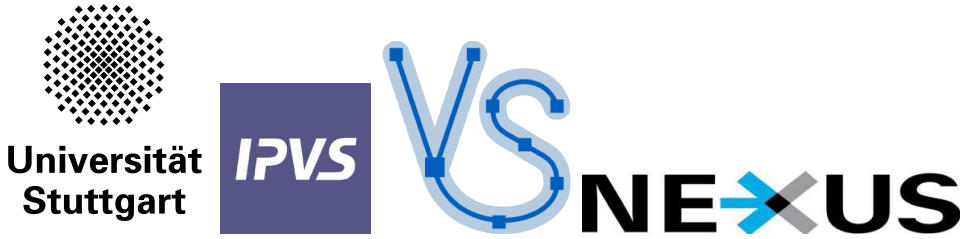


Fachstudie

Hardwareplattformen und Systemsoftware für drahtlose vermaschte Kommunikationsnetze

Bearbeiter:	Alex Egorenkov
	Sergey Telejnikov
	Valeri Schneider
Betreuer:	Dipl.-Inf. Lars Geiger
Prüfer:	Prof. Dr. Kurt Rothermel
Zeitraum:	November 2007 - Januar 2008

Abstract

Mesh-Netze (engl. Wireless Mesh Network, WMN) sind drahtlose Ad-Hoc-Netze bestehend aus stationären Mesh-Routern, die einen Routing-Backbone bilden, und mobilen oder stationären Mesh-Clients. Die Mesh-Clients kommunizieren uber den Backbone mit anderen Mesh-Clients oder erlangen über den Backbone Zugang zum Internet. Mesh-Netze können dabei auch größere Bereiche, beispielsweise ganze Städte abdecken (entsprechende Stadtnetze werden aktuell z.B. durch Google installiert).

Ein entsprechendes Mesh-Netz muss für die Forschungszwecke für den Sonderforschungsbereich (SFB) Nexus an der Universität Stuttgart eingerichtet werden.

Diese Fachstudie befasst sich mit der Ausarbeitung einer Empfehlung für die Beschaffung entsprechender Geräte (*Hardwareplattformen und Systemsoftware*) für den Aufbau eines WMN.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis

1 Einleitung

In diesem Abschnitt werden einige wichtige Begriffe, die im Laufe des Dokuments auftauchen werden, kurz erläutert.

1.1 Grundlagen von Mesh-Netzen

1.1.1 Hintergrund

Ein drahtloses vermaschtes Netz (engl. Wireless Mesh Network, WMN) besteht aus einer Menge von Knoten, die über drahtlose Kommunikationstechniken wie beispielsweise IEEE 802.11 (1.1.4) Nachrichten austauschen. Die Vemaschung der Knoten ermöglicht dabei nicht nur den Austausch von Nachrichten zwischen unmittelbar benachbarten Knoten, sondern auch die Vermittlung von Nachrichten an entfernte Knoten über mehrere Knoten hinweg. Die Vermittlungsfunktionalität wird dabei oft von dedizierten Vermittlungsknoten (engl. Mesh Router) bereitgestellt, die somit eine drahtlose Kommunikationsinfrastruktur für die Klienten (engl. Mesh Client) bilden. Durch den Einsatz vergleichsweise kostengünstiger Hardwarekomponenten und die Vermaschung der Knoten ermöglichen WMNs die kostengünstige Vernetzung auch größerer Gebiete. Entsprechende Netze werden beispielsweise von Community-Projekten wie das Freifunk-Projekt (1.2) oder Firmen wie Google ((1.2) bereits heute in der Praxis für den Aufbau größerer Netze eingesetzt, um beispielsweise kostengünstige Internetzugänge für Stadtteile oder ganze Städte zu realisieren.

WMNs sind auch für den Sonderforschungsbereich (SFB) Nexus an der Universität Stuttgart `http://www.nexus.uni-stuttgart.de` von großem Interesse. Im Zentrum der Forschungen des SFB stehen Umgebungsmodelle für mobile kontextbezogene Systeme. Umgebungsmodelle sind digitale Abbilder der physischen Welt, die von kontextbezogenen Systemen genutzt werden, um sich selbständig an die physische Umgebung des Benutzers anzupassen. Ein einfaches Beispiel sind ortsbezogene Anwendungen, die beispielsweise aufgrund der aktuellen geographischen Position eines Geräts automatisch Informationen über nahe Restaurants, Sehenswürdigkeiten, usw. selektieren können. Zur Kommunikation, insbesondere mit mobilen Geräten, werden dabei hybride Systeme betrachtet, in denen sowohl eine infrastrukturbasierte Kommunikation als auch die direkte Ad-hoc-Kommunikation zwischen mobilen Endsystemen möglich ist. Hierbei spielen WMNs als eine spezielle Ausprägung eines hybriden Kommunikationssystems eine wesentliche Rolle.

1.1.2 Ad-Hoc

Ein Ad-hoc-Netz (lat. ad hoc, sinngemäß für diesen Augenblick gemacht) ist ein drahtloses Rechnernetz, das zwei oder mehr Endgeräte zu einem vermaschten Netz verbindet. Netze,

die sich selbständig aufbauen und konfigurieren, nennt man auch mobile Ad-hoc-Netze (engl. mobile ad hoc network, MANet) oder Mesh-Netze (engl. mesh, Masche, Netz).

Ad-hoc-Netze verbinden mobile Geräte (Netzknoten) wie Mobiltelefone, Personal Digital Assistants und Notebooks ohne feste Infrastruktur wie Wireless Access Points. Daten werden von Netzknoten zu Netzknoten weitergereicht, bis sie ihren Empfänger erreicht haben, wodurch sich die Datenlast vorteilhafter verteilt als in Netzen mit zentraler Anlaufstelle. Knappe Ressourcen wie Rechenzeit, Energie und Bandbreite fordern eine effektive Zusammenarbeit der Netzknoten. Spezielle Routingverfahren sorgen dafür, dass sich das Netz beständig anpasst, wenn sich Knoten bewegen, hinzukommen oder ausfallen.

