

Kabellose AdHoc-Wartung von Landmaschinen per Smartphone

¹⁾ Felix Alcala, ²⁾ Dr. Matthias Rothmund

¹⁾ Felix Alcala Softwareentwicklung
Am Troistedter Weg 61
99428 Nohra
fa@blessedbytes.de

²⁾ Entwicklung - Elektronik
Horsch Maschinen GmbH
Sitzenhof 1
92421 Schwandorf
m.rothmund@horsch.com

Abstract: Moderne Landmaschinen enthalten eine Vielzahl elektronischer Komponenten. Die Wartung dieser Komponenten erfordert vom Service-Techniker typischerweise das Herstellen einer physikalischen Verbindung zum CAN-Bus der Maschine, was zeitaufwändig und unpraktisch ist. Dieser Beitrag stellt ein System zur kabellosen Maschinenwartung vor, das es erlaubt, drahtlos per Smartphone die Steuerungssoftware elektronischer Komponenten von Landmaschinen zu aktualisieren.

1 Motivation

Die elektronischen Komponenten einer Landmaschine müssen gewartet werden. Der dafür vorgesehene Übertragungskanal ist typischerweise ein kabelgebundenes CAN-Bus-System. Vor Beginn der Wartungstätigkeit muss der Service-Techniker daher einen geeigneten Zugang zum CAN-Bus an der Maschine lokalisieren und seinen Service-Laptop mit Hilfe von Adapterkabeln physikalisch verbinden. Dieses Vorgehen ist unpraktisch und zeitaufwändig. Andere Wartungsaufgaben werden vom Techniker am ISOBUS-Terminal in der Fahrzeugkabine angestoßen.

Um diese Situation zu verbessern, plant die Firma Horsch, ihre Landmaschinen zukünftig mit einem drahtlosen Zugang zum CAN-Bus auszustatten. Der Techniker soll statt mit einem speziell ausgestatteten Laptop direkt mit einem handelsüblichen Smartphone die Wartungsaufgaben durchführen können. Ziel ist die Verbesserung der Service-Qualität durch Unterstützung des Technikers.

2 Zielsetzung

Ziel des Projektes ist die Entwicklung eines Software-Systems, das die Wartung von Landmaschinen per Smartphone ermöglicht. Dabei sollen:

- (1) Software-Updates für die elektronischen Steuereinheiten in der Maschine installiert werden können
- (2) Diagnose- und Wartungsarbeiten durchführbar sein.

Der vorliegende Beitrag konzentriert sich auf die Update-Funktionalität (1).

Die initiale Zielgruppe des Software-Systems sind Servicetechniker. Im Sinne einer einfachen Benutzbarkeit soll die Verbindung zwischen Smartphone und Maschine drahtlos umgesetzt werden, sowie eine einfache, Smartphone-typische Bedienoberfläche entstehen. Das System soll zunächst für iOS-Geräte (u.a. iPhone) umgesetzt werden, und wird später nach Bedarf auf andere mobile Plattformen portiert.

3 Anforderungs-Analyse

Die relevanten elektronischen Steuereinheiten in einer Landmaschine sind typischerweise durch ein CAN-Bus-Kabel vernetzt und müssen über diesen Bus angesprochen werden. Zur Umsetzung des geplanten drahtlosen Systems ist daher eine Wandlung der CAN-Signale, die am CAN-Kabel anliegen, in eine geeignete drahtlose Technik notwendig. Die Kommunikation muss bi-direktional möglich sein, d.h. das Smartphone muss CAN-Nachrichten sowohl vom Bus lesen als auch dorthin schreiben können. Abbildung 1 verdeutlicht diesen Aufbau.

