
Automatisierte Methoden zur Verifikation der NFC-Technologie

*Christian Saminger^a, Gerald Madlmayr^a, Stefan Grünberger^a,
Josef Langer^b*

^aFH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH, Softwarepark 11, A-4232 Hagenberg, Austria

^bFH OÖ Studienbetriebs GmbH, Softwarepark 11, A-4232 Hagenberg, Austria

ABSTRACT

Motivation: *Near Field Communication* (NFC) ist eine kontaktlose Kommunikationstechnologie für den Einsatz in mobilen Geräten zur Vereinfachung des Verbindungsaufbaus unterschiedlicher Geräte, zur Abwicklung von schnellen und sicheren Bezahlapplikationen, zur Zutrittskontrolle und zum sicheren Datenaustausch.

Da die Spezifikationen der NFC-Technologie derzeit noch definiert werden, können neu gewonnene Forschungsergebnisse mit eingearbeitet werden. Um zu gewährleisten, dass die Geräte untereinander kompatibel sind, ist die Prüfung der Interoperabilität wichtig. Die Standards für die Konformitätstests der NFC-Schnittstelle sind ebenfalls noch nicht definiert worden.

Der Schwerpunkt dieser Arbeit besteht darin, messtechnisch fundierte Methoden zu entwickeln, um die Interoperabilität zwischen verschiedenen NFC-Geräten nachweisen zu können. Die entwickelten Messmethoden werden theoretisch untersucht und anschließend in der Praxis angewendet.

Ergebnisse: Aus den Ergebnissen der theoretischen Analyse entstand das Konzept für die Entwicklung eines Testroboters für automatisierte Messuntersuchungen der Interoperabilität von NFC-Geräten. In Verbindung mit einem Messequipment kann dieser Roboter die Interoperabilität zwischen zwei NFC-Geräten bzw. zwischen einem NFC-Gerät und einer *Smartcard* überprüfen. Der Roboter ist in drei Dimensionen steuerbar, was eine Erweiterung zur derzeitigen Spezifikation darstellt. Somit können die Messergebnisse auch dreidimensional dargestellt werden.

An den Roboter wird für die Messuntersuchungen ein Oszilloskop und/oder ein NFC-Messgerät für die Protokollanalyse angeschlossen. Aus den Messergebnissen kann die Effizienz und die Performance der NFC-Schnittstelle ermittelt werden. Die Steuerung des Roboters und der Messgeräte erfolgt über eine am PC installierte *Testsuite*. Diese *Testsuite* speichert die Daten der Testobjekte, die Testfälle und die Messergebnisse in einer Datenbank. Der Testroboter ermöglicht in Kombination mit der *Testsuite* zum einen die Durchführung von automatisch ablaufenden Testreihen mit abschließender Protokollierung und zum anderen 2D/3D-Darstellung der Testergebnisse. Mithilfe der *Testsuite* können die Testreihen und Testobjekte während der Messung dynamisch konfiguriert werden.

Schlussfolgerung: Damit neu auf den Markt kommende NFC-Geräte mit den bereits vorhandenen Geräten einwandfrei kommunizieren können, muss die Interoperabilität gewährleistet sein. Mit den in dieser Arbeit entwickelten Messmethoden und Messapparaturen, können Firmen die Performance und die Interoperabilität ihrer NFC-Produkte verifizieren. Dies bringt auch einen Zeitvorteil für die Produkteinführung, wenn durch die Messuntersuchungen an den Prototypen Kompatibilitätsfehler oder Performanceschwächen aufgedeckt werden.

Kontakt: christian.saminger@fh-hagenberg.at

1 EINLEITUNG

Near Field Communication (NFC) ist eine kontaktlose Verbindungstechnologie, die durch ISO 18092, 21484 und ECMA 340, 352 standardisiert ist. NFC ist kompatibel zu den bestehenden *Smartcard*-Technologien wie ISO 14443 Typ A (z.B. Mifare von NXP Semiconductors), ISO 14443 Typ B (z.B. Calypso) und Felica von Sony. NXP und Sony gründeten im Jahr 2004 das NFC-Forum, um die NFC-Technologie und deren Standardisierung zu forcieren. Heute, vier Jahre später, ist die Anzahl der Mitglieder auf 140 angewachsen. Das Bestreben des NFC-Forums ist die Gewährleistung der Kompatibilität zwischen allen NFC-Geräten durch eine gemeinsame Standardisierung der Technologie. Der Ansporn der Wirtschaft Geräte rasch zu entwickeln und auf den Markt zu bringen, macht es notwendig, proprietäre Implementierungen zu integrieren, da die Normierungen noch nicht abgeschlossen sind. Deshalb organisierte das NFC-Forum am 7. Dezember 2007 erstmals ein *Plugfest*, um die Kompatibilität der NFC-Endgeräte der teilnehmenden Unternehmen zu verifizieren [1]. Obwohl sich die Messinstrumente für die Verifikation der NFC-Schnittstelle selber noch in den Entwicklungs- bzw. Testphasen befinden, soll dieser Schritt die Entwicklungen der NFC-Technologie vorantreiben.