1.1.3 Mesh-Netz

In einem vermaschten Netz (Mesh-Netz) ist jeder Netzwerkknoten mit einem oder mehreren anderen verbunden. Die Informationen werden von Knoten zu Knoten weitergereicht, bis sie das Ziel erreichen. Vermaschte Netze sind im Regelfall selbstheilend und dadurch sehr zuverlässig: Wenn ein Knoten oder eine Verbindung blockiert ist oder ausfällt, kann sich das Netz darum herum neu stricken. Die Daten werden umgeleitet und das Netzwerk ist nach wie vor betriebsfähig.

Vorteile eines vermaschten Funknetzes:

- Sicherste Variante eines Netzwerkes
- Bei Ausfall eines Endgerätes ist durch Umleitung die Datenkommunikation weiterhin möglich
- Sehr leistungsfähig
- Gute Lastverteilung
- Niedrige Netzwerkkosten
- Keine zentrale Verwaltung

Nachteile eines vermaschten Funknetzes:

- Vergleichsweise komplexes Routing nötig
- Speichern von Routing-Tabellen in jedem Endgerät
- Jedes Endgerät arbeitet als Router und ist demnach oft aktiv
- Die Endgeräte sollten möglichst eingeschaltet bleiben
- Höherer Stromverbrauch im Endgerät

1.1.4 IEEE 802.11a/b/g

IEEE 802.11 (auch: Wireless LAN, WLAN, WiFi) bezeichnet eine IEEE-Norm für drahtlose Netzwerkkommunikation. Herausgeber ist das Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE).

802.11a spezifiziert eine weitere Variante der physikalischen Schicht, die im 5-GHz-Band arbeitet und Übertragungsraten bis zu 54 MBit/s ermoglicht.

Vorteile

- weniger genutztes Frequenzband, dadurch häufig störungsfreierer Betrieb möglich
- in Deutschland 19 (bei BNetzA-Zulassung) nicht überlappende Kanäle
- höhere Reichweite, da mit 802.11h bis zu 1000 mW Sendeleistung möglich

Nachteile

- stärkere Regulierungen in Europa: auf den meisten Kanälen DFS nötig
- auf einigen Kanälen kein Betrieb im Freien erlaubt
- falls kein TPC benutzt wird, muss die Sendeleistung reduziert werden
- Ad-hoc-Modus wird von den meisten Geräten nicht unterstützt
- geringere Verbreitung, daher wenig verfügbare Geräte auf dem Markt und hohe Kosten

802.11b ist ebenfalls eine alternative Spezifikation der physikalischen Schicht, die mit dem bisher genutzten 2,4-GHz-Band auskommt und Übertragungsraten bis zu 11 MBit/s ermöglicht.

Vorteile

- gebuhrenfreies freigegebenes ISM-Frequenzband
- hohe Verbreitung und daher geringe Gerätekosten

Nachteile

- Frequenz muss mit anderen Geräten/Funktechniken geteilt werden (Bluetooth, Mikrowellenherde, etc.)
- störungsfreier Betrieb von nur maximal 3 Netzwerken am selben Ort möglich, da effektiv nur 3 brauchbare (kaum überlappende) Kanäle zur Verfügung stehen (in Deutschland: 1, 7, 13)

1.1.5 Ad-Hoc Routing-Protokolle

Ein Ad-hoc Netzwerk beispielsweise ein Sensornetzwerk besteht aus einer großer Anzahl von Knoten, die sich typischerweise spontan vernetzen müssen. Über Funk können diese Knoten miteinander kommunizieren. Aber Knoten kann wegen der Leistungsfähigkeit, des Energieverbrauches und auch der Mobilität nicht mit allen anderen Knoten direkt Daten übertragen. Routing Methoden bieten die Möglichkeit, Kommunikation zwischen zwei Knoten mit Hilfe der anderen Knoten auszuführen, wenn die zwei Knoten miteinander nicht direkt kommunizieren können.

Es gibt mehr als 70 konkurrierende Entwürfe für das Routing der Pakete durch ein Mobiles Ad-Hoc/Maschennetzwerk. Eine Klassifikation der Routingprotokolle kann durch Anzahl der Empfänger getroffen werden:

- unicast Routing - Ziel der Datenübertragung ist ein einzelner Knoten
- multicast Routing - Ziel sind mehrere Knoten
- geocast Routing - Ziel sind alle Knoten in einem bestimmten geografischen Bereich
- broadcast Forwarding - Ziel sind alle Knoten in der Reichweite des Senders

Eine andere Möglichkeit der Klassifikation besteht in der Einteilung der Protokolle hinsichtlich des grundsätzlichen Ansatzes. Diese Ansätze werden im Folgenden vorgestellt.

Positionsbasierte Routingverfahren

Positionsbasierte Routingverfahren nutzen geodätische Informationen über die genauen Positionen der Knoten. Diese Informationen werden z. B. über GPS-Empfänger gewonnen. Anhand dieser Ortsinformationen lässt sich der kürzeste oder der beste Pfad zwischen Quell- und Zielknoten bestimmen. Ein Beispiel für ein positionsbasiertes Routingprotokoll ist LAR.

Topologiebasierte Routingverfahren

Die topologiebasierten Routingverfahren kommen ohne geodätische Informationen über die Positionen der Knoten des mobilen Ad-hoc-Netzes aus. Ihnen genügen logische Informationen über die Nachbarschaftsbeziehungen der Knoten, also welche Knoten eine direkte Verbindung haben oder über einen oder mehrere Zwischenknoten (hop) in Verbindung treten können. Diese Nachbarknoten können miteinander kommunizieren. Die topologischen Informationen werden meistens durch den Versand so genannter HELLO-Pakete gewonnen. Je nach Zeitpunkt des Aufbaus der Topologiedatenbasis handelt es sich um proaktives oder reaktives Routing. Ein Beispiel für ein Protokoll aus dieser Klasse ist das Neighbourhood Discovery Protocol (NHDP), das Elemente des Optimized Link State Routing Protocol (OLSR) verwendet.

