

tubIT / FuE

Wireless in die Zukunft?

Herbert Almus – 01.11.2007

Inhalt / Struktur

- Wireless Technologien als Zugangsnetz der TUB
 - Derzeitiger Einsatz
 - Neue Anforderungen
 - Mobilität – oder nur Fixed Mobile?
- Charakteristika „traditioneller“ WLAN Lösungen
 - Performanz und Skalierung
- Aktuelle (Weiter-)Entwicklungen im WLAN Bereich
 - Sogenannte 4. Generation (Meru, Extricom)
- WiMAX als Campusnetz?

Wireless Nutzung in naher Zukunft?

- Schlagwort „Ubiquitous Networks“
 - Allgegenwärtiges Netz, ständige Konnektivität
 - Breitbandige Übertragung
 - Stationär wie auch mobil, verkabelt oder wireless
 - Unterstützung aller Terminals (Desktop, Notebook, Webbox, PDA, Mobilfunkgeräte)
 - Unterstützung allen visuellen Informationsaustausches
 - Text, Grafik, Ton, Video
 - Auch interaktiv: VoIP, Video Conferencing, Multimedia Collaboration
 - Braucht die TUB dies?
 - Anforderungen aus dem Bereich eLearning?
 - Attraktivität der TUB für Studenten?

Beispiel eLearning

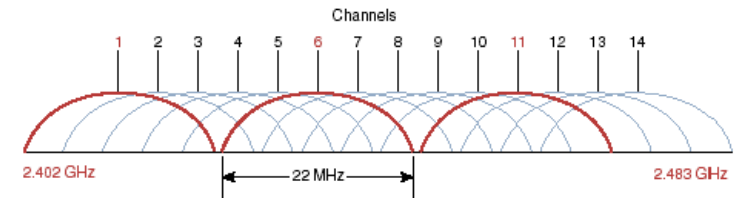
- Anforderungen heute
 - Moodle / ISIS als zentrale Lernplattform hat schon über 10.000 Anwender
 - Eingesetzt in allen Fakultäten der TUB
 - Beispiel „Lineare Algebra für Ingenieure“
 - Etwa 2000 Studenten pro Semester
 - 70 Tutorien, 3 PC Pools ganztags für das ganze Semester belegt
- Anforderungen morgen?
 - Medieneinsatz in der Präsenzlehre nimmt stetig zu
 - Noch abdeckbar mit PC Pools?
 - Wieviele Räume brauchen wir dann?
 - Konzept zur Einbindung eigener Notebooks der Studenten entwickeln?
 - Unterstützung bei der Beschaffung?
 - Systemnutzung? Software-Installation/-pflege?

WLAN - Frequenzbereiche

- IEEE 802.11 b/g
 - 2,4 GHz-Bereich
 - 802.11 b: 11 Mbps
 - 802.11 g: 54 Mbps
 - 2,4 GHz-Bereich
unterstützt von praktisch
allen WLAN-Karten
 - Nur ältere Notebooks
und PDAs limitiert auf
802,11 b
- IEEE 802.11 a
 - 5 GHz-Bereich
 - Unterstützung ständig
steigend
 - Eingebaut in praktisch
allen neueren „Business-
Notebooks“

WLAN: Kanäle im 2,4 GHz-Bereich

Kanal	Mittenfrequenz (GHz)	Erlaubt in
1	2,412	USA FCC, Europa ETSI, Japan
2	2,417	USA FCC, Europa ETSI, Japan
3	2,422	USA FCC, Europa ETSI, Japan
4	2,42	USA FCC, Europa ETSI, Japan
5	2,432	USA FCC, Europa ETSI, Japan
6	2,437	USA FCC, Europa ETSI, Japan
7	2,442	USA FCC, Europa ETSI, Japan
8	2,447	USA FCC, Europa ETSI, Japan
9	2,452	USA FCC, Europa ETSI, Japan
10	2,457	USA FCC, Europa ETSI, Japan
11	2,462	USA FCC, Europa ETSI, Japan
12	2,467	Europa ETSI, Japan
13	2,472	Europa ETSI, Japan
14	2,484	Japan



Kanalabstand:
nur 5 MHz

Kanalbandbreite:
20 MHz

Nur 3 Kanäle zeitgleich
interferenzfrei nutzbar
z.B. 1,6,11

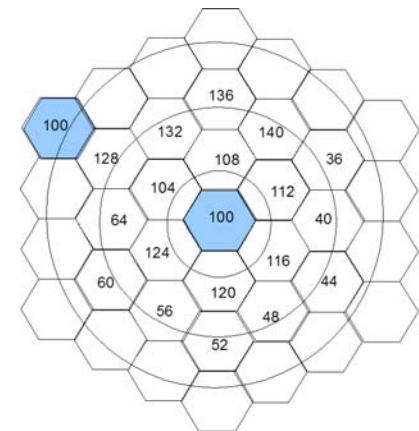
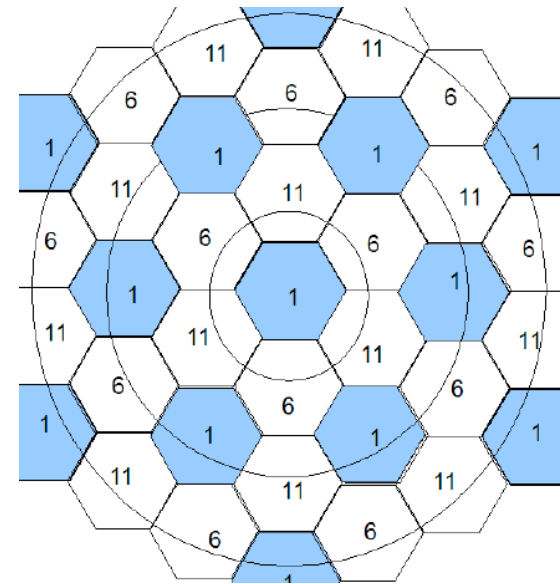
WLAN : Kanäle im 5 GHz-Bereich

Kanal	Frequenz (GHz)	Erlaubt in	Kanal	Frequenz (GHz)	Erlaubt in
36	5,180	EU, USA, Japan	116	5,580	EU
40	5,200	EU, USA, Japan	120	5,600	EU
44	5,220	EU, USA, Japan	124	5,620	EU
48	5,240	EU, USA, Japan	128	5,640	EU
52	5,260	EU, USA	132	5,660	EU
56	5,280	EU, USA	136	5,680	EU
60	5,300	EU, USA	140	5,700	EU
64	5,320	EU, USA	147	5,735	USA
100	5,500	EU	151	5,755	USA
104	5,520	EU	155	5,775	USA
108	5,540	EU	167	5,835	USA
112	5,560	EU			

Alle Kanäle interferenzfrei (20 MHz Kanalbandbreite)

"flächendeckende" Versorgung?