An der FH OÖ Campus Hagenberg werden im Rahmen des Forschungsprojektes „pureNFC“ Messuntersuchungen an der NFC-Schnittstelle durchgeführt. Ein Schwerpunkt liegt auf der Überprüfung der Interoperabilität von unterschiedlichen NFC-Geräten. Die FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH ist Mitglied des NFC-Forums und kann ihre Forschungsergebnisse für die Standardisierung einbringen.

2 THEORETISCHE ANALYSEN

Eine Arbeitsgruppe des NFC-Forums definiert momentan den Standard für die Testmethoden und Testfälle [2]. In Hagenberg erfolgte zuerst eine Analyse des sich noch im Entwurf befindlichen Standards. Dieser umfasst die Testfälle für die Kommunikation zwischen zwei NFC-Forum Geräten (*Peer-to-Peer* Modus) und zwischen einem NFC-Forum Gerät und einem NFC-Forum *Tag*. Die Testfälle mit den NFC-Forum *Tags* werden noch entsprechend der vier definierten *Tag Types* gegliedert, da jedes NFC-Forum Gerät zu allen *Tag Types* kompatibel sein muss. Kurz zusammengefasst beschreibt der Standard folgende Testfälle [2]:

- Die Messung der Distanzen, innerhalb welcher ein NFC-Forum Gerät ein weiteres detektiert.
- Die Überprüfung, ob sich das *Target* auf eine Änderung der Übertragungsrate des *Initiator* richtig einstellt (mögliche Übertragungsraten sind 106, 212 oder 424 kbps).
- Die Analyse des Protokolls und der korrekten Übertragung von Daten.
- Das korrekte Auslesen des Speicherinhaltes eines NFC-Forum *Tags* durch das NFC-Forum Gerät
- Das korrekte Auslesen des Speicherinhaltes (URL) eines *Smartposter*.
- Die Überprüfung einer Leseoperation im Initial-, Kollisions- und Normalzustand.
- Die Überprüfung einer Leseoperation bei Platzierung mehrerer *Tags* unterschiedlichen Types im Lesebereich des NFC-Forum Gerätes.
- Die Überprüfung einer Schreiboperation.

Die Analyse der einzelnen Testfälle ergab eine gute Abdeckung für die Überprüfung der Interoperabilität, da zum Beispiel die Geräte mit allen *Tag Types* verifiziert werden. Für die Distanzmessungen wurden keine räumlichen Positionen definiert. Es müssen nur drei Messungen innerhalb der vorgegebenen Abstände (0 bis 10 mm, 10 bis 50 mm und 50 bis 100 mm) durchgeführt werden. Nur ein Testfall beschreibt die Messung des kürzesten Abstandes, wo eine Detektierung nicht mehr möglich ist. Wird nur die Interoperabilität überprüft, genügen diese Testfälle. Um jedoch die Performance der Ge-

räte bis an die Grenzen der Funktionalität zu testen, müssen weitere Untersuchungen durchgeführt werden. Betrachtet man das Beispiel einer Kassentransaktion, so wird der Kunde sein Mobiltelefon nicht immer an der idealen Stelle am Lesegerät positionieren. In diesem Fall kann man durch räumliche Messungen Funklöcher und Bereiche mit verminderter Feldstärke zwischen dem Lesegerät und dem Mobiltelefon identifizieren und die ideale Position mit einer Markierung am Lesegerät versehen.