Proaktive Verfahren

Proaktive Routingverfahren bestimmen die zu verwendenden Pfade zwischen zwei Knoten bereits, bevor diese für die Übertragung von Nutzdaten benötigt werden. Sollen dann Nutzdaten verschickt werden, so muss nicht auf die Bestimmung des Pfads zum Zielknoten gewartet werden. Nachteilig ist dafür jedoch, dass diese Verfahren auch ohne Verkehr von Nutzdaten viele Kontrollpakete verschicken, um Pfade zu bestimmen, die womöglich später nicht benötigt werden. Ein Beispiel für ein Protokoll aus dieser Klasse ist das Optimized Link State Routing Protocol (OLSR).

Reaktive Verfahren

Im Gegensatz zu den proaktiven Verfahren bestimmen reaktive Routingverfahren für mobile Ad-hoc-Netze die benötigten Pfade zwischen zwei Knoten erst, wenn Nutzdaten übertragen werden sollen. Daraus ergibt sich, dass das erste Datenpaket einer Verbindung erst mit Verzögerung versendet werden kann, da zunächst auf den Abschluss der Routenbestimmung gewartet werden muss. Dafür werden allerdings auch nur Kontrollpakete versendet, wenn Nutzdaten verschickt werden und dies zur Routenbestimmung notwendig ist. Dies schlägt sich positiv im Energieverbrauch der Knoten nieder. Das Protokoll Ad hoc On-Demand Distance Vector (AODV) ist ein Beispiel für ein Protokoll dieser Kategorie.

Hybride Verfahren

Hybride Verfahren kombinieren proaktive und reaktive Routingverfahren. Dabei soll das Ziel erreicht werden, die Vorteile der beiden Ansätze in einem neuen Routingprotokoll zusammenzufassen. Beispielsweise kann in einem lokal beschränkten Bereich ein proaktives Verfahren eingesetzt werden, während für weiter entfernte Ziele ein reaktives Verfahren eingesetzt wird. Dies vermindert die Belastung des Netzes durch Kontrollpakete, die bei einem rein proaktiven Verfahren über das gesamte Netz versendet würden. Trotzdem stehen für lokale Ziele sofort Pfade zur Verfügung, ohne dass auf deren Bestimmung wie bei einem rein reaktiven Verfahren gewartet werden müsste. ZRP ist ein Routingprotokoll, das diesen Ansatz umsetzt.

1.1.5.1 OLSR

Optimized Link State Routing, kurz OLSR, ist ein Routingprotokoll für mobile Ad-hoc-Netze, das eine an die Anforderungen eines mobilen drahtlosen LANs angepasste

Version des Link State Routing darstellt. Es wurde von der IETF mit dem RFC 3626 standardisiert. Bei diesem verteilten flexiblen Routingverfahren ist allen Routern die vollständige Netztopologie bekannt, sodass sie von Fall zu Fall den kürzesten Weg zum Ziel festlegen können. Als proaktives Routingprotokoll hält es die dafür benötigten Informationen jederzeit bereit. Ein in Mesh-Netzwerken bekannter Vertreter von LSR ist OLSR von olsr.org. Inzwischen existieren für OLSR spezielle Erweiterungen. Mit der ETX-Erweiterung wird dem Umstand Rechnung getragen, dass Links asymmetrisch sein können. Mit dem Fisheye-Algorithmus ist OLSR auch fur großere Netzwerke brauchbar geworden, da Routen zu weiter entfernten Knoten weniger häufig neu berechnet werden. Der entscheidende Nachteil ist aber der trotz Fisheye-Algorithmus noch recht hohe Rechenaufwand von OLSRD, sobald die Anzahl an Knoten ein gewisses Maß ubersteigt.

1.1.5.2 B.A.T.M.A.N.

Ausgehend von den Erfahrungen mit Freifunk-OLSR begannen die Entwickler aus der Freifunk-Community im März 2006 in Berlin damit, ein neues Routingprotokoll für drahtlose Meshnetzwerke zu entwickeln. Alle bisher bekannten Routingalgorithmen versuchen Routen entweder zu berechnen (proaktive Verfahren) oder sie dann zu suchen, wenn sie gebraucht werden (reaktive Verfahren). Das neue Protokoll B.A.T.M.A.N. (BETTER APPROACH TO MOBILE ADHOC NETWORKING) berechnet oder sucht im Gegensatz zu diesen Protokollen keine Routen, es erfasst lediglich, ob Routen zu anderen Knoten existieren und überwacht ihre Qualität. Dabei interessiert es sich nicht dafür, wie eine Route verläuft, sondern ermittelt lediglich, über welchen direkten Nachbarn ein bestimmter Netzwerkknoten am besten zu erreichen ist, und trägt diese Information proaktiv in die Routingtabelle ein.

1.2 Existierende Lösungen und Projekte

FreiFunk hat zum Ziel, freie, unabhängige und nichtkommerzielle Computer-Funknetze zu etablieren. Es bildet eine Plattform für Menschen, die an einer offenen Netzwerk-Infrastruktur interessiert sind.

http://wiki.freifunk.net/Hauptseite

OpenNet hat sich zur Aufgabe gemacht, freie und offene Kommunikationsinfrastrukturen zu fördern. Dabei setzen die Vereinsmitglieder auf WLAN-Technik und die Vernetzung von Dach zu Dach und Haus zu Haus.

http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/Hauptseite

UMIC-Mesh ist ein hybrides Testbed für WMNs. Das Projekt verfolgt 2 Ziele, einerseits ein großes und sklalierbares Ad-Hoc Mesh-Netzwerk für Forschung bereitzustellen und andererseits allen Studenten und Mitarbeiter der Computer Science Abteilung einen breitbandigen Zugang zum Netzwerk der Abteilung zur Verfügung zu stellen.

http://umic-mesh.net/

Google WiFi ist ein freies WMN, das von Google finanziert wird und zur Zeit in Mountain View in Kalifornien eingesetzt wird.

http://wifi.google.com/

2 Aufgabenstellung

Für Forschungszwecke soll innerhalb des SFB Nexus (http://www.nexus.uni-stuttgart.de) ein WMN installiert werden.

