

Herstellen einer WLAN Verbindung über grosse Distanzen

Martin Eigenmann

1.3.2015

Chapter 1

Einleitung

Motivation und Fragestellung

Wer kennt das nicht, das mobile Datennetz ist langsam oder das Datenvolumen ist bereits aufgebraucht. Im entscheidenden Moment lädt das Bild oder Video nicht. Wäre es nicht viel angenehmer überall WLAN Empfang zu haben.

Zuhause ist, wo sich das WLAN selbst verbindet.

Diese Arbeit soll aufzeigen wo die Grenzen von WLAN liegen und ob die Grenzen vielleicht doch etwas entfernter liegen als intuitiv vermutet.

Aufgabenstellung

Im Folgenden ist die Aufgabenstellung gemäss EBS aufgeführt.

Thema

Ziel der Arbeit ist es ein mit WLAN weit über die spezifizierte Distanz eine Datenverbindung auf zu bauen.

Ausgangslage

Mobile Geräte besitzen meist eine ständige Verbindung ins WWW. Ist es aber auch möglich grosse Distanzen nur mit bekannten WLAN-Technologie zu überwinden und so von Drittanbietern unabhängig zu werden? Welche Voraussetzungen müssen dafür erfüllt werden?

Ziele der Arbeit

Das Ziel der Seminararbeit besteht in der Analyse der Möglichkeiten mit bekannten WLAN-Komponenten grössere Distanzen (im Bereich von Kilometern) zu überbrücken. Es soll theoretisch und praktisch ergründet werden, wo die Grenzen der WLAN-Technologie liegen und ob mit leichten Modifikationen der Sende- und Empfangs-Geräte höhere Distanzen überbrückt werden können.

Aufgabenstellung

A1 Recherche:

- Definition der Fachbegriffe
- Erarbeitung der technischen Grundlagen

A2 Analyse:

- Analyse der Limitationen der WLAN-Standards

A3 Konzept:

- Konzeption von Vorschlägen um die Reichweite zu erhöhen

A4 Umsetzung:

- Umsetzung von zwei Lösungsvorschlägen

A5 Review:

- Bewertung der umgesetzten Lösungsvorschlägen

Erwartete Resultate

R1 Recherche:

- Glossar mit Fachbegriffen
- Erläuterung der WLAN-Standards

R2 Analyse:

- Dokumentation der Limitationen im Bezug auf die Reichweite und Übertragungsrate der WLAN-Standards.

R3 Konzept:

- Dokumentation der Konzepte der Lösungsvorschläge

R4 Umsetzung:

- Dokumentation der Umsetzung der beiden Lösungsvorschläge

R5 Review:

- Dokumentation der Bewertung der Lösungsvorschläge

Chapter 2

Projektplanung

Projektplan

Die Seminararbeit wird im Zeitraum von 04.03.2015 bis 10.06.2015 durchgeführt. Der detaillierte Projektplan ist im Appendix unter “Zeitplan” aufgeführt.

Rahmenbedingungen

Zeitlicher Rahmen

Der offizielle Projektstart erfolgt mit dem Kick-Off am 04.03.2015. Spätestens am 27.05.2015 muss ein Draft eingereicht werden. Am 17. und 18.06.2015 finden die Präsentationen statt.

Der Aufwand für die Bearbeitung der Seminararbeit soll mindestens 50 Stunden umfassen.

Organisatorischer Rahmen

In der nachstehenden Tabelle sind alle massgeblich involvierten Personen aufgeführt.

Table 2.1: Involvierte Personen

Personen	Kontakt
Dr. Reto Knaack (Studeingangs Leiter)	ZHAW Standort Zürich Lagerstrasse 41 / 8004 Zürich Reto.Knaack@zhaw.ch

Personen	Kontakt
Peter Egli (Lehrperson)	ZHAW Standort Zürich Lagerstrasse 41 / 8004 Zürich eglp@zhaw.ch
Martin Eigenmann (Student)	Harfenbergstrasse 5 / 9000 St.Gallen study@eigenmannmartin.ch

Stakeholder und Zielgruppe

Chapter 3

Analyse

Fachliche Grundlagen

Mit Wireless Local Area Network, kurz WLAN, wird gemeinhin der IEEE-802.11 assoziiert. Die Tabelle {({??})} zeigt die bisher freigegebenen Standards.

Table 3.1: Standards {#fig:standards}

Standard	Frequenzband	Datenrate (max)
802.11	2.4 GHz	2 Mbit/s
802.11b	2.4 GHz	6 Mbit/s
802.11g	2.4 GHz	22 Mbit/s
802.11a	5 GHz	22 Mbit/s
802.11h	5 GHz	54 Mbit/s
802.11n	2.4 GHz	450 Mbit/s
802.11n	5 GHz	450 Mbit/s
802.11ac	5 GHz	660 Mbit/s
802.11ad	60 GHz	6,7 Gbit/s

Antenne

Idealerweise ist eine Antenne ein Rundstrahler, welcher eine gleichförmige Sendeleistung aufweist. Üblicherweise werden aber Antennen verwendet, welche das Signal richten, also zum Beispiel in der Vertikalen weniger Leistung aufweisen, in der Horizontalen dafür weitreichender sind.