- Bereich 2,4 GHz / 802.11b/g
 - Nur 3 interferenzfreie Kanäle
 - bei guten Raumverhältnissen (Ausleuchtungsbedingungen) flächendeckende Versorgung möglich (bei Einsatz dieser 3 Kanäle)
 - Einfügen eines neuen Access Points erfordert neue Frequenzplanung!
- Bereich 5 GHz / 802.11a
 - 19 interferenzfreie Kanäle
 - Flächendeckende Versorgung interferenzfrei möglich
 - auch bei paralleler Nutzung durch Aussteller



WLAN Performanz

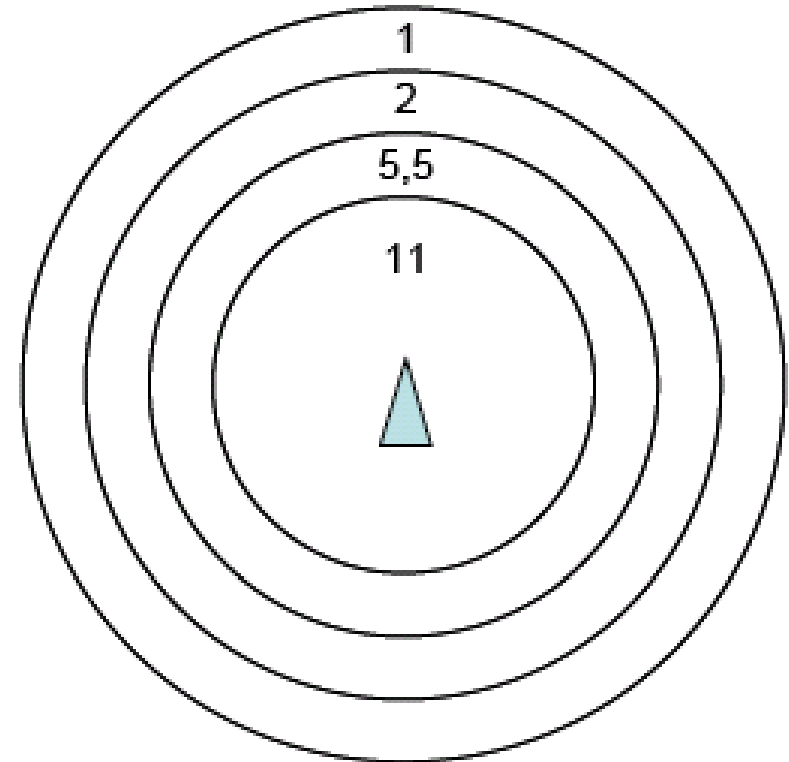
- 11 / 54 Mbps sind sogenannte Bruttoraten
- Netto-Übertragungsraten sind niedriger wegen
 - Protokoll-Overhead
 - Framing / Zugriffssteuerung (CSMA/CA)
 - Signalqualität
 - Funkausleuchtung, Abstand vom Access Point, Interferenzen, Dämpfung durch Wände usw.
 - Unter optimalen Bedingungen mögliche Nettoraten
 - ca. 5-7 Mbps (802.11b) und ca. 24-30 Mbps (802.11a) bei optimalen Signalverhältnisse, 1530 Byte-Paketen und nur einem Nutzer pro AP
 - Einfluss der gemeinsamen Nutzung von b/g im 2,4 GHz Bereich (Kompatibilitätsmodus)
 - Nettorate nur noch ca. 15 Mbps in 802.11g

CSMA / CA

- Carrier Sensitive Multiple Access / Collision Avoidance
 - Listen before talk / Medium abhören
 - Ist das Medium für eine bestimmte Dauer (IFS, Inter Frame Spacing) frei, wird gesendet.
 - Ist das Medium belegt, wird auf freies IFS gewartet und zusätzlich um zufällige Backoff-Zeit verzögert
 - Wird während der Backoff-Zeit das Medium von einer anderen Station belegt, wird der Backoff-Timer angehalten und erst nach Freiwerden des Mediums weitergezählt
 - RTS/CTS-Erweiterung
 - Um „Hidden Station“ Problem zu lösen

Übertragungsrate / Airtime

- Frames zur Steuerung des Medienzugriffs müssen von allen Systemen erkennbar sein
 - Übertragung in 802.11 b und 802.11 b/G mit 1 Mbps
 - Übertragung in 802.11 g und 802.11 a mit 6 Mbps
- Stationen, die mit niedrigeren Raten übertragen brauchen mehr „Airtime“ für die Datenübertragung
 - Stationen am Rand der Funkzelle senden auf Grund schlechter SNR-Werte nur mit geringen Raten
 - Führt zu entsprechender Verringerung des Gesamtdurchsatzes einer WLAN-Zelle



Beispiel 802.11 b
(Rate Adaptation)

Übertragungsraten / Dämpfung / Reichweiten

- Dämpfungen durch Hindernisse
 - Holz, Glas und Gips dämpfen nur geringfügig
 - Ziegel- und Betonwände dämpfen stark (ca. 8-15 dBm)

WLAN	802.11b/g	802.11b/g	802.11a/h	802.11a/h
Mbps	1	11	6	54
Im Freien	400	100	300	50
Im Gebäude	100	40	30	20

Interferenzen

- Interferenzquellen (typische Auswahl)
 - Bluetooth
 - DECT Telephone
 - Mikrowellengeräte
 - Video-Equipment (analog)
- Einfluss in der Praxis schwer kalkulierbar
 - stark abhängig von der relativen Position zu AP und Client
 - stark abhängig von der Entfernung

Gerät	Performanz-minderung (ca.) bei kurzer Entfernung (ca. 80 cm)	Performanz-minderung (ca.) bei doppelter Entfernung
Mikrowelle	63 %	53 %
DECT	18 %	10 %
Bluetooth	20 %	17 %
Video	---	57 %

Praktisch erzielbare Bandbreiten

- Abhängigkeit von der Paketgröße
- erzielbar bei typischer Internetnutzung (mittlere Paketgröße 350 Byte), 1 Nutzer pro AP

Einfluss der Nutzeranzahl (Nutzer pro AP)

- 802.11b:
 - 3,3 Mbps
- 802.11a und 802.11g:
 - 12,3 Mbps
- 802.11b/g (Kompatibilitätsmodus):
 - 4,2 Mbps

Anzahl der STA	802.11b (kurze Präambel)	802.11a und 802.11g (nur ERP)	802.11b/g
1	3300	12300	4200
5	531,3	1980,3	676,2
10	247,5	922,5	315
15	158,4	590,4	201,6
20	115,5	430,5	147
30	73,7	274,7	93,8
50	41,6	155	52,9

Übertragungsraten in kbps / ERP = Extended Rate PHYs

Mobilität

- „Smarter Wechsel“ des IP-Netzes
 - Seamless IP Connectivity
 - Keine für den Anwender bemerkbare Unterbrechungen seiner laufenden IP-basierten Anwendungen
 - Z.B. auch kein Verlust laufender TCP-Verbindungen
 - Realisierbar durch Nutzung von Mobile IP (MIP)
 - Single Sign On
 - Nur einmalige Anmeldung seitens des Benutzers, auch bei Wechsel des IP-Netzes und / oder aktuellen Service Providers (Roaming)
 - Erstanmeldung
 - EAP-SIM Methode
 - Re-Authentifizierung
 - Eigene, neue EAP-Methode
 - Auf Basis Kerberos Tickets
 - Unterstützt durch sogenannten Mobility Broker

