

Near Field Communication

Andrea Cuno
Betreuer: Tobias Bandh
Seminar Future Internet SS2010
Lehrstuhl Netzarchitekturen und Netzdienste
Fakultät für Informatik, Technische Universität München
Email: cunoa@in.tum.de

KURZFASSUNG

Near Field Communication (NFC) ist die Bezeichnung für eine neue drahtlose Technologie, die die Kommunikation zwischen zwei Geräten ermöglicht, wobei die Distanz zwischen diesen wenige Zentimeter beträgt. Die Funktionsweise von NFC baut auf anderen, bereits genutzten Technologien auf. Dabei unterstützt der NFC-Standard verschiedene Kommunikationsformen. Dies trägt dazu bei, dass die Technologie in vielen unterschiedlichen Bereichen zum Einsatz kommen kann. Das Bezahlen mit NFC-fähigen Handys, Ticketing und schnelle, einfache Informationsübertragung sind nur einige Anwendungsfelder.

Schlüsselworte

NFC, RFID, Smart Card, Tags, Peer-to-Peer-Kommunikation

1. EINLEITUNG

Die 2002 gemeinsam von Sony und NXP Semiconductors entwickelte Near Field Communication ermöglicht eine drahtlose Verbindung zwischen zwei Geräten oder Gegenständen, indem sie nahe aneinander gehalten werden. Dabei ermöglicht Near Field Communication sowohl lesenden, als auch schreibenden Zugriff. Die Datenübertragung bei NFC erfolgt auf einer festgelegten Frequenz und die Datenübertragungsrate beträgt derzeit bis zu 424 kbit/s. Zwischen den kommunizierenden Geräten besteht eine Entfernung von circa 0 bis 10 cm. Sobald zwei NFC-fähige Geräte sich innerhalb dieses Abstands befinden, wird die Verbindung hergestellt. Die geringe Distanz erschwert ungewolltes Abhören, was zur Sicherheit für die Datenübertragung beiträgt.

Die neue Technologie basiert auf bereits großflächig genutzten Techniken wie RFID und Smart Cards. Ein Teil der heutigen Mobiltelefone ist schon mit NFC-Support ausgestattet. Zudem werden verschiedene Anwendungen in Pilotprojekten verwirklicht und getestet.

Im Folgenden werden zunächst die grundlegenden Technologien, auf denen NFC aufbaut, vorgestellt, sowie die technische Funktionsweise der Near Field Communication erläutert. Anschließend werden die wichtigsten Anwendungsgebiete aufgezeigt, sowie einige konkrete Anwendungsbeispiele ausführlicher behandelt. Im vierten Abschnitt folgt eine kurze Zusammenfassung und ein Ausblick.

2. WIE IST NFC TECHNISCH REALISIERT?

Die Near Field Communication baut auf anderen Technologien auf, hat aber eigene Schlüsselmerkmale, die sie von diesen Technologien abgrenzen.

2.1 Eingesetzte Technologien

Die technische Realisierung der Datenübertragung bei NFC basiert auf der so genannten RFID-Technologie (Radio Frequency Identification). Um einen sicheren Datenaustausch zu ermöglichen, sind in der NFC-Technologie zudem Sicherheitsmaßnahmen integriert, die bereits in Smart Cards eingesetzt werden.

2.1.1 Radio Frequency Identification - RFID

RFID ist eine Technik für die kontaktlose Identifikation beziehungsweise für die Datenerfassung und -speicherung. Die Datenübertragung bei RFID erfolgt, indem ein elektromagnetisches Feld erzeugt wird.

In einem RFID-System existieren so genannte Tags und Lesegeräte. Ein Lesegerät dient dazu, Daten, die auf einem Tag gespeichert sind, zu lesen und gegebenenfalls auch auf den Tag zu schreiben. Für eine weitere Auswertung können die Daten, die das Lesegerät erfasst hat, weitergeleitet werden. Tags sind RFID-Transponder, die zum Beispiel an einem Produkt befestigt sind. Sie bestehen aus einem Mikrochip und einer Spule als Antenne (siehe Abb. 1). Es existieren

