Geräten als auch auf Desktop-PCs abgerufen werden. Die prototypische Umsetzung des Assistenzdienstes

wurde auf Basis einer responsiven Webseite umgesetzt, die sowohl für den Operator als auch den Experten eine angepasste Ansicht anbietet. Die webbasierte Software as a Service (SaaS) Lösung bietet den Vorteil, dass der WebRTC Application Server und das WebRTC-Gateway dynamisch in der Edge ECU, im mobile Edge Computing System und der Cloud verteilt werden können.

3.3 Feldversuch im realen Landwirtschaftsszenario

Die erste Einsatzerprobung auf dem Feld erfolgte mit einem Rübenroder HOLMER exact Terra Dos T4-30, von welchem Maschinenterminal, ein CAN-Bus und eine Systemkamera über das Gateway (Edge ECU) mit dem INVIA-System verbunden wurden. Der Operator bediente abwechselnd Smartphone oder Tablet, der Experte hatte seinen „Service Desk“ auf einem PC am Feldrand. Die Bereitstellung der Infrastruktur erfolgte mit einer mobilen Basisstation von SML. Sie beinhaltet das INVIA Edge Framework: ein privat aufgebautes LTE-Netz mit radio access network (RAN) und evolved packet core (EPC), die Serverinfrastruktur mit der MEC sowie die Netzwerkschnittstellen (WiFi, Ethernet) zu den Geräten der Experten und zu Analyse- bzw. Tracking Tools.

Hauptinhalt des Feldtests war das realistische Nachstellen der drei Anwendungsfälle:

- vom Experten unterstütztes Training während der Feldarbeit mit Beobachtung des Ernteprozesses und der Einstellungen sowie Unterweisung des Fahrers,
- assistierte Fehlerdiagnose: interaktive Unterstützung des Maschinenführers (Operators) mittels bild- und videogestützter Diagnose durch Experten,
- assistierter Service: interaktive Unterstützung des Servicetechnikers (Operators) vor Ort durch Experten, einmal mit relativ einfacher Fehlerdiagnose über das Terminal und einmal mit interaktiver Unterstützung und Fehlersuche.

Getestet wurden neben Handling und Unterstützungseffekt die Qualität der Verbindungen zu allen Komponenten, die auftretenden Verbindungsaufbauzeiten, Verzögerungen zwischen den Sprach- und Videokanälen sowie Abbrüche oder Qualitätsverluste. Parallel wurde die verbrauchte Bandbreite der LTE-Verbindungen aufgezeichnet. Mit Verbindungsaufbauzeiten um 15 Sekunden und Verzögerungen unter 3 Sekunden konnten sehr gute Ergebnisse erreicht werden. Verbindungsabbrüche fanden während des Versuchs nicht statt, wurden aber in einem Pretest provoziert; beim Wiederaufbau der Verbindung war die Weiterarbeit sofort wieder möglich. Während des Tests traten an zwei Komponenten thermische Probleme auf, die Bitrate und Auflösung der Videoübertragung beschränkten. Trotzdem wurde von den Testpersonen die Unterstützung durch das System noch als gut eingeschätzt.

4 Schlussfolgerungen und nächste Schritte

Mit der vorgestellten Architektur konnte ein verteiltes, stabiles System zur echtzeitvideobasierten Fernassistenz prototypisch bereitgestellt werden. Bereits im jetzigen Stadium bestätigen die Testpersonen eine Verbesserung der Möglichkeiten in der Fernassistenz. Die wichtigsten zukünftigen Erweiterungen sind die Realisierung des Parallelbetriebes mehrerer Servicefälle und die flexible Verteilung von Software-Komponenten zur Laufzeit, die eine Anpassung des Services an die unterschiedliche Verfügbarkeit von Kommunikationsdiensten ermöglicht. Mit dem vorgestellten System sind verschiedene Hardwarekomponenten an unterschiedlichen Orten verfügbar, auf die die Systemleistung entsprechend der eigenen Leitungsfähigkeit und der Verfügbarkeit der Netzwerkressourcen wie Bandbreite oder Verzögerungen verteilt werden kann. Die geplante Lösung zur dynamischen Anpassung ist ein Mechanismus (seamless fallback service), der über Monitoragenten in den Komponenten (Cloud, Edge, Gateway, Endgerät) deren Ressourcenverbrauch und Verbindungsqualität ermittelt und an einen zentralen Monitorserver mit einer Datenbank übermittelt. Alle Konfigurationen und zugehörigen Parametergrenzen sind in einem zentralen Repository gespeichert. Ein Komparator vergleicht diese optimalen Daten mit den aktuellen und steuert über einen eigenen Orchestrator die Konfiguration der verteilten Services, so dass zeitweise eventuell weniger, aber dafür stabilere Dienstleistungen zur Verfügung stehen.

Ein zweiter Teil des Feldversuchs wird am Beispiel einer gezogenen Einzelkornsämaschine im Frühjahr 2019 mit dem bis dahin erweiterten System erfolgen.

Danksagung

Das Projekt INVIA (AZ 1241-16) wird von der Bayerischen Forschungsförderung gefördert. Konzept, Realisierung und Untersuchung des Systems und dessen Beschreibung in diesem Artikel erfolgt durch die Projektpartner Fraunhofer ESK, Holmer Maschinenbau GmbH, Horsch Maschinen GmbH, InMach Intelligente Maschinen GmbH, LfL Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Smart Mobile Labs AG (SML) und Weptun GmbH. Der Dank der Autoren gilt der Telefónica Germany GmbH & Co. OHG für die Unterstützung sowie allen beteiligten Personen, die nicht explizit aufgeführt wurden.

Literaturverzeichnis

- [Do18] Docker Documentation, <https://docs.docker.com/>, Stand 30.10.2018.
- [Ja18] Janus: the general purpose WebRTC server, <http://janus.conf.meetecho.com/>, Stand 30.10.2018
- [SSS018] Shekhada, D.; Stiller, M.; Salvi, A.: A comparison of current web protocols for usage in cloud based automation systems. In (Jasperneite, J.; Lohweg, V. (Hrsg.): Kommunikation und Bildverarbeitung in der Automation, Lemgo 2016. Springer Vieweg, Berlin, S., 2018.