Kurzinfo Mobile IP

- Mobile Node (MN) hat
 - Feste Home-IP-Adresse, betreut durch Home-Agent (HA)
 - Wechselnde Care-of-Adresse aus jeweils aktuellem Netz
- Ablauf
 - MN registriert seine Care-of-Adresse über den Foreign-Agent (FA), der im aktuell genutzten Netz zur Verfügung steht, beim HA
 - HA tunnelt an den MN adressierte Daten (IPIP-Encapsulation)
 - MN sendet direkt (S-Adr = Home-IP-Adr / lassen aber viele Router nicht zu) oder auch getunnelt über den HA
- Agent Discovery:
 - HA und FA senden in regelmäßigen Abständen per Broad-/Multicast Advertisements
 - MN kann auch ein Advertisement anfordern, sendet dafür Agent Solicitation aus

Handover

- Typische WLAN-Handover-Zeiten von mehreren Sekunden sind nicht tragbar für interaktive Voice-/Video-Anwendungen
- Lösungen zur Minimierung des Handover-Delays bei „Einzelbetrieb“ von APs
 - Einbeziehung zusätzlicher Information
 - Topographisches Wissen, Nachbarschaftsbeziehungen
 - Nachteil
 - Die Zusatzinformation muss ermittelt, verwaltet und bereitgestellt werden (Overhead)

Handover, zuverlässig in 80 – 90 ms

- Re-Design des OBAN-Ansatzes im Rahmen einer Diplomarbeit
 - Basiert im Kern auf der in OBAN realisierten Lösung
 - Neue Authentifizierungsmethode (EAP-Fast?)
 - Kombination von EAP-SIM mit Kerberos basierter Re-Authentifizierung
 - Nutzung „lokalen Wissens“ schon bei der ersten Authentifizierung



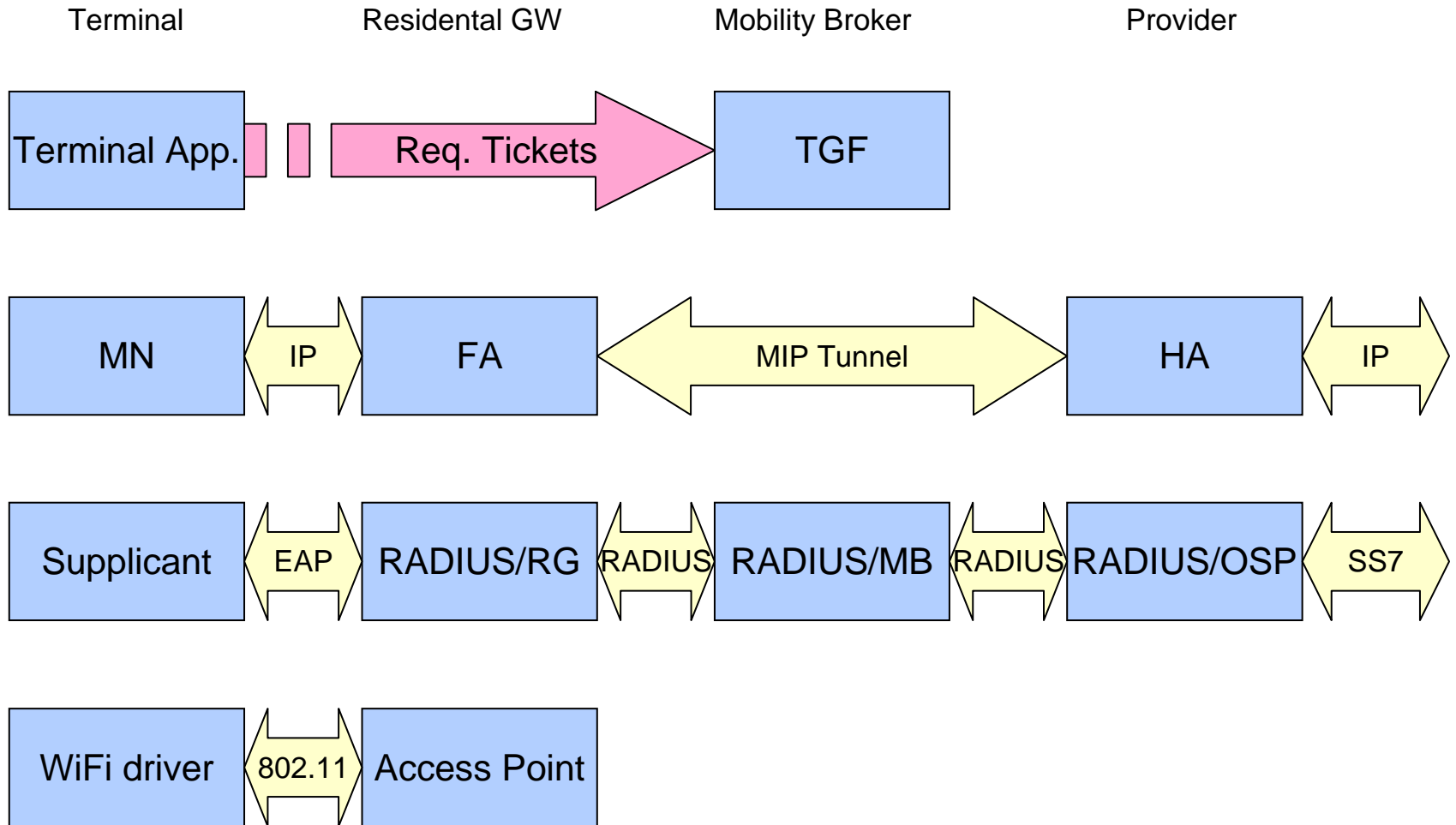
Komponenten für das Fast Handover

- Terminal
 - Für Login und Netznutzung
- Residential Gateways (RGs)
 - PC, ausgestattet mit WLAN Access Point
 - Unterstützt initiale Authentifizierung,
 - Zuständig für die schnelle Re-Authentifizierung
 - Dient als Foreign Agent (FA) für Mobile IP
- Mobility Broker (MB)
 - Server im Internet, der die RGs eines geographischen Bereiches unterstützt
 - Unterstützt die initiale Authentifizierung
 - Generiert (Kerberos-typ) Tickets für die schnelle Re-Authentifizierung
- OBAN Service Provider (OSP)
 - Zuständig für die initiale Authentifizierung
 - Unterstützt die schnelle Re-Authentifizierung
 - Dient als Home Agent (HA) für Mobile IP
- External Server (ES)
 - Stellt die Internet-Services zur Verfügung
 - Beinhaltet keine Komponenten für Fast Handover