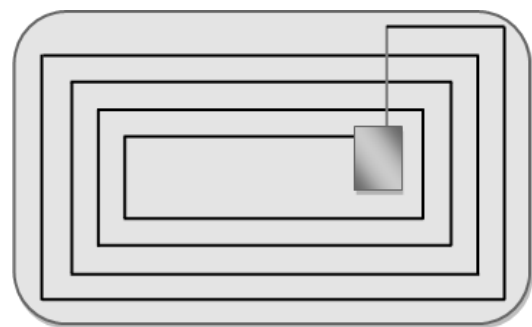


Abbildung 1: RFID-Tag mit Spule und Chip

zwei verschiedene Arten von Tags, wobei der wesentliche Unterschied in der Energieversorgung der Transponder besteht. Bei aktiven Tags stellt diese eine kleine eingebaute Batterie

sicher. Passive Tags hingegen besitzen keine eigene Energieversorgung. Stattdessen beziehen sie mithilfe der Spule ihre Energie aus dem elektromagnetischen Feld, das das Lesegerät erstellt.

Bei passiven Tags ist eine maximale Entfernung von circa 120 cm zwischen Lesegerät und Tag gegeben. Mit aktiven RFID-Tags hingegen ist eine Reichweite von 100 m möglich. Zudem ist die mögliche Datenübertragungsraten bei passiven Tags geringer als bei aktiven Tags.

Für die RFID-Technik existieren verschiedene mögliche Frequenzbereiche. Nachfolgend sind einige häufig eingesetzte Frequenzen aufgelistet.

Tabelle 1: RFID-Frequenzen

Frequenzbereich	max.Reichweite	Übertragungsraten
125–134 kHz	0,5 m	<1kbit/s
13.56 MHz	1,5 m	25 kbit/s
433 MHz	100 m	30 kbit/s
865 – 956MHz	5 m	30 kbit/s
2.45 GHz	10 m	100 kbit/s

Die Frequenzbereiche unterscheiden sich vor allem in der möglichen Reichweite und der Geschwindigkeit der Datenübertragung [24]. In Abhängigkeit ihrer Eigenschaften werden diese Frequenzen in verschiedenen Anwendungsbereichen von RFID eingesetzt.

2.1.2 Smart Cards

Smart Cards, auch Prozessorchipkarten genannt, sind Chipkarten, die über einen Mikroprozessor, einen Speicher und ein Betriebssystem verfügen.

Üblicherweise gibt es in Smart Cards keine Möglichkeit, direkt auf die gespeicherten Daten auf der Karte zuzugreifen. Stattdessen erfolgt der Zugriff über den Mikroprozessor. Da auf diesem Mikroprozessor verschiedene anwendungsspezifische Programme laufen können, ermöglichen Smart Cards viele unterschiedliche Funktionen, die über einfache Datenspeicherung und Datenzugriff hinausgehen. Zu diesen Funktionen gehören verschiedene Sicherheitsdienste wie Authentifikation, Verschlüsselung, Signatur und Autorisierung. Auch auf der Hardwareebene existieren Vorkehrungen für eine sichere Datenübertragung und Datenspeicherung. Um Manipulationen zu verhindern, besitzen Smart Cards Sensoren, die Änderungen in der Umgebung erkennen. Dazu gehören Temperatur-, Frequenz- und Spannungssensoren. Wenn mittels dieser Sensoren bestimmte Grenzwerte überschritten werden, wird in der Smart Card ein Reset ausgelöst, beziehungsweise die Karte wird unbrauchbar gemacht.

Neben weitergehenden Schutzmaßnahmen gibt es zudem eine Passivierungsschicht auf dem Chip. Sobald diese entfernt wird, führt dies zur Deaktivierung der Karte.

2.2 Funktionsweise von NFC

Die Technik der Datenübertragung baut auf der RFID-Technologie auf. Im Gegensatz zu RFID arbeitet NFC jedoch immer auf einer Frequenz von 13,56 MHz. Diese Frequenz ist unlizenziiert und weltweit verfügbar.

Die Reichweite bei der Datenübertragung mittels NFC beträgt circa 0 bis 10 cm. Derzeit liegen die möglichen Übertragungsraten bei 106 kbit/s, 212 kbit/s und 424 kbit/s.

Bei der Beschreibung des Kommunikationsablaufes werden die Begriffe Initiator und Target unterschieden.

- Initiator - das NFC-Gerät, das die Kommunikation startet
- Target - das Gerät, das auf eine Anfrage antwortet

Es existieren zwei verschiedene Verfahren für die Datenübertragung bei NFC, der aktive und der passive Modus.