Sendeanlage

Eine Sendeanlage umfasst die Sendeeinheit (WLAN-Karte), Antennenkabel und Antenne. Dazugehörend sind auch anfällige Steckverbinder.

Diskussion Aufgabenstellung

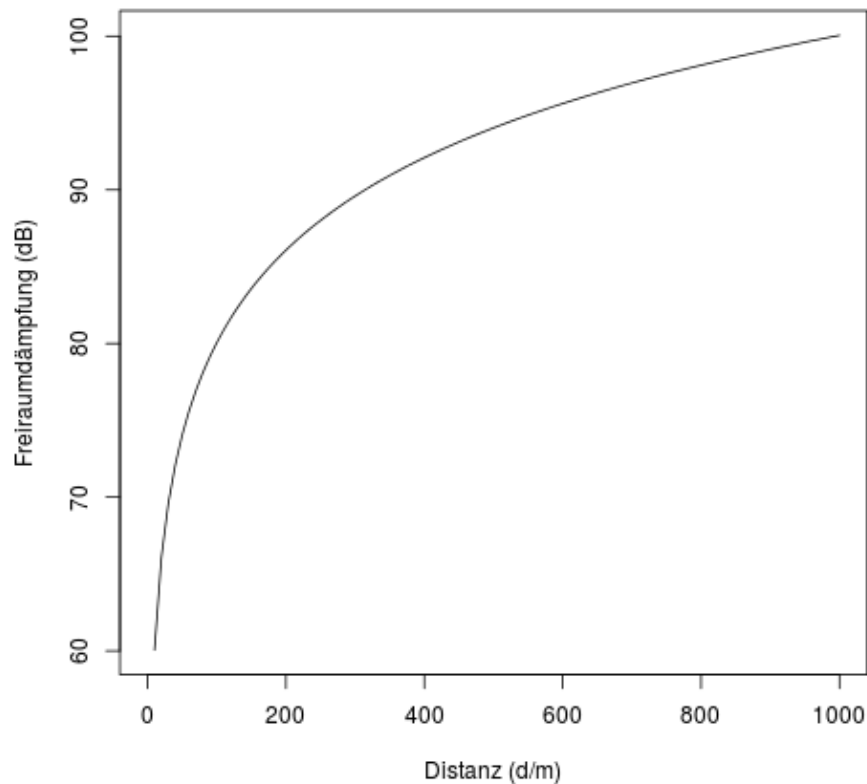
Diese Seminararbeit befasst sich mit dem Aufbau einer WLAN-Verbindung über eine grössere Distanz.

Technische Limitationen

Das elektromagnetische Signal einer WLAN Anlage wird durch das Übertragungsmedium (Luft) gedämpft. Dies wird als Freiraumdämpfung wie folgt beschreiben wenn f die Frequenz und c die Lichtgeschwindigkeit ist.

$$F = \left(\frac{4\pi r * f}{c}\right)^2$$

Für die Frequenz 2.4GHz ergibt sich eine Kurve wie in Abbildung {(???)} gezeigt.



{#fig:freiraumdaempfung}

Neben der Freiraumdämpfung, vermindern auch das Signalkabel vom Sender zur Antenne und Steckverbinder die Ausgangsleistung der gesamten Anlage. Gängige Antennenkabel weisen eine Dämpfung von 117.9dB/100m bis 16.0dB/100m auf. Steckverbinder dämpfen zusätzlich mit 0.2dB bis 0.5dB.

Moderne Wlan-Geräte besitzen eine Empfangsempfindlichkeit von bis zu -96dBm bei 1Mbps. Bei höheren Übertragungsraten nimmt die Empfangsempfindlichkeit systembedingt ab. So sind bei 54Mbps bei guten Endgeräten -73dBm zu erwarten.

Bei einer Sendeleistung von genau 20dBm und unter Verwendung eines isotropen Kugelstrahler (einer idealen Rundstrahlantenne) können bei einer Empfangsempfindlichkeit von -73dBm maximal 443m Distanz überwunden werden. In der Praxis werden weder 20dBm Ausgangsleistung erreicht noch existieren störungsfreie Räume.

Rechtliche Limitationen

Die rechtliche Beschränkungen sind je nach Einsatzgebiet unterschiedlich und werden in der Schweiz vom Bundesamt für Kommunikation vorgeschrieben.