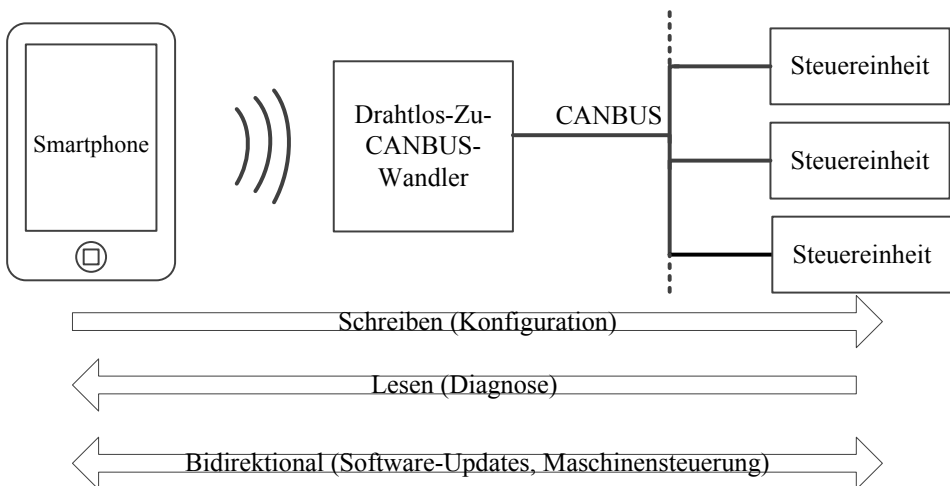


Abbildung 1: Schematische Darstellung des zu entwickelnden Systems

3.1 Anforderungen an die Drahtlos-Verbindung

Wichtige Parameter bei der Auswahl einer geeigneten Drahtlos-Technik sind die Reichweite und der Datendurchsatz. Die Anforderungen an beide Parameter bestimmen sich wie folgt:

Die *Reichweite* muss mindestens 20 Meter betragen, um bei einer 36 Meter breiten Maschine und einem mittig und erhöht angebrachten Drahtlos-Zu-CANBUS-Wandler von jedem Punkt der Maschine aus die Wartungsaufgaben durchführen zu können.

Der *Datendurchsatz* der Drahtlosverbindung muss geeignet sein, um alle auf dem CAN-Bus anliegenden Nachrichten ohne Verzögerung zu übertragen. Als maximale Bus-Geschwindigkeit wird 1 MBit/s angenommen. Der hierfür genau benötigte drahtlose Datendurchsatz steht in Abhängigkeit des vom Wandler verwendeten Übertragungs-Protokolls. Es ist davon auszugehen, dass er höher ist, weil über den reinen Bus-Traffic hinaus auch Zeitstempel oder Prüfsummen zum Smartphone übermittelt werden. Ein Aufschlag von 100% erscheint von einem konservativem Standpunkt aus durchaus realistisch, sodass 2 MBit/s Netto-Übertragungsleistung benötigt werden.

Dabei ist zu beachten, dass bei Datenfunkverbindungen der maximal mögliche Durchsatz abhängig von der Entfernung zwischen Sender und Empfänger ist. Daher ist die Anforderung an die Reichweite der drahtlosen Datenverbindung wie folgt zu formulieren:

In 20 Meter Entfernung muss ein drahtloser Netto-Datendurchsatz von 2 MBit/s stabil gewährleistet sein, um eine CAN-Bus-Verbindung mit 1 MBit/s nutzen zu können.

3.2 Auswahl der Drahtlos-Verbindung

Zu den im Smartphone-Bereich üblichen drahtlosen Schnittstellen gehören Bluetooth, WLAN und Mobilfunk-Datenverbindungen. Die Datenübertragung per Mobilfunk-Datenfunk ist mit nicht unerheblichen Übertragungskosten verbunden; zudem ist der Mobilfunk nicht flächendeckend verfügbar [AL12], weswegen sie aus der weiteren Betrachtung ausgeschlossen wird. Tabelle 1 listet Reichweite und Durchsatz der Schnittstellen auf.

Technik	Reichweite im Freien	Maximaler Brutto-Durchsatz
Bluetooth (Class 1)	≈ 100 Meter	BT 2.0 + EDR: 2 Mbit/s
Bluetooth (Class 2)	≈ 10 Meter	BT 2.1 + EDR: 2 Mbit/s
Bluetooth (Class 3)	≈ 1 Meter	BT 3.0 + EDR: 24 Mbit/s
WLAN 802.11b	≈ 140 Meter	11 MBit/s
WLAN 802.11g	≈ 140 Meter	54 MBit/s
WLAN 802.11n	≈ 250 Meter	600 MBit/s

Tabelle 1: Reichweite und Durchsatz von drahtlosen Schnittstellen
[B113][Wi13a][Wi13b]

Das iPhone verfügt, wie die meisten Smartphones, über einen Bluetooth-Sender der Klasse 2, was die Reichweite auf 10 Meter begrenzt. Daher scheidet Bluetooth für die Zwecke des zu entwickelnden Systems als Drahtlosprotokoll aus.

Er verbleibt somit als einzige mögliche Drahtlostechnik WLAN, das mit mindestens 11 MBit/s theoretischem Durchsatz bei über 100 Metern Reichweite genügend Leistungsreserven auch für ungünstige Übertragungsbedingungen aufweist.