Im so genannten aktiven Modus erzeugen Initiator und Target jeweils ein eigenes elektromagnetisches Feld, um die Daten zu übertragen.

Bevor der Initiator die Kommunikation startet und sein elektromagnetisches Feld aufbaut, wird geprüft, ob ein anderes Feld in der Umgebung bereits existiert. Falls dies nicht zutrifft, erstellt das Gerät sein eigenes Feld. Dadurch wird das Target, mit dem die Kommunikation stattfinden soll, aktiviert und die Datenübertragung kann stattfinden. Das Senden der Daten erfolgt dabei immer im Wechselbetrieb, das heißt, immer nur jeweils eines der beiden Geräte kann zu einer Zeit senden.

Für die Datenübertragung wird ein Schwingkreis erzeugt. Das bedeutet, zwischen dem im NFC-Gerät eingebauten Kondensator und der Spule wird die Energie abwechselnd umgelagert. Dafür müssen die beiden Komponenten korrekt aufeinander abgestimmt sein. Die Daten werden dann durch Amplitudenmodulation übertragen [5].

Im passiven Modus hingegen erzeugt nur der Initiator ein elektromagnetisches Feld und das Target antwortet, indem es die angeforderten Daten durch Lastmodulation sendet. Als Voraussetzung für die Lastmodulation muss die Sendefrequenz des Lesegerätes und die Eigenresonanzfrequenz des Tags gleich sein. Lastmodulation bedeutet, dass das Target das elektromagnetische Feld, das der Initiator erzeugt, verändert, indem es dem Feld Energie entzieht [5]. Das kann das Lesegerät registrieren. Durch das Ein- beziehungsweise Ausschalten eines Lastwiderstandes im Tag wird diese Rückwirkung auf das Lesegerät verändert. Wenn nun das Ein- und Ausschalten des Lastwiderstandes durch Daten gesteuert wird, kann das Lesegerät die Daten auf diesem Weg erfassen.

Im Allgemeinen sind Geräte mit NFC-Support in der Lage, zwischen dem aktiven und passiven Modus zu wechseln. Jedes NFC-Gerät ist standardmäßig im passiven Modus. Der passive Modus ist aus Energiespargründen vor allem bei Geräten mit Akku-Betrieb sinnvoll. Zudem kann im passiven Modus selbst dann gesendet werden, wenn das NFC-Gerät ausgeschaltet ist. Das ist zum Beispiel nützlich für Zutrittsysteme, in denen ein NFC-fähiges Mobiltelefon auch im ausgeschalteten Zustand von einem Lesegerät gelesen werden kann und so für den Zugang berechtigt.

Wenn die Anwendung es erfordert, wechselt das Gerät in den aktiven Modus, das heißt, es kann jetzt als Initiator agieren. Neben NFC-fähigen Geräten, die ihren Modus wechseln können, gibt es auch einfache passive NFC-Tags. Diese befinden sich immer im passiven Modus. Sie können gelesen werden, sind jedoch nie Initiator einer Kommunikation mit einem anderen Gerät.

NFC-Geräte können zwischen folgenden standardisierten Kommunikationsarten wechseln (vgl. Abb. 2).

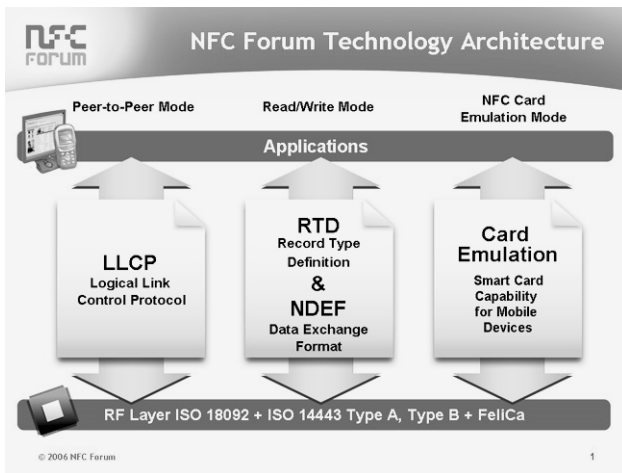


Abbildung 2: NFC-Kommunikationsarten [10]