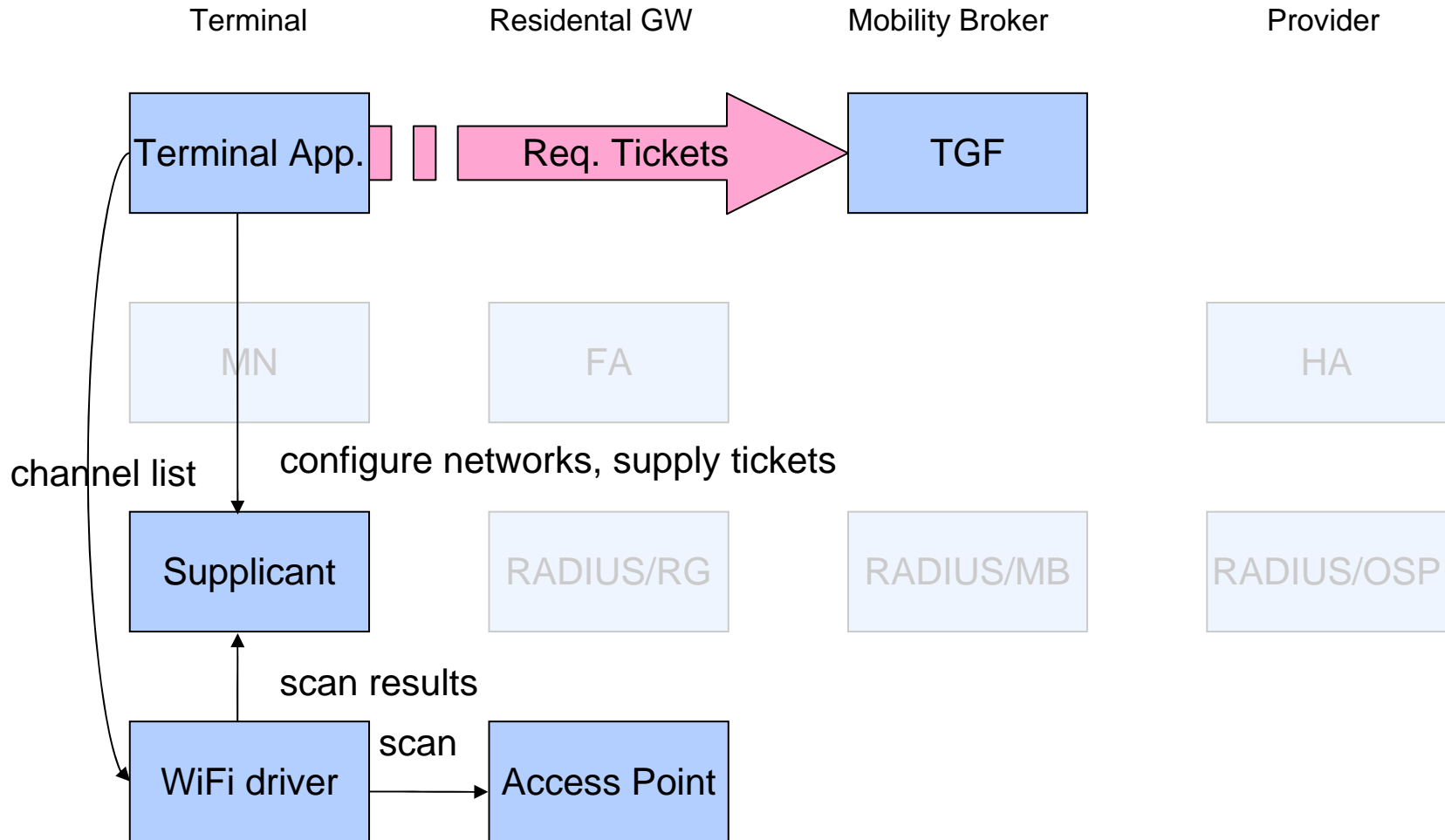
Eingesetzte Software

- Linux (Terminal, RG, MB)
 - Robust, schnell, viele SW-Komponenten verfügbar
 - Open Source, Code-Anpassungen möglich
- wpa_supplicant
 - WEP, WPA-TKIP, WPA-CCMP support, EAP-SIM support
 - Flexible AP Selektionsalgorithmen
 - Einfaches Framework für EAP-Methoden
- FreeRADIUS
 - Modulares Design
 - Framework für EAP-Methoden
- MadWifi
 - Treiber für auf Atheros chipset basierte WLAN-Karten
 - unterstützt 802.11 b/g/a Standard
- Dynamics Mobile IP
 - Open Source Implementierung von MN,FA,HA
 - Leider etwas veraltet (Probleme mit Kernel 2.6), aber keine Alternative verfügbar
 - Getestet gegen hardware-basierte Implementierungen (Cisco)