Dieses WMN dient

- einerseits Nexus-Anwendungen, insbesondere Anwendungen auf mobilen Geräten, als *Kommunikationsmedium*.
- andererseits auch als *Testbed* zur Erforschung verschiedener Erweiterungen von WMNs.

Dieses WMN soll beispielsweise der Untersuchung neuartige kontextbezogener Kommunikationsmechanismen, der Erforschung von Publish/Subscribe-Diensten für WMNs oder der Verwaltung von Umgebungsmodellen innerhalb eines hybriden Systems wie es ein WMN darstellt, dienen.

Ziel dieser Fachstudie ist die Ausarbeitung einer Empfehlung für die Beschaffung entsprechender Geräte (*Hardwareplattformen und Systemsoftware*) für den Aufbau eines WMN.

Das Vorgehen umfasst im einzelnen:

- Einarbeitung in grundlegende WMN-Technologien
- Analyse der Anforderungen des Nexus-Projektes an ein WMN
- Erstellung einer Übersicht über aktuelle verfügbare Hardwareplattformen und Systemsoftware für WMN
- Bewertung der analysierten Systeme hinsichtlich der ermittelten Anforderungen
- Ausarbeitung einer Empfehlung für eines geeigneten WMN hinsichtlich Hardwareplattform und Systemsoftware

3 Anforderungen

Nach der Einarbeitung in WMN-Technologien und Analyse der Anforderungen des Nexus-Projektes wurde folgendes festgehalten:

3.1 Anforderungen an Hardware

- IEEE 802.11a kompatibel (5Ghz Frequenzen)

- Ad-hoc Modus (auch bei 5Ghz Frequenzen)
- Treiber für Linux und Windows
- Open-Source Firmware für Router
- Zusätzlich zu Wireless Mesh Network auch weitere (Netzwerk-)Schnittstellen zur Verwaltung vorsehen (LAN)
- Nach Möglichkeit keine selber gebastelten Lösungen
- Unterstützung von IEE 802.11n wäre vorteilhaft
- 2 Mini PCI-Slots bei Routern, damit auf verschiedenen Frequenzbändern gesendet und empfangen werden kann (Performanceverbesserung)

3.2 Anforderungen an Software

- Betriebsystem ist nicht festgelegt, soll Ergebnis der Fachstudie sein
- Freiheit bei Routingprotokollen (Austauschbarkeit)
- Software soll Konfigurierung und Instrumentierung von WMN ermöglichen
- Topologie verändern bzw. erfassen soll möglich sein
- Visualisierung von Anfragen und Topologie

3.3 Zusätzliche Anforderungen

- Abdeckung des Gebäudes Universitätsstraße 38
- Verbindung mit Informatik-Netz nur über Gateway mit strikter Filterung (nur eine Richtung (UNI->Mesh) für die Verwaltung)
- Aufwandschätzung (wie viele Knoten usw.)
- Budget max. 25.000 Euro (evtl. mehr in Zukunft)
- 4-5 Mesh-Knoten pro Quadrat
- Speicherkapazität wichtig bei Routern
- PC + WLAN-Karten sind wegen Flexibilität vorzuziehen
- PDAs (bzw. andere kleine Clients) mit 802.11a

4 Hardware-Lösungen für den Aufbau eines Mesh-Netzwerkes

Es gibt verschiedene Möglichkeiten ein Meshnetzwerk aufzubauen. Im Weiteren werden einige davon im Detail beschrieben. Die Vorteile und Nachteile von einzelnen Möglichkeiten werden ebenfalls erläutert.

4.1 PCs + WLAN-Karten

Die einfachste Möglichkeit wäre die herkömmlichen PCs mit WLAN-Karten zu einem Mesh-Router einzurichten. Man nimmt dabei einfach die WLAN-Karten (PCI, Mini-PCI oder PCMCIA) und baut diese in PCs oder in Laptops ein. Man installiert dann auf diesen Rechnern entsprechende Treiber, die WLAN-Karten im Ad-Hoc Modus betreiben können und Routing-Software, z.B. OLSR-Daemon.

Generelles Problem dabei ist, dass Ad-Hoc Modus bei Karten im 5Ghz Bereich von unausgereift bis nicht vorhanden ist (siehe 1.1.4).

Hersteller haben gespart an der Entwicklung, da Ad-Hoc Modus einigermaßen kompliziert ist, und alle meist nur Infrastrukturmodus benutzt haben. Fehler liegen in Firmware von Chipsatz und im Treiber.

Es gibt einen MadWiFi-Treiber, der für eine Vielzahl von Chipsätzen entwickelt wurde und mit dem sollte es einigermaßen funktionieren, sobald dieser noch zusätzlich gepacht ist, und Firmware der Karte Ad-Hoc zulässt. Generell wegen der geringen Verbreitung von 802.11a in Europa, sind nur wenige Karten erhältlich. Z.B konnten Karten mit Atheros Chipsatz, z.B AR5004X, uns weiterhelfen.