- Peer-to-Peer Modus - Dieser Modus ermöglicht, dass zwei gleichberechtigte NFC-Geräte Daten miteinander austauschen. Beide Kommunikationspartner befinden sich im aktiven Modus. Dabei wird das Logical Link Control Protocol (LLCP) verwendet. Es unterstützt die bidirektionale Kommunikation zwischen zwei NFC-fähigen Geräten. LLCP spezifiziert zwei Arten der Kommunikation, die verbindungsorientierte und die verbindungslose Kommunikation [18].
- Read/Write-Modus - Im Read/Write-Modus ist das NFC-Gerät im aktiven Modus und kann von allen Tag-Arten lesen, die vom NFC Forum spezifiziert sind. Dabei muss das Datenformat dem NFC Data Exchange Format (NDEF) entsprechen. Das NDEF spezifiziert das Datenformat für die Datenübertragung zwischen NFC-fähigen Geräten und Tags. Die Record Type Definition (RTD) spezifiziert standardisierte Aufzeichnungstypen für die Datenübermittlung.
- NFC Card Emulation Modus - In diesem Modus erscheint das NFC-Gerät für ein externes Lesegerät wie eine kontaktlose Smart Card. Dieser Modus ist wichtig für NFC-Anwendungen, bei denen bereits bestehende Infrastrukturen genutzt werden sollen. Im Gegensatz zum Peer-to-Peer-Modus findet die Kommunikation im Card-Emulation-Modus nicht bidirektional statt. Es befindet sich im passiven Modus und es kann nur von dem Gerät gelesen werden.

Durch diese verschiedenen Modi deckt der NFC-Standard mehrere Formen der Datenübertragung ab und ist somit für verschiedene Anforderungen geeignet.

Damit der Einsatz von NFC-Technologie auch in sicherheitskritischen Anwendungen möglich ist, wurde die Technologie, die in Smart Cards für die Sicherheitsvorkehrungen existiert, in NFC integriert (vgl. Abschnitt 2.1.2). Dazu gehören unter anderem Sicherheitsdienste wie Verschlüsselung. Konkrete sicherheitstechnische Gefahren und entsprechende Schutzmaßnahmen werden in der Arbeit „Security in NFC“ von

Haselsteiner und Breitfuß [7] ausführlich behandelt .

2.3 Abgrenzung zu anderen Technologien

NFC unterscheidet sich von anderen Übertragungstechnologien, wie Bluetooth, durch einige wichtige Merkmale. Dazu gehört die sehr kurze Entfernung zwischen den beiden beteiligten Geräten, die circa 0 bis 10 cm, maximal jedoch 20 cm beträgt. Die Datenübertragungsrate bei der Near Field Communication ist mit derzeit bis zu 424 kbit/s im Vergleich zu anderen drahtlosen Übertragungstechniken ebenfalls recht gering (s. Abb. 3). Diese beiden Eigenschaften stehen im Einklang mit dem Verwendungszweck von NFC, nicht sehr große Datenmengen über eine kurze Entfernung zu übertragen.

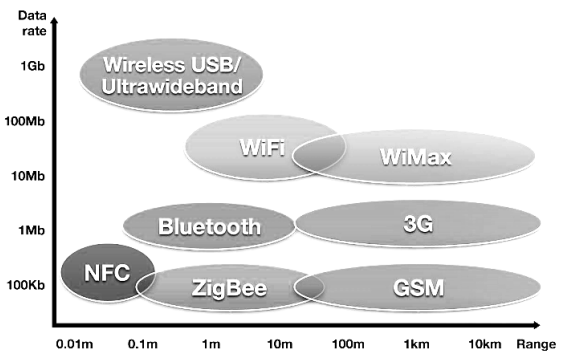


Abbildung 3: Drahtlose Verbindungstechniken [10]

Zudem zeichnet sich NFC durch den sehr schnellen Verbindungsaufbau aus, der innerhalb weniger Millisekunden stattfindet.

Im Vergleich zu Barcodes oder QR-Codes (Quick Response Codes) hat NFC den Vorteil, dass kein Sichtkontakt für die Datenübertragung notwendig ist. Abgesehen davon hat NFC umfangreichere und flexiblere Möglichkeiten, mit anderen Geräten oder Tags zu kommunizieren, wie beispielsweise die Peer-to-Peer-Kommunikation. Diese ist ein wichtiges Merkmal von NFC. Sie grenzt die Technologie auch von RFID ab, da RFID keine Peer-to-Peer-Kommunikation unterstützt.