4 Implementierung

Das System wurde im Zeitraum von 4/2012 bis 4/2013 entwickelt und getestet. Dabei kam der Wireless-Umsetzer *CANlink WLAN* der Firma *RM Michaelides Software & Elektronik* zum Einsatz. Für die Verwendung am Desktop PC wurde der kabelgebundene Adapter *PCAN-USB* der *PEAK-System Technik GmbH* verwendet. Das System wurde in C# mit der mobilen Plattform *Xamarin.iOS*¹ umgesetzt. Dieses erlaubt die weitgehende Portierung des Codes zwischen iOS und Windows.

Als initiale Landmaschine wurde die Einzelkorn-Sämaschine Horsch Maestro ausgewählt. Sie verfügt je nach Ausführung über 8 bis 24 Einzelkorn-Sä-Aggregate mit jeweils einer elektronischen Steuereinheit pro Aggregat sowie über 1 bis 2 zentrale Steuerungsrechner. Im entwickelten System wurde das Update der Steuereinheiten der Sä-Aggregate implementiert.

Mit der Software können die in der Maschine vorhandenen Steuereinheiten identifiziert sowie deren aktuelle Konfiguration ausgelesen werden (Abbildung 2a). Über eine Internet-Verbindung wird dann zunächst die aktuellste Software-Version auf das Smartphone geladen (Abbildung 2b). Die Steuereinheiten erhalten dann vom Smartphone aus ein Update auf die neueste Version (Abbildung 2c).

¹ <http://xamarin.com/ios>

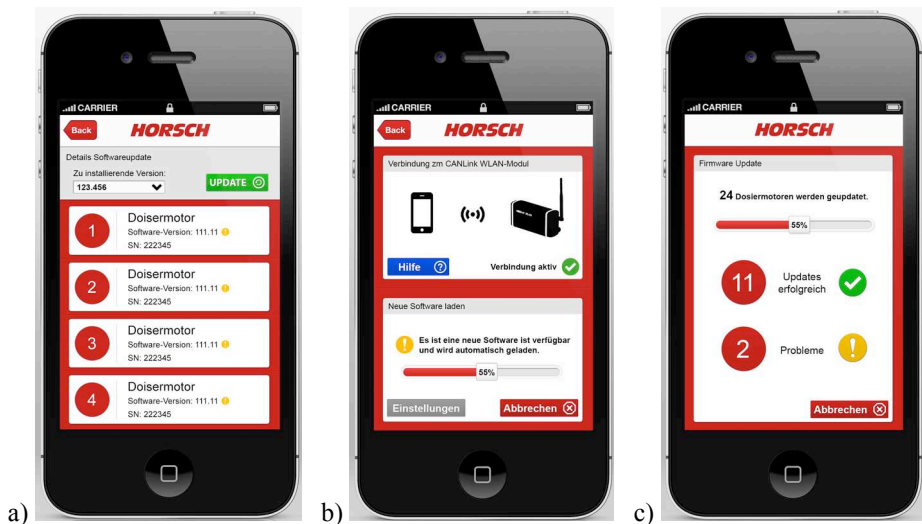


Abbildung 2: Nutzerschnittstelle der Update-Software am iPhone

Alternativ können Updates über eine Desktop-Software kabellos oder kabelgebunden durchgeführt werden (Abbildung 3). Die Implementierung des Update-Prozesses ist dabei identisch, weil mit der gewählten C#-Technologie derselbe Quellcode auf dem Smartphone und auf dem PC ausgeführt wird.