Vorteile:

- Seht Flexibel (Hardware kann noch nützlich sein)
- Installation ist relativ einfach
- Software Unterstützung ist vorhanden
- Mehrere WLAN und Ethernet Interfaces möglich

Nachteile:

- Groß und stationär
- Stromversorgung
- Schlechte Sende- und Empfangqualität, da sich die Antenne im elektromagnetischen Stromnebel des PCs befindet

4.1.1 PCI-WLAN-Karten

Peripheral Component Interconnect, meist PCI abgekürzt, ist ein Bus-Standard zur Verbindung von Peripheriegeräten mit dem Chipsatz eines Prozessors. Da der PCI-Bus vom Prozessor relativ unabhängig ist, wird er nicht nur im PC benutzt, sondern z.B. auch im Alpha-PC oder im Macintosh. Über den PCI-Bus kann der Prozessor die wichtigsten Ein- und Ausgabekomponenten (z.B. Controller, Grafikkarte) „lokal“ und damit schneller ansprechen. Ursprünglich sollte der PCI-Bus die Anforderungen in PCs für Grafik-, Netzwerk- und andere Schnittstellenkarten über längere Zeit erfüllen. Allerdings wurde er schon nach kurzer Zeit zu langsam für schnelle Grafikkarten, so dass für diese 1997 ein zusätzlicher Steckplatz, der Accelerated Graphics Port (AGP), eingeführt wurde. Für so gut wie alle anderen Steckkarten-Typen blieb PCI dagegen bis heute Standard, soll aber ab 2005 schrittweise von PCI-Express ersetzt werden.

PCI-WLAN-Karten werden in einen freien PCI-Steckplatz des Mainboards gesteckt. Ein Vorteil von PCI-WLAN-Karten ist die bessere Stabilität im Betrieb. Weiterhin besitzen die meisten PCI-WLAN-Karten die Möglichkeit die mitgelieferte Antenne gegen eine andere zu tauschen. Zu beachten ist, dass die Antenne üblicherweise direkt hinten an der Karte angebracht ist und somit in unmittelbarer Nähe zum PC-Gehäuse ist. Dies kann jedoch negative Auswirkungen auf die Reichweite oder den Datendurchsatz haben. Deshalb kann es für einen bessere Verbindung notwendig sein, die Antenne mit einem Koaxialkabels vom Rechnergehäuse zu entfernen.

Vorteile:

- Bessere Stabilität im Betrieb
- Meistens abschraubbare Antenne
- Verschwinden im Gehäuse, Platz wird nicht verschwendet

Nachteile:

- Oft recht schlechte Empfangs/Sendeleistung, weil die kleine Antenne ja direkt hinten am Rechner rauskommt (Lösung: zusätzliche Antenne)

4.1.1.1 Linksys WMP55AG

Abbildung 1: Linksys WMP55AG

Chipsatz:

- Atheros AR5213A

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- LEAP

Treiber:

- Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme. Windows-Treiber werden von Linksys bereitgestellt.

Preis:

- ca. 90 Euro

Installation:

- Lasst sich leicht sowohl unter Windows als auch unter Linux (MadWifi-Treiber) installieren.

  http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Linksys
- http://forums.fedoraforum.org/showthread.php?t=91165
- http://www.pcworld.com/product/specs/prtprdid,704176/wireless_ag_54mbps_pci_adptr_80211a80211b80211g_compatible.html
- http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_CASupport_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1169671168007&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper&lid=6800768007N09

4.1.1.2 Netgear WAG311

Abbildung 2: Netgear WAG311

Chipsatz:

- Atheros AR5212

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA, WPA-PSK

- PPTP, P2TP, IPSec VPN pass-through

Treiber:

- Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.

Preis:

- ca. 50-60 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

  http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear_wg311t_pci.html

Weitere Informationen:

- Externe Antenne, die mit der WLAN-PCI-Karte durch langes Kabel verbunden ist. Das Kabel lässt sich nicht von der PCI-Karte trennen.

Links:

- http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WAG311.aspx
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear
- http://www.linuxquestions.org/questions/mandriva-30/using-netgear-wag311-via-ma
- http://www.packetpro.com/~peterson/linux-netgear_wg311t_pci.html
- http://www.netgear.com/upload/product/wag311/enus_ds_wag311.pdf

4.1.1.3 D-Link DWL-A520

Abbildung 3: D-Link DWL-A520

Chipsatz:

- Atheros AR5210

IEEE Standards:

- 802.11a

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)

Treiber:

- Von D-Link werden nur Treiber für Windows bereitgestellt. Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.

Preis:

- ca. 70-80 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Weitere Informationen:

- Antenne ist nicht abschraubbar.

Links:

- http://support.dlink.com/products/print.asp?productid=DWL-A520
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link

4.1.1.4 Gigabyte GN-WPEAG

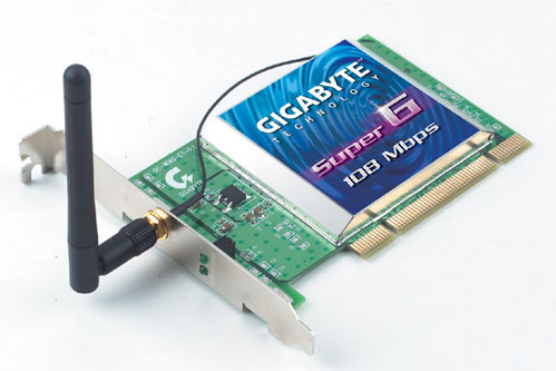


Abbildung 4: Gigabyte GN-WPEAG

Chipsatz:

- Atheros AR5212

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Von Gigabyte werden nur Treiber für Windows bereitgestellt.

  http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver_Model.aspx?ProductID=952

  Sehr gute Linux-Unterstützung, MadWifi-Treiber funktioniert mit dieser WLAN PCI-Karte ohne Probleme.

  http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Preis:

- ca. 70-80 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Weitere Informationen:

- Abschraubbare Antenne mit reversed SMA. Eigentlich ist das eine Mini-PCI-Karte mit PCI-Adapter.