2.4 GHz Frequenzband

Die Leistung der gesamten Anlage ist im 2.4 GHz Band auf maximal 100mW begrenzt. (“WLAN / RLAN” 2011)

5 GHz Frequenzband

Die Leistung der Anlage ist für das untere 5 GHz Frequenzband (5.15 - 5.35 GHz) ist auf maximal 100mW (200mW falls die Anlage TPC unterstützt) und für das obere 5 GHz Frequenzband (5.47 - 5.725 GHz) auf maximal 500mW (1000mW falls die Anlage TPC unterstützt) begrenzt. (“WLAN / RLAN” 2011)

Chapter 4

Konzept

Verminderung der Dämpfung

Um die Ausgangsleistung zu maximieren, muss die Dämpfung zwischen Sender und Antenne minimiert werden. Dies wird durch qualitativ hochwertige Steckverbinder und kurze Signalkabel sichergestellt.

Auf der Basisstation sind von der Antenne bis zum Sender nur 2 Meter Kabel verbaut. Das Gegenstück der Basisstation kommt hingegen mit nur 1 Meter Antennenkabel aus. Verwendet wird ein Kabel mit einer Dämpfung von maximal 1.2dB/m.

Erhöhung der Sendeleistung

Die maximal zulässige Sendeleistung von 20dBm wird nicht von allen WLAN-Karten unterstützt. Der Ubiquiti SuperRange Cardbus kann bei einer Übertragungsrate von 54Mbps, immer noch mit einer Sendeleistung von 20dBm operieren. Unterhalb Übertragungsraten von 24Mbps sind sogar 24dBm möglich.

Richtstrahlantenne

Statt einen Rundstrahler zu verwenden, kann auch eine gerichtete Verstärkung des Signals vorgenommen werden. Dazu werden typischerweise Richtstrahlantennen eingesetzt.

Neben der Yagi-Uda-Antenne, Wendelantenne und der Quadantenne gibt es auch Parabolantennen.

Yagi-Uda-Antennen erreichen eine Richtverstärkung von 3dBi bis 18dBi. Ähnlich stark sind auch Quadantennen sowie Wendelantennen. Parabolantennen erreichen hingegen Antennengewinne von 20dBi bis weit über 50dBi hinaus. Die Signalausbreitung der verschiedenen Antennen unterscheiden sich sehr im Öffnungswinkel (Strahlbreite) der Hauptkeule, sowie der Ausbildung von Neben- und Rückkeulen.

Yagi-Uda-Antennen erreichen eine Richtverstärkung von 3dBi bis 18dBi. Ähnlich stark sind auch Quadantennen und Wendelantennen. Parabolantennen erreichen hingegen Antennengewinne von 20dBi bis weit über 50dBi hinaus.

Die Signalausbreitung der verschiedenen Antennen unterscheiden sich sehr im Öffnungswinkel (Strahlbreite) der Hauptkeule, sowie der Ausbildung von Neben- und Rückkeulen.

Die verwendete Richstrahlantenne ist eine Yagi-Uda-Antenne mit einem Antennengewinn von 18dBi.

Die verwendete Parabolantenne hat einen Antennengewinn von ~ 30 dBi.

Da die Funkverbindung über eine Distanz von 8.5 Km mit der Yagi-Uda-Antenne sehr instabil und langsam war, wurde eine Yagi-Uda-Antenne auf einem Parabol-Spiegel fixiert, um so eine improvisierte Parabolantenne zu erhalten.