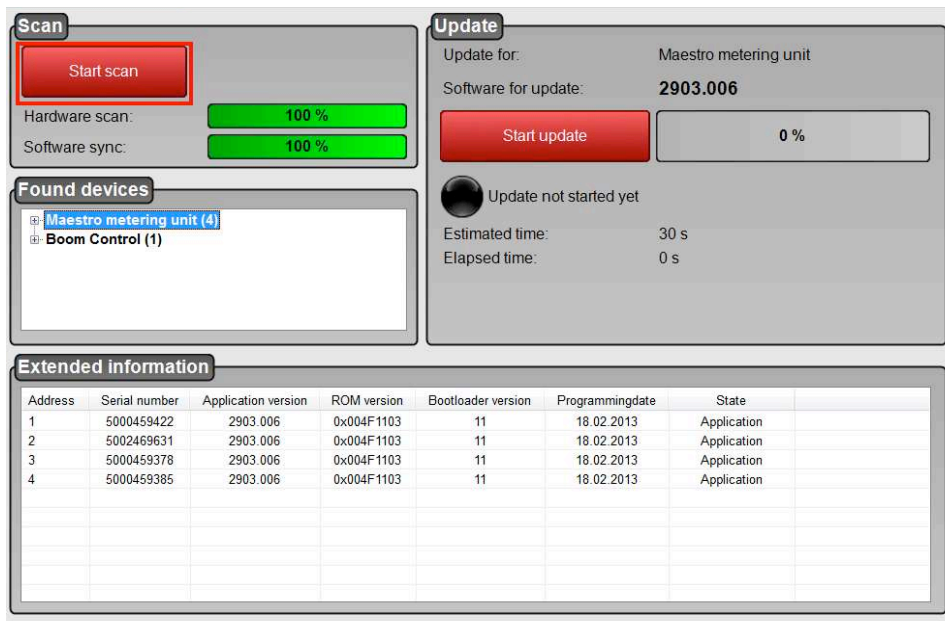


Abbildung 3: Nutzerschnittstelle der Update-Software am Windows-PC

5 Ergebnisse

Das parallele Update der Steuereinheiten aller angeschlossenen Sä-Aggregate per Smartphone und WLAN dauert im Schnitt 65,0 Sekunden. Zum Vergleich: Von einem Desktop-PC aus dauert der Update-Prozess durchschnittlich 22,4 Sekunden bei einer Verbindung über das Kabel, hingegen durchschnittlich 93,8 Sekunden bei einer Verbindung des PCs über WLAN.

5.1 Performance nach Einsatz-Szenario

Für einen Performance-Vergleich wurden unter Labor-Bedingungen Software-Aktualisierungen für drei Sä-Aggregate durchgeführt. Es wurden drei Szenarien untersucht:

- (1) Update der Software über ein iPad der ersten Generation per WLAN
- (2) Update der Software über einen Desktop-PC per WLAN
- (3) Update der Software über einen Desktop-PC per Kabelverbindung

Es wurde je Szenario jeweils dreimal hintereinander die gleiche Software-Version installiert. Tabelle 2 zeigt die durchschnittlichen Dauern der Update-Prozesse in den verschiedenen Szenarien. Die Installation einer Software enthält dabei zwei Phasen: Konfigurieren der elektronischen Steuereinheit vor und nach dem Update, sowie das Senden der eigentlichen neuen Programmdateien. Es ist ersichtlich, dass die Performance der kabelgebunden Lösung deutlich höher ist, als die der drahtlosen Lösungen. Im Folgenden soll die Ursache hierfür untersucht werden.

	Vom PC per Kabel	Vom PC per WLAN	Vom iPad per WLAN
Gesamte Dauer	22,4 s	93,8 s	65,0 s
davon Programmübertragung	18,9 s	72,8 s	48,2 s
davon Konfiguration	3,4 s	20,9 s	16,8 s

Tabelle 2: Durchschnittliche Dauer des Update-Prozesses
in verschiedenen Einsatz-Szenarien

5.2 Analyse der Performance-Unterschiede

Für diese Untersuchung wird der Teil der Programmdatei-Übertragung ausgewählt. Das Update-Protokoll der Steuereinheiten der Sä-Aggregate sieht vor, dass die Programmdateien in Paketen zu 64 Einzelnachrichten an die Einheiten gesendet werden. Nach der 64. Nachricht schreiben die Steuereinheiten die Daten in ihren Festspeicher und quittieren den Erfolg mit jeweils einer (1) CAN-Nachricht. Dies ist für den Sender das Signal, dass er weitere Daten senden kann. Somit muss der Update-Prozess alle 64 CAN-Nachrichten angehalten werden, bis der Sender von allen Steuereinheiten eine Quittierungsnachricht erhalten hat (hier: 3 Steuereinheiten = 3 Quittierungsnachrichten).

Tabelle 3 zeigt statistische Kennzahlen der Übertragungsdauer der für ein Update notwendigen 219 Datenpakete mit je 64 CAN-Nachrichten Softwaredaten und den drei Antwortnachrichten geschlüsselt nach Szenario. Es zeigt sich, dass ein solcher Vorgang per Kabel durchschnittlich 86 Millisekunden dauert, per WLAN je nach Situation und Endgerät zwischen 151 und 450 Millisekunden. Somit dauert der gleiche Vorgang drahtlos zwischen 1,7-mal und 5,2-mal so lange wie kabelgebunden.