Es gibt mehrere Ansätze für die räumliche Aufnahme von Messpunkten. Am schnellsten würde man mit einer Simulation der Felder zu ersten Resultaten kommen. Da die theoretischen Ergebnisse aber nicht auf die Überprüfung der Kompatibilität anwendbar sind, wurde dieser Ansatz gleich zu Beginn verworfen. Eine weitere Möglichkeit wäre die Messung der magnetischen Felder mit einem geeigneten Messaufbau durchzuführen, um daraus Unregelmäßigkeiten der Feldausstrahlungen ermitteln zu können. In diesem Fall kann jedoch keine Überprüfung der Interoperabilität von Geräten stattfinden.

Jedes NFC-Gerät verfügt selbst über die Information des Verbindungsaufbaus. Deshalb kann eine Detektionsmessung auch ohne zusätzliche Messinstrumente durchgeführt werden. Da die meisten Testobjekte mobile Endgeräte sind, kann diese Statusabfrage des Verbindungsaufbaus kabellos erfolgen. Aus den Überlegungen entstand das Konzept eines Testroboters für automatisierte Messungen. Während ein NFC-Gerät bzw. ein NFC-Forum *Tag* fix am Messaufbau montiert wird, agiert die Gegenstelle dynamisch in Bezug zum statischen Messobjekt. Für die automatisierte, dreidimensionale Aufnahme der Messpunkte benötigt der Testroboter drei Bewegungsachsen, die von einer *Testsuite* gesteuert werden. Neben der Detektion der Geräte untereinander, kann auch die induzierte Spannung mittels Oszilloskop gemessen werden. Im folgenden Kapitel wird der Aufbau des Testroboters beschrieben.

3 TECHNISCHE REALISIERUNG DES TESTROBOTERS

Das Konzept eines Testroboters für die automatisierte Verifikation der NFC-Schnittstelle wurde im Forschungsprojekt umgesetzt. Die dreidimensionale Bewegung der dynamischen Testobjekte wurde mittels Zahnriemenantrieben in drei Linearführungen realisiert. Die maximale Auslenkung in allen drei Dimensionen beträgt 191 mm (765 Schritte), wobei die kleinste Schrittweite der Schrittmotoren 0,25 mm ist. Es wurden drei Geschwindigkeiten definiert: 30 mm/s, 2,8 mm/s und 0,7 mm/s. Die Ansteuerung der Schrittmotoren für die Zahnriemen erfolgt über einen Mikroprozessor auf einer Steuerungsplatine. Das implementierte Programm auf dem Mikroprozessor regelt die Positionierung des Testroboters, die Bestimmung des Ursprunges und die Einhaltung der mechanisch vorgegebenen Grenzen. Die Befehle für die Positionierung des Roboters werden von der *Testsuite* über die USB-Schnittstelle an den Mikroprozessor gesendet. Hierfür wurde ein einfaches, proprietäres Protokoll implementiert. In Abbildung 1 ist der mechanische Aufbau des Testroboters für die dreidimensionalen Messungen dargestellt.



Abbildung 1. Mechanischer Aufbau des Testroboters. Durch die Verwendung von Plexiglasabstandhalter wird eine Beeinflussung des Feldes durch metallische Komponenten vermieden.

Die Testabläufe müssen per Skriptsprache individuell für jede Geräteart (wie z.B. Mobiltelefon, Lesegerät oder PDA) implementierbar sein. Da in Python die Anbindung der Schnittstellen, die zwei- und dreidimensionalen Ausgaben der Messdaten, die Einbindung der Datenbank und die Benutzeroberfläche einfach und effizient implementiert werden können, wurde die *Testsuite* vollständig in dieser Skriptsprache realisiert. Die *Testsuite* ist verantwortlich für die manuelle und autonome Ansteuerung des Roboters, für die Kalibrierung und Einstellungen der angeschlossenen Messinstrumente, für die Auswertung und Speicherung der Messdaten in einer Datenbank und für die dreidimensionale Ausgabe der Messergebnisse.

Die Testfälle können in zwei Kategorien unterteilt werden: die Detektion eines passiven NFC-Gerätes oder eines *Tags* durch ein aktives NFC-Gerät und die Erfassung von Messdaten im NFC-Feld zwischen zwei Testobjekten. Für die Erfassung der Messdaten muss ein entsprechendes Messinstrument über USB oder Ethernet mit der *Testsuite* verbunden werden. Derzeit ist das Oszilloskop MSO6032A von Agilent für die Messung der in einer HF-Antenne induzierten Spannung im Einsatz. Die Integration von Messinstrumenten, wie ein Protokollanalysator oder ein Netzwerkanalysator, ist durch Anpassung der *Testsuite* möglich.