3. ANWENDUNGEN

Langfristig könnte in vielen Gegenständen des Alltags NFC-Technologie integriert sein, wie in Mobiltelefonen, Türen, Fahrkartenautomaten, Parkuhren, Verkaufskassen und Geldautomaten. Vor allem der Einsatz in Mobiltelefonen ermöglicht viele neue Anwendungen. Im folgenden Abschnitt wird zunächst ein Einblick in die Einsatzbereiche gegeben. Anschließend werden einige konkrete Beispiele näher dargestellt.

3.1 Anwendungsbereiche

Die Anwendungsbereiche Service Initiation, Peer-to-Peer und Payment and Ticketing umfassen sämtliche Anwendungen,

die die Near Field Communication ermöglicht. Die Verbindung zwischen diesen Bereichen stellen NFC-fähige Geräte dar, die in Anwendungen aus allen Bereichen eingesetzt werden können, wie beispielsweise NFC-fähige Mobiltelefone.

3.1.1 Service Initiation

Der Anwendungsbereich Service Initiation umfasst alle Anwendungen, bei denen mittels NFC Daten zu einer Dienstleistung oder einem Produkt abgerufen werden, wie die Adresse einer Website, eine Telefonnummer oder andere zusätzliche Informationen. Ein häufig genanntes Beispiel in diesem Zusammenhang stellen Smart Posters dar. Diese Plakate sind mit einem NFC-Tag ausgestattet und liefern weitere Informationen an ein NFC-Gerät, wenn es sich in einem entsprechenden Abstand befindet.

3.1.2 Peer-to-Peer

Beim Anwendungsbereich Peer-to-Peer werden zwischen zwei NFC-fähigen Geräten Daten ausgetauscht. Eine denkbare Anwendung ist hier die Verbindung zwischen einer Kamera und einem Drucker oder einem externen Bildschirm, um Fotos drahtlos auszudrucken beziehungsweise an einem Bildschirm zu betrachten. Des Weiteren ist die Datenübermittlung zwischen zwei NFC-fähigen Mobiltelefonen ein Beispiel für Peer-to-Peer-Anwendungen. Der Austausch der elektronischen Visitenkarten findet so durch Berührung der beiden Handys statt. Die Verbindung wird dabei automatisch initialisiert.

3.1.3 Payment and Ticketing

Payment and Ticketing umfasst sämtliche Anwendungen, in denen mittels NFC-unterstützter Geräte Zahlungen erfolgen oder Zugangsberechtigungen in dem Gerät gespeichert werden und abrufbar sind. Zutrittssysteme mit NFC-Technik existieren bereits, ebenso wie elektronische Tickets. Auch die Möglichkeit mit NFC-fähigen Handys zu bezahlen, wurde vereinzelt schon umgesetzt.

3.2 Konkrete Anwendungsbeispiele

Im Folgenden werden einige konkrete Beispiele für Anwendungen mit NFC-Support beschrieben.

3.2.1 NFC im Mobiltelefon

Derzeit beträgt der Anteil an NFC-fähigen Mobiltelefonen circa 2 bis 3 Prozent. Die Verbreitung nimmt jedoch zu (vgl. Abb.4). Ein wesentlicher Anteil von NFC-fähigen Mobiltelefonen stellt eine Grundlage dar, um größere Projekte und Anwendungen zu verwirklichen und an den Kunden heranzutragen.

Die Abbildung 5 zeigt die Veranschaulichung der Komponenten in einem Mobiltelefon mit NFC-Support. Zusätzlich zu den normalen Funktionen eines Mobiltelefons, wofür der Application Processor und die SIM Card zuständig sind, gibt es in NFC-Handys weitere Anforderungen. Für die Kommunikation mit anderen NFC-Geräten, Tags und Lesegeräten existiert ein NFC-Controller. Dabei wird je nach Kommunikationsform und -partner über das Peer-to-Peer-Interface,

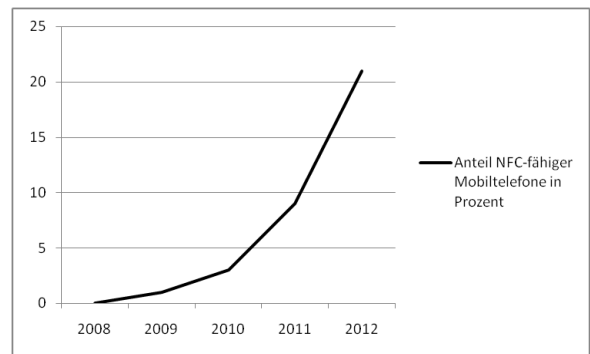


Abbildung 4: Anteil der NFC-fähigen Mobiltelefone am Gesamtmarkt [1]

das Reader-/Writer-Interface oder das Card Emulation Interface gearbeitet.