Statistische Kennzahl	Vom PC per Kabel	Vom PC per WLAN	Vom iPad per WLAN
Mittelwert	86 ms	331 ms	219 ms
Minimum	79 ms	151 ms	159 ms
Maximum	110 ms	450 ms	304 ms
Standardabweichung	9 ms	47 ms	35 ms
Variationskoeffizient	0,10	0,14	0,16

Tabelle 3: Statistische Eckdaten der Übertragungsdauer je Datenpaket

Es stellt sich die Frage, woher dieser deutliche Unterschied rührt. Es werden stets genau 67 Nachrichten über den CAN-Bus geleitet. Die Steuereinheit vollbringt in allen Fällen die gleiche Leistung: Das Speichern der in 64 Nachrichten enthaltenen Programmdaten in den Festspeicher und das Senden einer Antwortnachricht. Diese Parameter eignen sich also nicht, um den Unterschied zu erklären. Auch die Signallaufzeit der Funksignale (annähernd Lichtgeschwindigkeit) kann bei Entfernungen im Meterbereich nicht als Erklärung herangezogen werden.

Eine eingehende Analyse des Übertragungsverhaltens ergab, dass die Verzögerung durch die WLAN-Netzwerkübertragung über das Protokoll TCP/IP zu erklären ist. Die Signale der CAN-Nachrichten (Spannungsschwankungen am CAN-Bus) werden vom Wandler in einen digitalen Byte-Strom übertragen, wobei jede CAN-Nachricht zwischen 7 und 21 Bytes Daten generiert. Diese Daten werden mittels TCP/IP über WLAN an das Smartphone gesendet – allerdings nicht sofort: TCP/IP sieht typischerweise eine maximale Paketgröße von ca. 1500 Bytes vor (MTU-Size) [Ko05]. Netzwerkteilnehmer sind gehalten, die Anzahl der Pakete zu reduzieren, um den Overhead des TCP/IP-Protokolls im Verhältnis zu den Nutzdaten gering zu halten. Je nach Implementierung warten die Netzwerkteilnehmer daher einige 10 oder 100 Millisekunden auf weitere Daten, bevor sie ein TCP-Paket versenden. Dies betrifft sowohl den Wandler CANlink WLAN als auch die Netzwerkschicht im Smartphone bzw. Windows-PC. Diese Verzögerungen summieren sich, und erklären den Performance-Unterschied zwischen Kabel und WLAN. Die Update-Protokolle von elektronischen Steuereinheiten sollten daher darauf optimiert werden, möglichst wenig wechselseitige Kommunikationsschritte zu benötigen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass, auch wenn die Übertragungs-Performance einer kabelgebundenen Lösung höher ist, sich in der Praxis ein Zeitvorteil durch die drahtlose Technik per Smartphone ergibt, da keine Kabelverbindung hergestellt werden muss und auch das Smartphone sofort einsatzbereit ist im Vergleich zu einem Laptop, der typischerweise zunächst aufgebaut und gestartet werden muss.

6 Ausblick

Für die Zukunft ist zu erwarten, dass die drahtlose Wartung von Landmaschinen zum Standard wird. Mit diesem Beitrag wurde gezeigt, dass dies prinzipiell und auch in der Praxis per Smartphone möglich ist. Die hier aufgezeigten Herausforderungen näher zu untersuchen und geeignete Lösungsstrategien zu entwickeln stellt einen Ausgangspunkt für weitere Forschung dar.

Inhaltlich ist es jenseits der drahtlosen Wartung auch denkbar, die Landmaschinen durch Mobilgeräte zu bedienen und sogar zu steuern. Im Vergleich zu den derzeit aktuellen ISO-Terminals könnte mit Hilfe von Tablet-PCs eine erweiterte und visuell ansprechendere Maschinenbedienung realisiert werden.

Literaturverzeichnis

- [AL12] Alcalá-Toca F, Lecker H.: Mobiles Internet auf dem Ackerschlag: Analyse empirischer Langzeitdaten. In (Clasen, M., Fröhlich, G., Bernhardt, H., Hildebrand, K., Theuvsen, B., Hrsg.): Informationstechnologie für eine nachhaltige Landbewirtschaftung, Fokus: Forstwirtschaft, Referate der 32.GIL-Jahrestagung, Freising, 2012; S.35-38.
- [Bl13] Bluetooth Special Interest Group, Inc.: Building with the Technology. <https://www.bluetooth.org/en-us/test-qualification/product-development-overview/building-technology>, zuletzt aufgerufen am 15.05.2013, o.O., 2013.
- [Ko05] Kozierok, C.M.: The TCP/IP-Guide: A Comprehensive, Illustrated Internet Protocols Reference, No Starch Press, San Francisco, 2005.
- [Wi13a] Wikipedia: IEEE 802.11n. http://de.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11n, zuletzt aufgerufen am 15.05.2013, o.O., 2013.
- [Wi13b] Wikipedia: Bluetooth. <http://de.wikipedia.org/wiki/Bluetooth>, zuletzt aufgerufen am 15.05.2013, o.O., 2013.