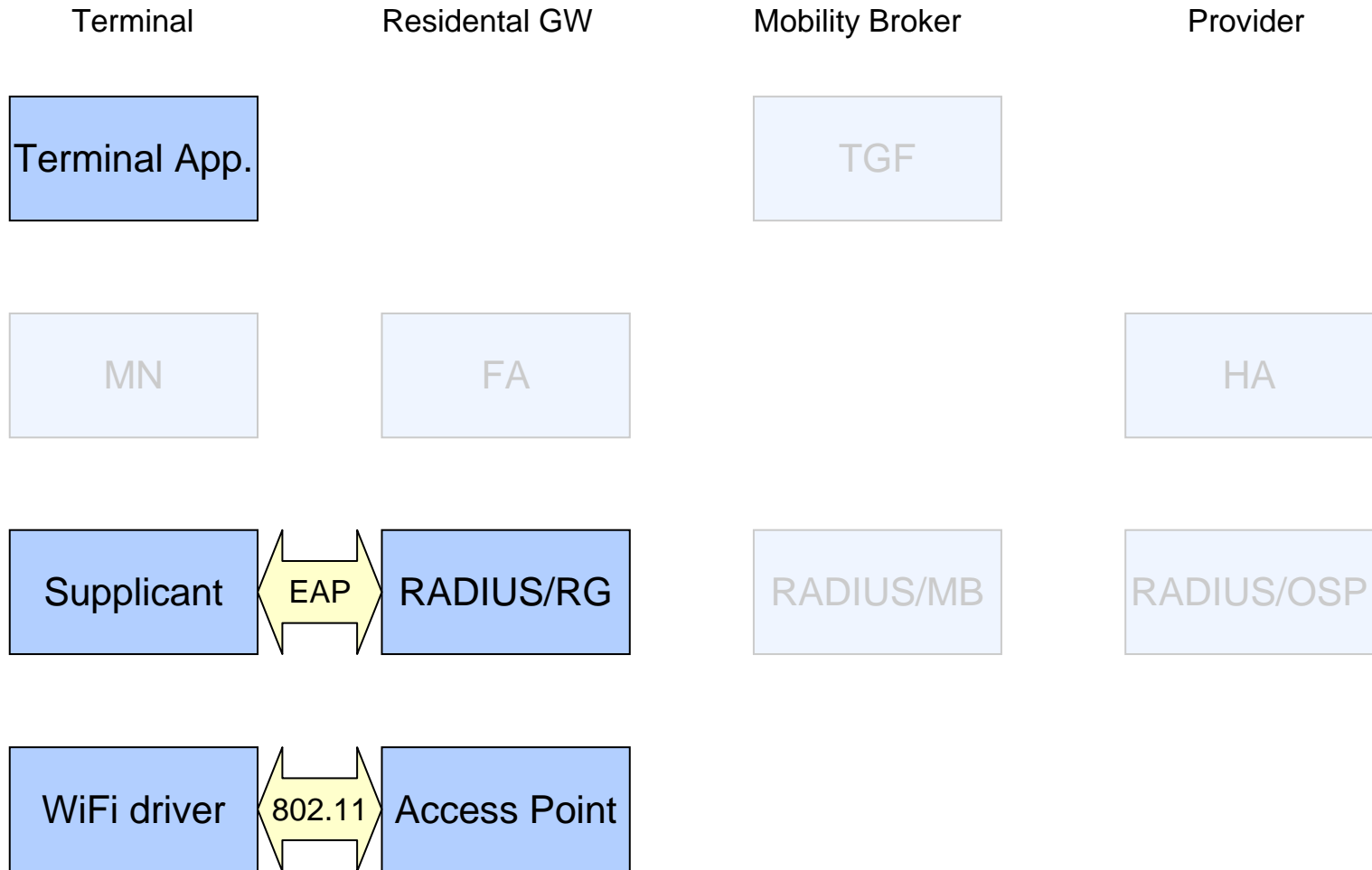
Architecture Components



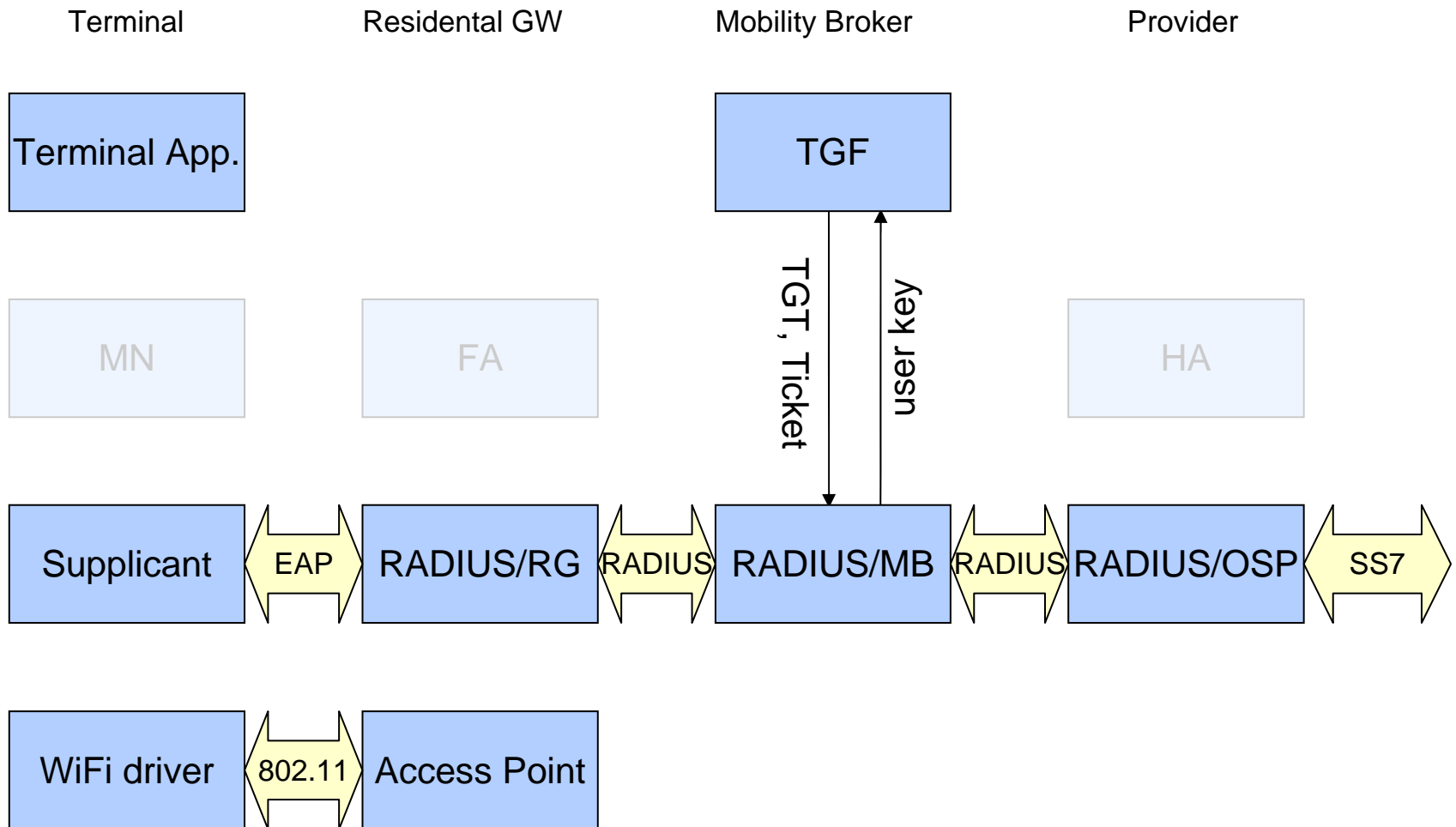
Scanning Process



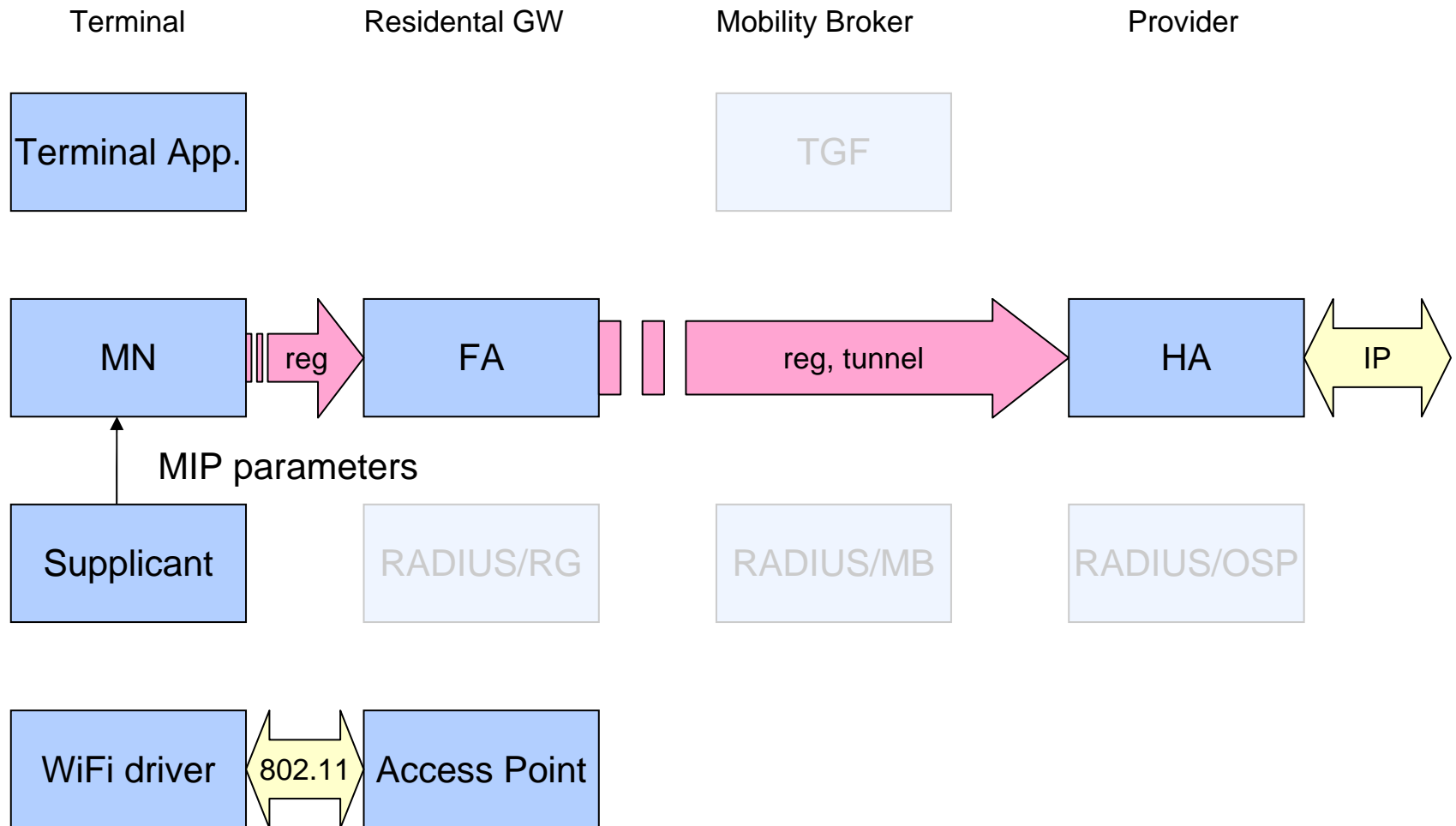
Fast Reauthentication



Initial Authentication



MIP Registration



Fazit / Bewertung

- Mobilität mit unterbrechungsfreiem IP-Verkehr und VoWLAN (VoIP im WLAN) sind nicht trivial erreichbar
 - Selbst beim stationären Betrieb muss QoS durchgängig unterstützt werden
 - QoS im WLAN umsetzbar, aber nur begrenzt
 - IP Mobilität
- Selbst Wechsel zwischen APs, die an einem gemeinsamen WLAN-Switch/Controller hängen im gleiche IP-Netz hängen sind kritisch
 - Handover-Entscheidung trifft das Terminal
 - SNR Scanning (ohne Optimierung) „träge“, verzögerter Wechsel, Qualitätsverlust vor Wechsel

„Kombinierte“ WLAN-Strukturen

- Gateway-Modell
 - mehrere APs an einem gemeinsamen Gateway
 - Praktisch alle WLAN-Funktionen in den APs
- WLAN-Switch-Modell
 - Thin APs mit reduzierten Funktionen angeschlossen an WLAN-Switch
 - Übernahme von Funktionen in WLAN Switches
- Controller-Modell
 - Thin APs angeschlossen an traditionelle Ethernet-Switches
 - Betrieben über Controller im Netz

Thin APs / Controller - Lösungen

- Kostenvorteile durch einfachere APs
- Wechsel zwischen APs vereinfacht
 - Gleiches IP-Subnetz = Seamless IP
 - Oder „Follow-me VPNs“
 - Keine Re-Authentifizierung
- Zentrale Zugriffsteuerung
 - Erleichtert Load Balancing, Flow Detection & Control, vereinfacht QoS
 - Controller entscheidet, wer wann welchen AP nutzt
 - Unterstützt durch RF-Spectrum Monitoring/Management (realtime)

Neuere Entwicklungen

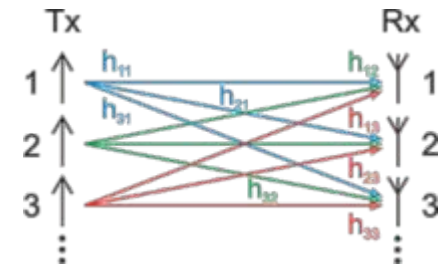
- Schneller: IEEE 802.11n
- Smarter? WLAN Lösungen der 4. Generation
- Neu: WiMAX

802.11n Basics

- Noch kein Standard, derzeit Draft 2.0 verfügbar
- Wesentliche Zielsetzungen
 - Höhere Übertragungsgeschwindigkeit
 - Bessere spektrale Effizienz
 - Effizientere Kodierungen
 - Einsatz von MIMO
 - Mehrfachantennen - Multiple In, Multiple Out
 - QoS von Beginn an
 - nicht nachträglich wie bei 802.11a/b/g durch 802.11e)
 - Kompatibel zu 802.11 a/b/g
 - Nutzung des 2,4 und 5 GHz-Bereichs

MIMO (multiple-in, multiple out)

- Einsatz von mehreren Antennen, sowohl beim Sender als auch beim Empfänger
 - Erlaubt Kodierverfahren, die nicht nur die zeitliche, sondern auch die räumliche Dimension zur Übertragung nutzen (Space Time Coding)
 - Ermöglicht gezielte Ausnutzung des (bei Einzelantennen störenden) Mehrwegempfangs.
 - Bei 4- Sende und 4 Empfangsantennen können 4 Kanäle zur selben Zeit bei derselben Frequenz genutzt werden
 - Jede Empfangsantenne erhält als Summensignal die 4 Kanäle