Für Anwendungen, die eine höhere Sicherheit erfordern, ist in diesem Modell von einem NFC-fähigen Mobiltelefon eine Smart Card integriert.

Die Kommunikation zwischen dem Application Processor

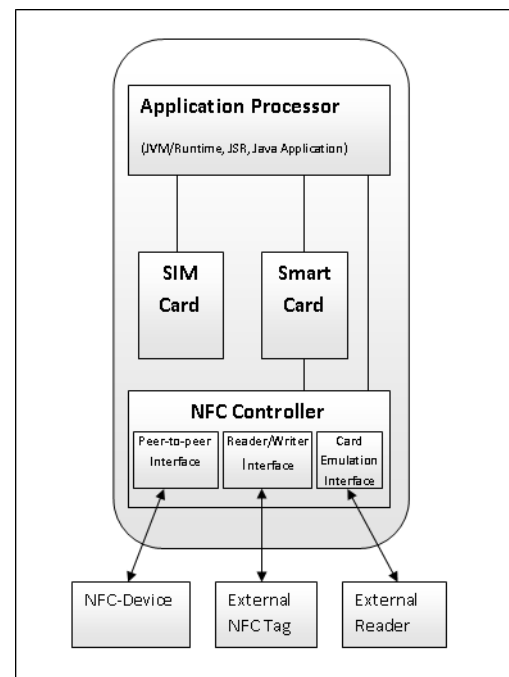


Abbildung 5: Komponenten in einem NFC-fähigen Mobiltelefon

und der SIM beziehungsweise der Smart Card erfolgt über so genannte Application Protocol Data Units (APDU). Diese sind Kommunikationseinheiten, die zwischen der Karte und der Anwendung übermittelt werden. Man unterscheidet dabei zwischen Kommando- und Antwort-APDUs [21]. Für eine direkte Kommunikation zwischen SIM Card und NFC-Controller kann das Single Wire Protocol (SWP) verwendet werden [9].

3.2.2 Touch&Travel

Durch NFC soll das Mobiltelefon zur mobilen Fahrkarte für öffentliche Verkehrsmittel werden. Die Testphase von Touch&Travel begann im Jahr 2008 und wurde seither auf mehrere Pilotgebiete erweitert, darunter Berlin und das Ruhrgebiet [2]. Alle Testkunden erhalten ein NFC-fähiges Mobiltelefon. Des Weiteren existieren an jedem dazugehörigen Bahnhof sogenannte Touchpoints. In diesen ist ein passiver NFC-Tag integriert, dessen Daten von dem NFC-fähigen Handy gelesen werden können. Wenn Touch&Travel für eine Reise genutzt wird, muss sich der Passagier mit seinem Mobiltelefon bei Fahrtbeginn und Fahrtende an einem Touchpoint an- beziehungsweise abmelden. Dabei arbeitet das Handy mit dem Read/Write-Modus, agiert also wie ein Lesegerät. Aus den erfassten Daten ermittelt ein Hintergrundsystem die gefahrene Strecke und die benutzten Verkehrsmittel, sowie den Fahrpreis. Die Daten sämtlicher Fahrten werden monatlich gesammelt, in einer Rechnung zusammengefasst und an den Kunden versandt.

3.2.3 Mobile Payment

Mobile Payment, kurz M-Payment, bezeichnet sämtliche Bezahlvorgänge, bei denen der Zahlungspflichtige mobile elektronische Kommunikationstechniken einsetzt.

Bei der Umsetzung von Mobile Payment muss unterschieden werden, welchem Zweck die Anwendung dienen soll. Zum einen gibt es Bezahlmöglichkeiten, die auf geringe Beträge und bestimmte Einsatzszenarien begrenzt sind, zum anderen solche, die in jeder Zahlungssituation eingesetzt werden können.