Für die Detektionsmessung muss das zu testende Objekt mit der *Testsuite* kommunizieren, um den Status des Verbindungsaufbaus zu übermitteln. Da die Testobjekte mit unterschiedlichen Schnittstellen wie *Bluetooth*, GPRS, WLAN oder PC/SC ausgestattet sind, wurde ein eigener *Mobile Server* für den Kommunikationsaufbau eingerichtet. Betrachtet man ein Mobiltelefon als Testobjekt, dann können die Statusabfragen kabellos über GPRS an den *Mobile Server* und weiter zur *Testsuite* gesendet werden.

4 AUSWERTUNG VON MESSERGEBNISSEN

Mit dem Testroboter wurden NFC-Mobiltelefone, kontaktlose Kartenlesegeräte, PDAs mit einer NFC-SD-Karte und *Smartcards* verifiziert. Für dieses *Paper* wurden die Messergebnisse einer Detektionsmessung mit einem NFC-Mobiltelefon und einer Messung der induzierten Spannung eines NFC-Lesegerätes ausgewählt.

4.1 Detektionsmessung

Für diese Detektionsmessung wurde ein Samsung SGH-X700N Mobiltelefon verifiziert. Eine *Smartcard* im NFC-Feld des Mobiltelefons diente als zu detektierendes Objekt. Die Übermittlung des Detektionsstatus erfolgte über GPRS. Da ein direkter Kontakt der beiden Testobjekte aus mechanischen Gründen nicht möglich ist, beträgt der kleinste Abstand zueinander 10 mm. Die zwei- und dreidimensionalen Messergebnisse sind in Abbildung 2 dargestellt.

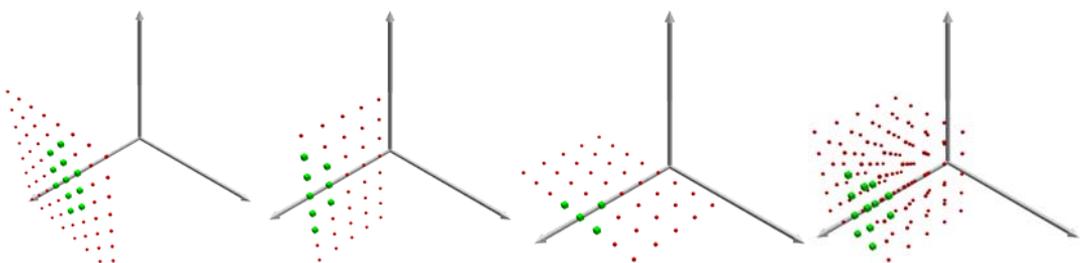


Abbildung 2. Ergebnisse der Detektionsmessung dargestellt in den drei Schnittebenen mit jeweils 8×8 Messpunkten (160×160 mm) und in einem dreidimensionalen Würfel mit 5×5×5 Messpunkten (100×100×100 mm). Der Abstand der Messpunkte beträgt jeweils 20 mm.

Aus den Grafiken ist ersichtlich, dass das Mobiltelefon in keine Richtung die gemäß Teststandard geforderten 100 mm schaffte. Die ersten erfolglosen Detektionspunkte, bezogen zum Mittelpunkt, wurden in x-Richtung bei 50 mm, in y-Richtung bei 41 mm und in z-Richtung bei 81 mm gemessen. Die Schrittweite der Messpunkte könnte noch verkleinert werden, um ein genaueres Ergebnis zu erzielen. Darauf wurde aber aufgrund der Übersichtlichkeit der Grafiken verzichtet. Dieses Mobiltelefon von Samsung ist eines der ersten, das mit der NFC-Technologie ausgestattet wurde. Darin könnte die schlechte Empfangsqualität begründet werden.

4.2 Messung der Feldamplituden

Die Messungen der induzierten Spannungen wurden mit dem Oszilloskop Agilent MSO6032A durchgeführt. Für die Erfassung der Feldsignale wurde eine NFC-Referenzantenne mit sechs Windungen von NXP Semiconductors verwendet. Die Beschreibung, der Aufbau und die formellen und messtechnischen Analysen dieser Antenne sind in [3] aufgeführt. Als Messobjekt diente ein NFC-fähiges Lesegerät, welches senkrecht am Arm des Testroboters befestigt wurde. Man kann sich das Lesegerät an eine Wand befestigt vorstellen. Der kleinste Abstand vom Lesegerät zum ersten Messpunkt beträgt 10 mm, da die Halterung für die Befestigung etwas vorsteht. Abbildung 3 zeigt die Messergebnisse der Feldamplituden dargestellt in den drei Schnittebenen und in einem dreidimensionalen Quader, wobei in der dreidimensionalen Darstellung nur die Amplitudenwerte größer Null gezeigt werden.