 - Zum Dekodieren müssen die einzelnen Kanäle sehr unterschiedlich sein, was bei starker Mehrwegeausbreitung der Fall ist.
 - Aufwand: U.a. separate RF-Unit + A/D-Konverter pro Antenne erforderlich



802.11n: Pro

- Stellt hohe Bandbreiten zur Verfügung
 - in einer ersten Stufe bis zu 315 Mbps
 - maximal sollen 630 Mbps erreicht werden
 - Etwa 5-facher Durchsatz im Vergleich zu 802.11 a/g
 - Stabiler und zuverlässiger dank MIMO
 - Bessere, konstantere Abdeckung, weniger Paketverluste / Retries
- Schnelle Durchsetzung im Markt zu erwarten
 - schon seit einiger Zeit werden Notebooks mit "Vorversionen" zu 802.11n ausgeliefert

Performanzmessungen

Location	11g baseline	11a baseline	Intel/Apple 2.4 GHz 20 MHz Channel	Intel/Apple 5 GHz 40 MHz Channel	Apple/Apple 2.4 GHz 20 MHz Channel	Apple/Apple 5 GHz 40 MHz Channel
Location 1	14.8	20.2	67.2	111.2	71.8	95.9
Location 2	14.1	15.0	60.4	60.7	56.3	65.8
Location 3	13.0	7.9	44.4	59	46.1	22.8
Location 4	1.1	Failed	1.5	Failed	2.7	Failed

Messung des Durchsatzes eines einzelnen Systems zu einem AP

Quelle und Details der Messungen:

<http://www.networkcomputing.com/showArticle.jhtml?articleID=202601215>

802.11n: Contra (noch)

- Derzeit kein Standard, nur Draft 2.0 verfügbar
 - Standard wird vermutlich erst Ende 2008 / Anfang 2009 verabschiedet
 - Kompatibilität zum späteren Standard nicht gesichert.
 - Herstellerübergreifende Interoperabilität heutiger Geräte kritisch
 - erst seit kurzem bietet Wi-Fi-Org Zertifizierungen für Draft 2.0 an
- Gemeinsamer Einsatz mit 802.11 a/b/g reduziert Vorteile
 - mindestens Präambeln müssen wegen der Zugriffsteuerung mit in 802.11 a/b/g unterstützten Modulationsverfahren übertragen werden
 - Performanzgewinn nur bei Nutzung von 40 (statt 20) MHz Kanälen (Channel Bonding)
 - Flächendeckende Versorgung im 2,4 GHz Bereich praktisch ausgeschlossen
- APs benötigen mehr Strom (> 13 W, Poe / 802.3af reicht nicht)

WLAN-Systeme der 4. Generation

- Flächendeckende Versorgung auf nur einem Kanal
 - basiert auf der zentralen Kontrolle des Radio-Layers
 - Statt CSMA/CA zentrale Regelung des Zugriffs und der Zuordnung zu APs
 - erlaubt konzeptionell zentrale Ressourcenvergabe (QoS ...)
 - 1 Kanal reicht zur flächendeckenden Versorgung aus
 - Zur Erweiterung der Gesamtbandbreite kann die gleiche Fläche über weitere, interferenzfreie Kanäle versorgt werden
 - Traditionell erforderliche Kanalplanung entfällt
 - "Funklöcher" können einfach durch zusätzliche APs behoben werden
 - Nutzung nur einer BSSID / AP MAC-Adresse für eine Fläche
 - (Quasi) Kein Roaming zwischen APs
 - Optimal für VoWLAN, Video, ...