Links:

- http://www.gigabyte.com.tw/Products/Communication/Products_Spec.aspx?ProductID=952
- http://www.gigabyte.com.tw/Support/Communication/Driver_Model.aspx?ProductID=952
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Gigabyte

4.1.1.5 Andere PCI-WLAN-Karten

- Intel PRO/Wireless 5000

  Chipsatz Intel, 802.11a WLAN PCI-Karte, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, Treiber von Intel nur für Windows vorhanden, für Linux werden keine Treiber entwickelt, kostet ca. 200 Euro

  http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/pciadapter
  ftp://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/PRO5000_INFO.pdf

- D-Link DWL-AG530

  Chipsatz Atheros AR5212 oder AR5213, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, Externe abschraubbare Antenne, kostet ca 80 Euro

  http://www.dlink.com/products/?pid=306
  http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link

- D-Link DWL-G550

  Chipsatz Atheros AR5212, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, Externe abschraubbare Antenne, kostet ca 60 Euro

  http://www.dlink.com/products/?pid=414

http://madwifi.org/wiki/Compatibility/D-Link

4.1.2 Mini-PCI WLAN-Karten

Mini-PCI ist eine vor allem für die Nutzung in Notebooks und Laptops miniaturisierte Version des PCI Steckplatzes, wie er in allen Desktop PCs vorkommt. PCI steht dabei für Peripheral Component Interconnect. Die Abmessungen einer Mini-PCI Card betragen 6,0 x 4,6 x 0,5 cm.

Mini-PCI WLAN-Karten sind ursprünglich für Laptops gedacht, sind aber mit entschprechenden Adaptoren (PCI-zu-MiniPCI) und externen Antennen auch im normalen PCs zu verwenden. Als Vorteil ist dabei die Flexibilität zu nehnen. Als Nachteil - die Zusätzliche Kosten und Installationen. Meist sind Mini-PCI Cards für Wireless LAN bereits vom Hersteller eingebaut. Der Vorteil der Ausführung als standardisiertes Modul liegt darin, daß eine Mini-PCI Card in aller Regel einfach gegen eine andere Card - auch eines anderen Herstellers - ausgetauscht werden kann. Im Falle der WLAN Mini-PCI Module kann z.B. problemlos vom langsameren 802.11b Standard auf ein schnelleres WLAN Modul nach 802.11g gewechselt werden.

Vorteile:

- Können mit Hilfe eines Adapters zu einer PCI-WLAN-Karte umgebaut werden
- Können leicht ausgetauscht werden

Nachteile:

- Meistens kostenintensiv
- Installationen

4.1.2.1 Wistron CM9 Atheros AR5213A

Abbildung 5: Wistron CM9 Atheros AR5213A

Chipsatz:

- Atheros AR5213A

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Herrvorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.

  http://madwifi.org/

Preis:

- ca. 40 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://www.alix-board.de/produkte/wistroncm9.html
- http://www.pcengines.ch/cm9.htm
- http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?pid=10213
- http://madwifi.org/
- http://madwifi.org/ticket/1209

4.1.2.2 Intel PRO/Wireless 3945

Abbildung 6: Intel PRO/Wireless 3945

Chipsatz:

- Intel

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Es werden von Intel Treiber sowohl für Windows als auch für Linux bereitgestellt.

  http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=2259

  Von Intel wurde ein Projket für die Unterstützung von Intel PRO/Wireless

3945 erstellt.

http://ipw3945.sourceforge.net

Der ipw3945-Treiber funktioniert auch im Ad-Hoc-Modus, aber nicht sehr stabil, es kommt oft zu Verbindungsabbrüchen.

Preis:

- ca. 20-30 Euro

Installation:

- Im Gegensatz zu den „klassischen“ Intel Wireless-Chipsätzen 2100- und 2200BG-Chipsätzen ist der Treiber für den 3945ABG noch nicht im Kernel verfügbar. Um auch damit kabellos ins Internet zu gehen, sind ein paar Handgriffe notwendig.

  http://ipw3945.sourceforge.net/README.ipw3945

  http://ipw3945.sourceforge.net/INSTALL

Links:

- http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/prowireless_mobile.htm
- http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=2259
- http://ipw3945.sourceforge.net/
- http://ipw3945.sourceforge.net/README.ipw3945
- http://ipw3945.sourceforge.net/INSTALL

4.1.2.3 Intel PRO/Wireless 2915

Abbildung 7: Intel PRO/Wireless 2915

Chipsatz:

- Intel

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Es werden von Intel Treiber sowohl für Windows als auch für Linux bereitgestellt.

  http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=1847

  Von Intel wurde ein Projket für die Unterstützung von Intel PRO/Wireless 2915 erstellt.

  http://ipw2200.sourceforge.net

Der ipw2200-Treiber funktioniert auch im Ad-Hoc-Modus, aber nicht sehr stabil, es kommt oft zu verbindungsabbrüchen. Der ipw2200-Treiber ist im Kernel 2.6 enthalten, kann aber auch separat als Modul kompiliert werden. Der im Kernel enthaltene Treiber unterstützt den Monitor-Modus nicht.

Preis:

- ca. 30 Euro

Installation:

- http://ipw2200.sourceforge.net/README.ipw2200

  http://ipw2200.sourceforge.net/INSTALL

Links:

- http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro2915abg
- http://download.intel.com/support/wireless/wlan/pro2915abg/sb/303330002us_channel.pdf
- http://ipw2200.sourceforge.net/
- http://www.intel.com/cd/personal/computing/emea/deu/234998.htm
- http://downloadcenter.intel.com/Product_Filter.aspx?ProductID=1847

4.1.2.4 Intel Wireless WiFi Link 4965AGN

Abbildung 8: Intel Wireless WiFi Link 4965AGN

Chipsatz:

- Intel

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g/n(draft)

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- http://www.intellinuxwireless.org/

Preis:

- ca. 30 Euro

Installation:

- http://www.intellinuxwireless.org/

Links:

- http://www.intel.com/network/connectivity/products/wireless/wireless_n/overview.htm
- http://www.intellinuxwireless.org/
- http://www.wifi-info.de/intel-kuendigt-11n-chipsatz-fuer-centrino-notebooks-an/01/2007/
- http://downloadcenter.intel.com/filter_results.aspx?strTypes=all&ProductID=2753&OSFullName=Linux*&lang=eng&strOSs=39&submit=Go%21

4.1.3 PCMCIA WLAN-Karten

Diese WLAN-Karten sind für Notebooks gedacht. Heutzutage ist es jedoch üblich, dass die Notebooks schon einen integriertes WLAN-Modul (Mini-PCI) eingebaut haben. Damit ist die Notwendigkeit dieser Module nur noch für Notebooks älteren Generationen notwendig. Die meisten Module haben keinen Anschluss für eine externe Antenne.