Laut [4] soll die Feldstärke eines Lesegerätes bei einem Abstand von $x = 0$ m zur *Smartcard* 1,5 A/m nicht unter- und 7,5 A/m nicht überschreiten. Die Messung ergab eine maximale Feldstärke bei $x=10$ mm von 5,7 A/m. Bei einem Abstand von 8,5 cm wurde eine Feldstärke von 0,45 A/m gemessen, die über der geforderten Ansprechfeldstärke von mindestens 115 mA/m liegt [4].

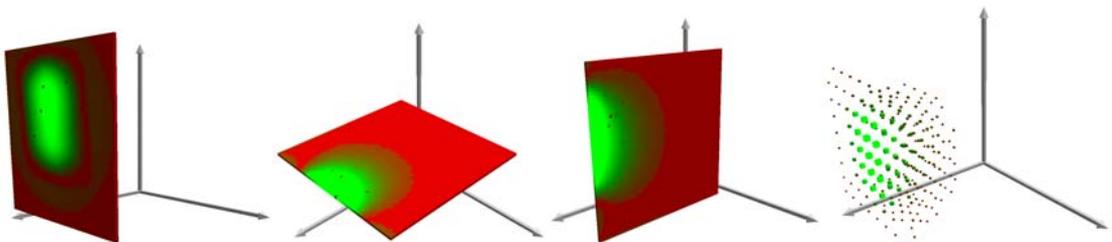


Abbildung 3. Messergebnisse der Feldamplituden eines NFC-Lesegerätes dargestellt in den drei Schnittebenen mit jeweils 60×60 Messpunkten (150×150 mm) und in einem dreidimensionalen Würfel mit $10 \times 10 \times 10$ Messpunkten ($150 \times 150 \times 150$ mm). In der dreidimensionalen Ansicht werden nur die Amplitudenwerte größer Null gezeigt.

5 ERKENNTNISSE UND AUSBLICK

Aus den Ergebnissen der beiden Messungen ist ersichtlich, dass die aktuellen Geräte noch nicht alle dem geforderten Standard des NFC-Forums entsprechen. Die Kommunikation der getesteten Geräte funktioniert bis zu einem Abstand von etwa 4 bis 8 cm, darüber hinaus kann ein korrekter Verbindungsaufbau nicht mehr garantiert werden. Derzeit ist nur ein NFC-Mobiltelefon kommerziell in Europa erhältlich. Zukünftig sollen die neu auf den Markt kommenden Geräte den Testreihen hinzugefügt werden. Die FH OÖ Forschungs & Entwicklungs GmbH bietet Unternehmen kostengünstig die Möglichkeit ihre NFC-Geräte hinsichtlich Interoperabilität und Performance zu überprüfen, um Kompatibilitätsfehler und Performanceschwächen aufzudecken. Ein weiterer positiver Aspekt der Tests ist die Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit. So kann zum Beispiel ein Aufkleber am Lesegerät auf die Position mit der besten Empfangswahrscheinlichkeit aufmerksam machen.

Um das Spektrum der Testfälle zu vervollständigen, ist die Integration eines NFC-Protokollanalysators in die *Testsuite* geplant. Somit kann ein Fehler nicht nur aufgedeckt, sondern auch dessen Ursache analysiert und ergründet werden.

6 DANKSAGUNG

Fördergeber des Forschungsprojektes im Rahmen des FIT-IT-Programmes ist das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT) und die Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft mbH (FFG). Die Autoren danken auch den Industriepartnern mobilkom austria, NXP Semiconductors und ASSA ABLOY ITG für Ihre Unterstützungen.

REFERENZEN

- [1] NFC Forum, (2007): Plugfest Events Description and rules for participation, Version 0.43.
- [2] NFC Forum, (2007): NFC Forum Plugfest Test Cases, Version 1.10.
- [3] NXP Semiconductors, (2005): NFC Transmission Module Antenna and RF Design Guide, Version 2.0
- [4] Finkenzeller, K. (2006): RFID Handbuch. Carl Hanser Verlag, München Wien.