- Ersteres wurde bereits durch mobilkom austria in einem Feldversuch realisiert. Dabei ermöglicht ein NFC-fähiges Mobiltelefon, am Automaten Produkte zu erwerben. Sobald der Kunde das Handy an den Touchpoint hält, erscheinen auf dem Display die notwendigen Informationen, um den Kauf abzuwickeln. Auf diese Art und Weise können Kunden Fahr-, Park-, Lottoscheine und Snacks am Automaten kaufen. In einem ersten Schritt könnte sich NFC in Mobiltelefonen daher als Zahlungsmethode für kleinere Beträge, wie in diesem Beispiel, durchsetzen.
- Um NFC in jeder Zahlungssituation einsetzen zu können, ist eine wichtige Voraussetzung, dass die Transaktionen auf bestehender Infrastruktur geschehen können. In diesem Zusammenhang spielt der Card-Emulation-Modus von NFC-Geräten eine wichtige Rolle. Zudem muss die Koordinierung zwischen Banken und Mobilfunkanbietern geklärt sein, wenn NFC-fähige Handys wie Kreditkarten eingesetzt werden sollen.

Ein großer Vorteil von Mobile Payment im Zusammenhang mit NFC-fähigen Handys ist die verbesserte Kontrolle des Benutzers. Der Nutzer kann den aktuellen Kontostand jederzeit einsehen. Jeder Zahlungsvorgang wird protokolliert und der Kunde kann ihn schnell und problemlos an seinem Mobiltelefon überprüfen.

An diesem Punkt stellt sich jedoch die Frage nach dem Datenschutz und wie Situationen gehandhabt werden, in denen

ein solches Mobiltelefon verloren geht oder in falsche Hände gerät.

4. ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK

Die Near Field Communication stellt sich bei näherer Betrachtung als sehr vielseitige Technologie dar. Sie bietet verschiedene Kommunikationsformen an und die Datenübertragung selbst kann dabei ebenfalls auf unterschiedliche Art geschehen. Des Weiteren gibt es neben NFC-Geräten, die zwischen diesen Kommunikations- und Übertragungsformen wechseln können, auch einfache Tags, die nur gelesen werden können.

Die Handhabung der Datenübertragung mittels NFC gestaltet sich dabei unkompliziert und die Datenübertragung geht zügig vonstatten.

Durch die flexible Gestaltung der Technologie gibt es für NFC sehr viele Anwendungsmöglichkeiten. Als wichtigste Anwendung könnte sich die Integration von NFC-Technologie in Mobiltelefonen herausstellen. In Verbindung mit NFC-fähigen Handys ergeben sich weitere mögliche Anwendungen, bei denen ein Handy mit einem anderen NFC-Gerät oder Tag kommuniziert. Langfristig wird die Technologie daher wahrscheinlich den Trend verstärken, dass immer mehr Funktionen auf das Handy verlagert werden.

Der großflächige Einsatz von NFC-Anwendungen wird allerdings im Augenblick noch durch die mangelnde Verbreitung von NFC-fähigen Mobiltelefonen und anderen Geräten mit NFC-Support gebremst. Trotzdem lassen die vielen Feldversuche und Projekte, die sich mit NFC-Technologie beschäftigen, vermuten, dass sich immer mehr NFC-basierte Anwendungen im Markt durchsetzen werden.

5. LITERATUR

- [1] ABI Research, Zugriff unter *Waving at the Future with NFC*, <http://www.nttdocomo.com/features/nfc/>, 2009
- [2] Deutsche Bahn, *Touch&Travel*, www.touchandtravel.de, 2010
- [3] T. Eichstädt, *Vortrag zur Studienarbeit - Entwicklung eines HITAG 1 Kartenlesers*, http://www.rrzn.uni-hannover.de/fileadmin/ful/kolloquium/vortrag-eichstaedt_01.pdf, Universität Hannover, 2005
- [4] C. Enrique Ortiz, *An Introduction to Near-Field Communication and the Contactless Communication API*, <http://java.sun.com/developer/technicalArticles/javame/nfc/>, 2008
- [5] K. Finkenzeller, *RFID-Handbuch*, Carl Hanser Verlag, ISBN: 3-446-22071-2, 2002
- [6] O. Grimm, *RFID-Technologie - Aufbau, Funktionsweise und technische Anwendungen*, http://www.enduroteam.de/olivergrimm/RFID-Technologie_Aufbau_Funktionsweise_und_technische_Anwendungen.pdf, Technische Universität Ilmenau, 2004
- [7] E. Haselsteiner, K. Breitfuß, *Security in Near Field Communication (NFC)*, Strengths and Weaknesses, <http://events.iaik.tugraz.at/RFIDSec06/Program/papers/002%20-%20Security%20in%20NFC.pdf>, Philips