Vorteile:

- Leichete Installation
- Austauschbarkeit

Nachteile:

- Veraltet
- Keinen Anschluss für eine externe Antenne

4.1.3.1 Proxim Orinoco Gold 8480-WD

Abbildung 9: Proxim Orinoco Gold 8480-WD

Chipsatz:

- Atheros AR5212

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Unter Linux herrvorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.

  http://madwifi.org/

Preis:

- ca. 80 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://www.proxim.com/products/wifi/client/abgcard/index.html
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Proxim

4.1.3.2 Netgear WAG511

Abbildung 10: Netgear WAG511

Chipsatz:

- Atheros AR5001X+

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2
- PTP, P2TP, IPSec, VPN pass-through

Treiber:

- Von Netgear werden nur Windows Treiber angeboten.

  http://www.netgear.de/de/Support/download.html?func=Detail&id=10676

  Unter Linux herrvorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.

http://madwifi.org/

Preis:

- ca. 50-60 Euro

Installation:

- http://www.lrz-muenchen.de/services/netz/mobil/funklan-installation/installation/windowsxp_wg511/flan-instwxp.html

  http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WAG511.aspx
- http://www.netgear.de/de/Support/download.html?func=Detail&id=10676
- http://www.netgear.de/Produkte/Wireless/DualBand/WAG511/index.html
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear

4.1.3.3 SMC 2536W-AG

Abbildung 11: SMC 2536W-AG

Chipsatz:

- Atheros AR5001

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Von SMC werden nur Treiber für Windows angeboten.

  http://www.smc.com/index.cfm?event=downloads.searchResultsDetail&localeCode=EN_USA&productCategory=9&partNumber=2916&modelNumber=348&knowsPartNumber=false&userPartNumber=&docId=3103

  Unter Linux herrvorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.

  http://madwifi.org/

Preis:

- ca. 80 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://www.smc.com/index.cfm?event=viewProduct&cid=9&scid=49&localeCode=EN%5FUSA&pid=348
- http://www.smc.com/files/AC/2536Wag_Ds_ww.pdf
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/SMC
- http://forums.fedoraforum.org/archive/index.php/t-101517.html

4.1.3.4 Linksys WPC55AG

Abbildung 12: Linksys WPC55AG

Chipsatz:

- Atheros AR5212 oder AR5006X

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Sicherheit:

- WEP (40-, 104-, 128-bit)
- WPA
- WPA2

Treiber:

- Von Linksys werden nur Treiber für Windows bereitgestellt.

  http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_Product_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper

  Auch hier kann man Treiber für Windows finden:

http://www.phoenixnetworks.net/atheros.php

Unter Linux herrvorragende Unterstützung von MadWifi-Treiber, auch Ad-Hoc-Modus.

http://madwifi.org/

Preis:

- ca. 50-60 Euro

Installation:

- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/FirstTimeHowTo

Links:

- http://www.linksys.com/servlet/Satellite?c=L_Product_C2&childpagename=US%2FLayout&cid=1115416827328&pagename=Linksys%2FCommon%2FVisitorWrapper
- http://www.phoenixnetworks.net/atheros.php
- http://madwifi.org/
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Linksys
- http://reviews.cnet.com/adapters-nics/linksys-wpc55ag-dual-band/4505-3380_7-21128291.html
- http://www.google.de/search?q=Linksys+WPC55AG
- http://lists.funkfeuer.at/pipermail/discuss/2006-September/001592.html
- http://www.uk-surplus.com/manuals/brochures/linksyswpc55duser.pdf

4.1.3.5 Andere PCMCIA-WLAN-Karten

- Intel PRO/Wireless 5000

  Chipsatz Intel, 802.11a WLAN PCMCIA-Karte, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, Treiber von Intel nur für Windows vorhanden, für Linux werden keine Treiber entwickelt, kostet ca. 150 Euro

  http://www.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/lancardbus

- Netgear WAB501 Chipsatz Atheros AR5211, 802.11a/b WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung

http://kbserver.netgear.com/products/WAB501.asp
http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear

- Netgear WG511U

  Chipsatz Atheros AR5004X, 802.11a/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung

  http://www.netgear.com/Products/Adapters/AGDualBandWirelessAdapters/WG511U.aspx
  http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Netgear

- Proxim Orinoco Silver 8481-WD

  Chipsatz Atheros AR5001X+, 802.11a/b/g WLAN-Karte, MadWifi-Treiber Unterstützung, kostet ca 80-90 Euro

  http://www.proxim.com/products/wifi/client/abgcard/index.html
  http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Proxim

- Cisco Aironet CB21AG

  Chipsatz Atheros 5212, 802.11a/b/g WLAN-Karte, Madwifi-Treiber Unterstützung, kostet ca 100 Euro

  http://madwifi.org/wiki/Compatibility/Cisco

4.2 WLAN-Router

Die Kombination aus Access Point und Router wird häufig als WLAN-Router bezeichnet. Das ist solange korrekt, soweit es einen WAN-Port gibt. Das Routing findet dann zwischen WLAN und WAN (und falls vorhanden auch zwischen LAN und WAN) statt. Fehlt dieser WAN-Port, handelt es sich hier lediglich um Marketing-Begriffe, da reine Access Points auf OSI-Ebene 2 arbeiten und somit Bridges und keine Router sind. Oft sind das aber keine vollständigen Router, da diese Geräte ausschließlich als Internetzugangs-Systeme dienen und nur mit aktiviertem PPPoE (oder PPPoA) sowie NAT-Routing (oder IP-Masquerading) eingesetzt werden können.

In diesem Abschnitt werden so genannte *stand-alone* Lösunden für eine WMN vorgestellt.