Hersteller von WLAN-Systemen der 4. Generation

■ Extricom

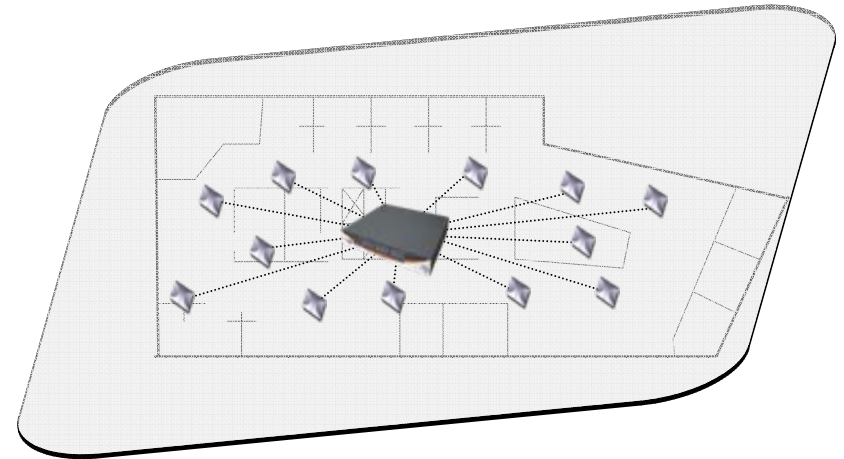
- Lösungen derzeit auf 4 parallele Kanäle begrenzt
 - Bietet derzeit noch nicht 802.11n an

■ Meru

- Lösungen derzeit auf 12 parallele Kanäle begrenzt
 - Bietet derzeit schon 802.11n an

Extricom

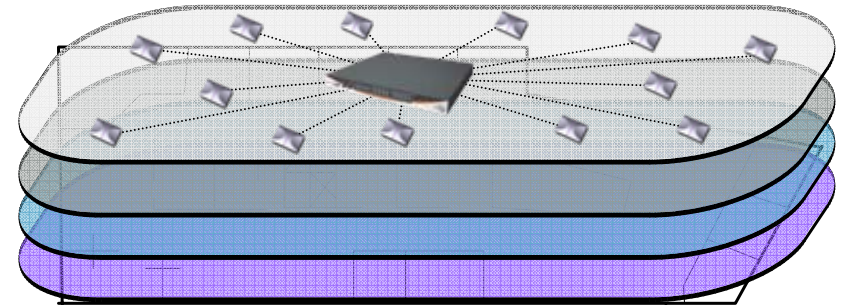
- Flächendeckende Versorgung mit nur einem Kanal möglich
 - Genannt „Channel Blanket“
- Vollständig zentralisierte WLAN-Architektur
 - Alle „Intelligenz“ des Systems im Switch
 - Zentrale Kontrolle der Radioschicht
 - Nutzung des gleichen Kanals parallel auf allen APs
 - Co-Channel Interferenz wird durch Steuerung / Algorithmus auf der Radioschicht verhindert
 - Clients melden sich direkt beim Switch an
 - Access Points sind nur „Funkgeräte“
 - Keine Software
 - Kein Speicher
 - Keine MAC oder IP Adresse





- Keine Planung von Funkzellen erforderlich
 - Ausleuchtungslücken werden einfach durch zusätzlichen AP behoben
- Sicherheit / Authentifizierung
 - Alle üblichen Verfahren werden unterstützt

Extricom

- Mehrere „Channel Blankets“ einsetzbar (Multi-Layer WLAN)
 - erfordert interferenzfreie Kanäle (z.B. 1,6,11 bei 2,4 GHz).
 - Systeme in einem Blanket sind
 - Beim Übergang zwischen APs:
 - Kein Netzwechsel
 - Gleiche MAC / IP Adresse
 - Keine Re-Authentifizierung
 - Handover ohne Delay
 - Zentral werden die Daten einfach über den neue AP gesendet.



- QoS
 - Verschiedene „Blankets“ für unterschiedliche Anwendungen
 - Daten 
 - VoWLAN (VoIP) 
 - Zentrale Zugangskontrolle verhindert Überlast
 - Load Balancing, Airtime Fairness
 - 802.11e innerhalb eines Blankets, wenn ein Gerät Daten und Sprache nutzt (PDA)

Randbemerkung: Diebstahl eines APs praktisch sinnlos (nur Funkgerät, keine Daten, ...)

Extricom TrueReuse™

- Patentierter Algorithmus zur mehrfachen Verwendung einer Frequenz in einem „Blanket“
 - Normalerweise kann auf einem Kanal nur einmale gesendet werden, bei räumlich hinreichender Entfernung kann aber kontrolliert „parallel“ auf der gleichen Frequenz gesendet werden.
 - Im Prinzip SDMA (Space Division Multiple Access)
 - Hersteller behauptet, dadurch etwa 3-fachen Durchsatz zu erreichen
 - Entspricht dann in der Summe etwa dem erreichbaren Durchsatz traditionelle 3-Kanal Installation (1,6,11)
 - Effektiv sollen deutlich höhere Gesamtbandbreiten erreicht werden (bis 10-fach)
 - Wesentlich ist hierfür der Wegfall der „Randbereiche“ bei traditionellen Zellen
 - An allen Positionen im Blanket herrschen gute SNR-Werte

Meru Networks

- Meru's Lösung basiert auf dem Konzept der Virtual Cell™
 - Lösung basiert auf flächendeckender Versorgung mit einem Kanal
 - Prinzipiell vergleichbare Vorteile wie bei Extricom
 - (fast) kein Handover-Delay
 - Überall gute SNR-Werte (= hohe Übertragungsraten)
 - Load Balancing, Airtime Fairness
 - Mehrere Kanäle für gleiche Fläche nutzbar (Multi-Layer)
 - APs sind
 - aber nicht nur „Funkgeräte“ wie bei Extricom, sondern eher ThinClients, verbunden über L2/L3 mit dem Meru Controller

Meru Networks

- Aufgaben des zentralen Controllers
 - Zentraler Zugriffskontrolle, Air Traffic Control (ATC) Architektur
 - kontrolliert die Radioschicht, verhindert Co-Channel Interferenz
 - Client „sieht“ nur eine virtuelle Zelle, Controller vergibt Zugriffsrechte an Clients
 - Statt CSMA/CA fast deterministische, time-slot basierte Zugangskontrolle
 - Security, Flow-detection usw. werden vom zentralen Controller übernommen
 - QoS damit einfacher steuerbar
 - Beispiel: VoIP Clients erhalten regelmäßige Sendeslots
 - Meru behauptet, 30 Voice Calls über einen 802.11 AP bedienen zu können.