Semiconductors

- [8] Innovision Research & Technology, *Near Field Communication in the real world - Turning the NFC promise into profitable, everyday applications*, http://www.nfc-forum.org/resources/white_papers/Innovision_whitePaper1.pdf, 2006
- [9] ISO/IEC JTC 1 Information Technology, *SC 17 Proposal for a new work item for a new part of ISO/IEC 7816 – Full-Duplex Single Wire Protocol for Smart Cards*, <http://isotc.iso.org/livelink/livelink/fetch/-8913189/8913214/8913250/8913253/JTC001-N-8018.pdf?nodeid=4745751&vernum=-2>
- [10] J.Main, *NFC Technology Overview* http://www.nfc-forum.org/events/oulu_spotlight/Technical_Architecture.pdf, NFC-Forum, 2009
- [11] C. Miu, *Sicherheit bei Smartcards*, <http://www.informatik.uni-hamburg.de/WSV/teaching/sonstiges/EWA-Folien/Miu-Paper.pdf>
- [12] Konferenz Mobile Commerce Technologien und Anwendungen (MCTA), *M-Payment und NFC - Deutschland im internationalen Vergleich auf der Konferenz MCTA 2009 am 26.-27.1. in Berlin*, <http://www.openpr.de/pdf/271286/M-Payment-und-NFC-Deutschland-im-internationalen-Vergleich-auf-der-Konferenz-MCTA-2009-am-26-27-1-in-Berlin.pdf>, 2009
- [13] mobilkom austria, *NFC: Die kontaktlose Schnittstelle*, www.mobilkom.at/de/nfc
- [14] Mücke Sturm Company, *Chancen für mobile NFC-Services -Bestandsaufnahme und Ausblick*, <http://www.ecc-handel.de/download/67687901/NFC+Studie+V+1+0+-+Short+Version.pdf>, 2009
- [15] NFC-Forum, *Essentials for Successful NFC Mobile Ecosystems*, http://www.nfc-forum.org/resources/white_papers/NFC_Forum_Mobile_NFC_Ecosystem_White_Paper.pdf, 2008
- [16] NFC-Forum, *Near Field Communication in the real world – part 2 - Using the right NFC tag type for the right NFC application*, http://www.nfc-forum.org/resources/white_papers/Innovision_whitePaper2.pdf,
- [17] NFC-Forum, *NFC-Forum - Frequently Asked Questions*, http://www.nfc-forum.org/resources/faqs/Frequently_Asked_Questions_About_NFC_Jan_2010.pdf, 2010
- [18] NFCNews, *NFC Forum releases two new specifications*, <http://www.nfcnews.com/2010/01/27/nfc-forum-releases-two-new-specifications>, 2010
- [19] A. Paus, *Near Field Communication (NFC) in Cell Phones*, http://www.crypto.rub.de/imperia/md/content/seminare/itsss07/slides_near_field_communication.pdf, 2007
- [20] F. Resatsch, *Developing and Evaluating Ubiquitous Computing Applications Using The Example of Near Field Communication in Germany*, Technische Universität München, 2009
- [21] M. Sievänen, *Application Protocol Data Unit*, <http://www.tml.tkk.fi/Studies/T-110.497/2003/lecture4.pdf>
- [22] smartNFC, *Was ist NFC?*, http://smartenfc.com/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=23&Itemid=13&lang=de, 2006
- [23] VDI Nachrichten, *Handys öffnen Tür und Tor*, http://www.vdi-nachrichten.com/vdi-nachrichten/aktuelle_ausgabe/akt_ausg_detail.asp?cat=2&id=25488, 2005
- [24] M. Ward, R. van Kranenburg, G. Backhouse, *RFID: Frequency, standards, adoption and innovation*, <http://www.rfidconsultation.eu/docs/ficheiros/TSW0602.pdf>, 2006
- [25] M. Welzel, *Was ist und wie funktioniert NFC?*, http://smartenfc.com/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=54&Itemid=13%E2%8C%A9=en, 2007