Abschluss

Chapter 5

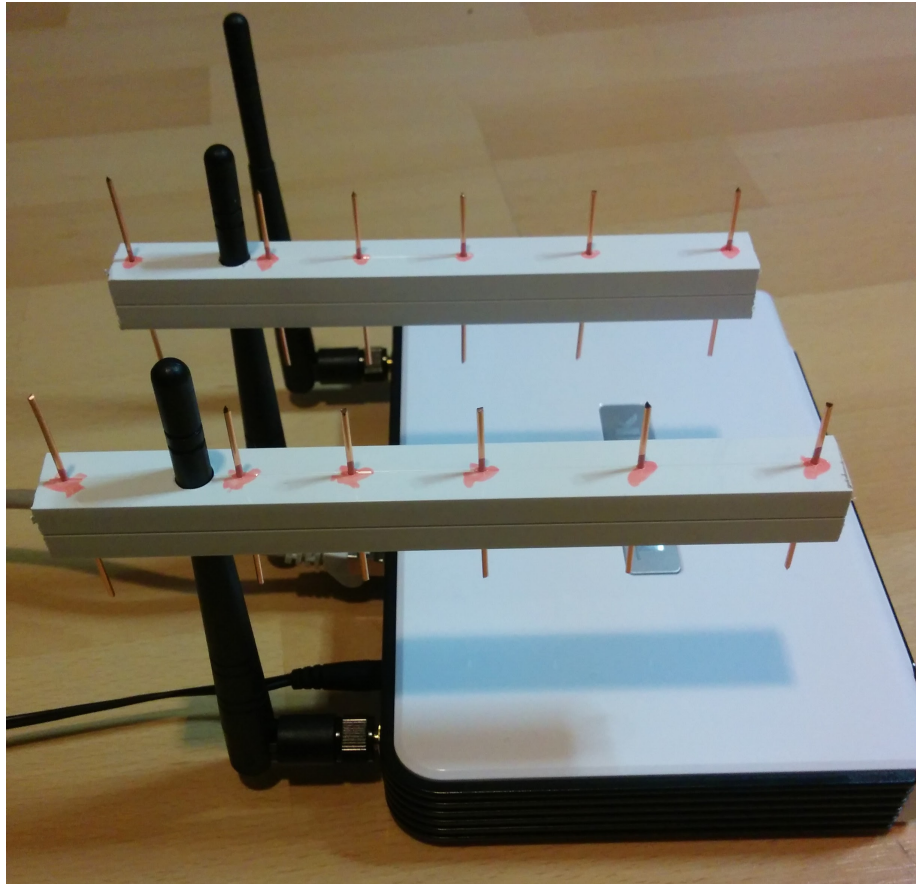
Umsetzung

Vorgehen und Messungen

Es wird nur eine Messung durchgeführt falls auch eine Verbindung hergestellt werden kann. Zur Messung der Signalstärke wird das Linux-Tool *wavemon* verwendet. Zur Feststellung der Übertragungsgeschwindigkeit und Stabilität der Verbindung wird *iperf* verwendet.

verbesserte Antenne

Um das WLAN-Signal zu verstärken, wird eine Yagi-Uda-Antenne mit einem Reflektor, einem Signalgeber und vier Direktoren verwendet.



Bei einer Distanz von 200 Metern ist ohne ein modifiziertes Gegenstück immer noch eine sehr gute Verbindung erreichbar.

```
Interface
wlan0 (IEEE 802.11bg, WPA/WPA2), ESSID: " "
Levels
link quality: 71% (50/70)
=====
signal level: -60 dBm (1.00 nW)
=====>===== <
Statistics
RX: 6'515'057 (7.60 GiB), invalid: 0 nwid, 0 crypt, 0 frag, 3334 misc
TX: 3'482'789 (403.96 MiB), mac retries: 3, missed beacons: 0
Info
mode: Managed, access point: 
freq: 2.422 GHz, channel: 3, bitrate: 1 Mbit/s
power mgt: off, tx-power: 22 dBm (158.49 mW)
retry: short limit 7, rts/cts: off, frag: off
encryption: off (no key set)
Network
mac: , ip: 192.168.0.101/24
F1info F2lhist F3scan F4 F5 F6 F7prefs F8help F9about F10quit
```

Richtstrahlantenne



```
Interface
wlan0 (IEEE 802.11bg, WPA/WPA2), ESSID: " "
Levels
link quality: 41% (29/70)
=====
signal level: -81 dBm (7.94 pW)
===== > <
Statistics
RX: 6'515'886 (7.60 GiB), invalid: 0 nwid, 0 crypt, 0 frag, 3522 misc
TX: 3'484'045 (404.13 MiB), mac retries: 4, missed beacons: 0
Info
mode: Managed, access point: " "
freq: 2.422 GHz, channel: 3, bitrate: 2 Mbit/s
power mgt: off, tx-power: 22 dBm (158.49 mW)
retry: short limit 7, rts/cts: off, frag: off
encryption: off (no key set)
Network
mac: " ", ip: 192.168.0.101/24
F1info F2lhist F3scan F4 F5 F6 F7prefs F8help F9about F10quit
```


Parabolspiegel



```
Interface
wlan0 (IEEE 802.11bg, WPA/WPA2), ESSID: " "
Levels
link quality: 61% (43/70)
=====
signal level: -67 dBm (0.20 nW)
=====>= <
Statistics
RX: 6'515'901 (7.60 GiB), invalid: 0 nwid, 0 crypt, 0 frag, 3522 misc
TX: 3'484'066 (404.13 MiB), mac retries: 4, missed beacons: 0
Info
mode: Managed, access point: " "
freq: 2.422 GHz, channel: 3, bitrate: 5.5 Mbit/s
power mgt: off, tx-power: 22 dBm (158.49 mW)
retry: short limit 7, rts/cts: off, frag: off
encryption: off (no key set)
Network
mac: " ", ip: 192.168.0.101/24
F1info F2lhist F3scan F4 F5 F6 F7prefs F8help F9about F10quit
```

Chapter 6

Review

Chapter 7

Fazit und Schlusswort

Appendix A

Appendix

Zeitpan

“WLAN / RLAN.” 2011. <http://www.bakom.admin.ch/themen/geraete/00568/01232/index.html?lang=de>.