Performanztests / Messungen

- Tests, die flächendeckende Versorgung (viele APs, viele Endsystem) umfassen, sind kaum verfügbar, gar nicht für 802.11n
- Tests von kleinen Installationen (3-4 APs usw.) sind nicht aussagekräftig für Campus-Versorgung
- Ausnahme:
 - The All-Wireless Enterprise: Feasibility and Performance Evaluation, A Fairpoint Group Technical Note, Document FPG 2007-352.1, September 2007, Fairpoint Group
 - Meru-Installation: 802.11g, 73 Notebooks, 50 VoIP Telefone
 - Multi-Layer (3 Channels)
 - Durchsatz insgesamt ca. 120 Mbps (alle 73 Notebooks versuchen permant maximal zu senden)
 - VoIP: gute MOS-Werte, Roundtrip-Delay: ca. 64 ms, Jitter: ca. 0,1 ms
 - Vergleichstest einer kleinen Installation:
 - Evaluating Enterprise-Class Wireless LANs: Real and Virtual Benchmarking, A Fairpoint Group Technical Note, Document FPG 2006-351.1, October 2006
 - Meru (4. Generation) schneidet schlechter ab als Aruba!



Figure 1 – Schematic diagram of the equipment layout used in this testing. All locations of equipment are approximate. Each orange notebook icon represents a single wireless notebook. Each telephone icon represents ten VoFi handsets. Each AP icon represents three APs, one on each of channels 1, 6, and 11. The Meru MC3000 controller was located in the conference room in the center top of this drawing, connected to the APs via switches located on the first floor. *Source:* Farpoint Group.

Tests ausgeführt mit Ixia's IxChariot tool, Release 4.2:

WiMAX (IEEE 802.16)

- WiMAX (IEEE 802.16)
 - hohe Bandbreiten (bis 134 Mbps)
 - Zellgrößen im km-Bereich (bis etwa 50 km)
 - zentrale Zugriffsregelung, QoS / Bandbreitenmanagement
 - Ist / wird definiert für lizenzierte und lizenzfreie Frequenzbereiche (2 – 11 GHz)
- 802.16-2004(802.16d): Fixed WiMAX
- 802.16e-2005: Mobile WiMAX
 - Nutzung bis zu Geschwindigkeiten > 100 kmh
- Derzeit vorrangig im lizenzierten 3,5 GHz Bereich genutzt
- Forderung an die Politik:
 - 1 Frequenzbereich für Hochschulen / Forschungseinrichtungen
 - Ohne „Carrier“-Auflagen

WiMAX - Standardüberblick

	802.16	802.16a	802.16d, Rev. 2004	802.16e	802.20
Datum	12. 2001	01. 2003	07. 2004	3. Q. 2005	2006
Spektrum	10 bis 66 GHz	<11 GHz	<11 GHz	2 bis 6 GHz	<3,5 GHz
Verbreitung	LOS	LOS	LOS/NLOS	NLOS	NLOS
Modulation	QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	OFDM 256, OFDMA, QPSK, 16 QAM, 64 QAM	skalierbares OFDMA, 128 bis 2048 FFT	Flash OFDM
Datenüber- tragungsrate	32 bis 134 Mbit/s	1 bis 75 Mbit/s	1 bis 75 Mbit/s	bis 15 Mbit/s	16 Mbit/s (Uplink) 3,2 Mbit/s (Downlink)
Kanalband- breiten	20, 25, 28 MHz	1,25 bis 20 MHz	1,75 bis 20 MHz	1,5 bis 5 MHz	1,25 und 5 MHz
spektrale Effizienz	<4,8 bit/s/Hz	<3,75 bit/s/Hz	<3,75 bit/s/ Hz	<3 bit/s/Hz	bis 3,2 bit/s/ Hz
Fahrzeug- geschwindigkeit	0 km/h	0 km/h	0 km/h	bis ca. 120 km/h	bis 250 km/h
Zellengröße	1 bis 5 km, 10 km mit Richtantenne	4 bis 8 km, 30 km mit Richtantenne	typ. 5 bis 12 km, 30 km LOS, 6 km NLOS	1 bis 5 km	1 bis 5 km
Latenzzeit	10 ms	10 ms	10 ms	10 ms	30 ms
Anschluss	k.A.	extern	extern	PC-Card	PC-Card

Tabelle 2 Spezifikationen der IEEE-802.16-Protokollfamilie. LOS: Line of Sight - Sichtverbindung, NLOS: Non Line of Sight - keine Sichtverbindung

Quelle:

www.elektroniknet.de

Artikel:

Die nächste „Generation Wireless“, Kommunikation mit hoher Bandbreite wird mobil

Autor:

Prof. Dr. Jörg F. Wollert

WiMAX und QoS

QoS Category	Applications	QoS Specifications
UGS Unsolicited Grant Service	VoIP	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Jitter Tolerance
rtPS Real-Time Polling Service	Streaming Audio or Video	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Traffic Priority
ErtPS Extended Real-Time Polling Service	Voice with Activity Detection (VoIP)	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Maximum Latency Tolerance • Jitter Tolerance • Traffic Priority
nrtPS Non-Real-Time Polling Service	File Transfer Protocol (FTP)	<ul style="list-style-type: none"> • Minimum Reserved Rate • Maximum Sustained Rate • Traffic Priority
BE Best-Effort Service	Data Transfer, Web Browsing, etc.	<ul style="list-style-type: none"> • Maximum Sustained Rate • Traffic Priority

Table 4: Mobile WiMAX Applications and Quality of Service

WiMAX und Mobilität

- Komponenten
 - BS = Basisstation
 - MS = Mobile Station
- Technologie erlaubt Handoverzeiten < 50 ms
- Scanning / Zellenauswahl
 - MS initiiert
 - MS verlässt für n Rahmen den Empfangs-/Sendemodus,
 - scanned nach benachbarten BSs, ermittelt SNRs,
 - initiiert Handover durch Senden einer Target-BS-Liste an aktuelle genutzte BS
 - BS schlägt Target-BS vor
 - MS akzeptiert nicht -> Wiederholung des Zyklus
 - MS akzeptiert -> Handover wird ausgeführt
 - BS kontrolliertes Handover
 - BS schlägt Target-BS vor,
 - ...

Soft Handover / Macro Diversity

- Während des Soft Handover werden
 - die Daten zur MS parallel über mehrere BS gesendet
 - MS addiert Signale kohärent (verbessertes Summensignal)
 - Deswegen auch Macro Diversity genannt
 - Von der MS gesendete Daten werden durch mehrere BS empfangen
 - und ausgewertet, nur mit bester Qualität empfangene Kopie geht ins Transportnetz
 - Ein relativ komplexes Verfahren – mit wechselseitigem Austausch von Informationen über SNRs – entscheidet letztlich den Übergang zu einer neuen BS

Herzlichen Dank!