4.2.1 SoHo-Router

Man kann herkömmliche WLAN-Router für Heimanwender (SoHO-Router - small or home office) kaufen, die sich mit alternativer Firmware (spezielle Linux-Software mit OLSR-daemon) zu einem Mesh-Router umrüsten lassen. Ein WLAN-Router ist die Kombination eines normalen Routers (Kabelrouter) mit einem Accesspoint. Es gibt solche mit eingebauten Modem und andere mit einem Anschluss (WAN-Port) dafür (für Modems mit LAN-Anschluss). Ein Nachteil ist, dass es viele Modelle gibt, die eine fix verbaute Antenne haben, die nicht gewechselt werden kann.

Vorteile:

- Klein und und handlich
- Mobil und flexibel
- Sehr günstig
- Gute Reichweite
- Wenig Stromverbrauch
- Leichte Konfiguration und Installation

Nachteile:

- Meistens fix verbaute Antenne
- Eingeschränkte Software-Unterstützung
- Open-Source Firmware schwer zu finden
- Durch das Öffnen von Geräten und das Einspielen von fremder Firmware erlischt

die Garantie des Herstellers

- Eingeschränkter Funktionsumfang

4.2.1.1 Linksys WRT54G v1.0

Abbildung 13: Linksys WRT54G v1.0

IEEE Standards:

- 802.11b/g
- 802.11a/b/g (wenn man die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a/b/g WLAN-Karte austauscht)

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Firmware:

- Es gibt mehrere fremde frei verfügbare Firmware für dieses Gerät. Alle unten aufgeführten Firmware sind Open-Source Projekte:

  OpenWRT

  http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT54G

  DD-WRT

  http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys_WRT54G/GL/GS/GX

Preis:

- ca. 40-50 Euro

Installation:

- Die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a Mini-PCI austauschen und oben erwähnte frei verfügbare Firmware installieren (siehe oben Firmware).

Weitere Informationen:

- Ein Mini-PCI Slot ist für eine WLAN-Karte vorhanden.

Links:

- http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT54G
- http://www.dd-wrt.com/wiki/index.php/Linksys_WRT54G/GL/GS/GX
- http://forum.opennet-initiative.de/thread.php?threadid=505&sid=56c53647db6353a41
- http://www.linksysinfo.org/forums/showthread.php?t=47124

4.2.1.2 Linksys WRT55AG

Abbildung 14: Linksys WRT55AG

IEEE Standards:

- 802.11a/b/g

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Firmware:

- Open-Source Firmware befindet sich noch in Entwicklung:

  Modifizierte Version von OpenWRT Kamikaze

  http://legacy.not404.com/cgi-bin/trac.fcgi/wiki/OpenWRT/Atheros/Linksys/WRT55AGv2#KamikazeKernelonWRT55AGv2

  OpenWRT

  http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT55AG

Preis:

- ca. 70-80 Euro

Weitere Informationen:

- 2 Slots sind für Mini-PCI WLAN-Karten vorhanden.

Links:

- http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Linksys/WRT55AG
- http://www.tomsnetworking.de/content/tests/j2003a/test_linksys_wrt55ag/index.html
- http://reviews.cnet.com/routers/linksys-wrt55ag-wireless-a/4505-3319_7-21131921.html
- http://legacy.not404.com/cgi-bin/trac.fcgi/wiki/OpenWRT/Atheros/Linksys/WRT55AGv2

4.2.1.3 Asus WL500G/GP

Abbildung 15: Asus WL500G/GP

IEEE Standards:

- 802.11b/g
- 802.11a/b/g (wenn man die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a/b/g WLAN-Karte austauscht)

Betriebsart:

- Ad-Hoc
- Infrastruktur

Firmware:

- Es sind mehrere fremde frei verfügbare Firmware für dieses Gerät. Alle unten aufgeführten Firmware sind Open-Source Projekte:

  OpenWRT

  http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G

  http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500GP

  FreeWRT

  http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500G

  http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500GP

  Olegs custom firmware

  http://oleg.wl500g.info

Preis:

- ca. 70-80 Euro

Installation:

- Die mitgelieferte Mini-PCI WLAN-Karte durch z.B. Atheros 802.11a Mini-PCI austauschen und oben erwähnte frei verfügbare Firmware installieren (siehe oben Firmware).

  http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/Mini-PCI_Umbau

Weitere Informationen:

- Ein Mini-PCI Slot ist für eine WLAN-Karte vorhanden.

Links:

- http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/AP9
- http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G
- http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500GP
- http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500G
- http://www.freewrt.org/trac/wiki/Documentation/Hardware/AsusWL500GP
- http://wl500g.dyndns.org/
- http://oleg.wl500g.info/
- http://au.asus.com/products.aspx?l1=12&l2=43
- http://www.freifunk-bno.de/component/option,com_smf/Itemid,88/topic,910.msg10357/
- http://www.cyber-wulf.de/a_wl500g.html
- http://wiki.openwrt.org/OpenWrtDocs/Hardware/Asus/WL500G
- http://forum.opennet-initiative.de/print.php?threadid=505&page=6&sid=460903353d70c65fad4960105ab76cdd
- http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?pid=41756
- http://www.familie-prokop.de/asus-wl500gp/index.html

4.2.1.4 Andere WLAN-Router

- Netgear HR314

  802.11a WLAN-Router, unterstützt Ad-Hoc- und Infrastruktur-Modus, keine Open-Source Firmware vorhanden, kostet ca. 30 Euro

  http://www.wi-fiplanet.com/reviews/article.php/1559091

4.2.2 Professionelle Router

In diesem Abschnitt werden so Professionelle Mesh-Router betrachtet. Die Begriffe, die dafür oft als Synonyme verwendet werden, sind dabei:

- Routerboards
- Stand-alone Mesh-Router
- Minicomputers
- Single-Board-Computers (SBC)
- Access Points (AP)

Im Projekt (http://umic-mesh.net) wurden professionelle Router eingesetzt, das sind spezielle Router-Boards mit Steckplätzen für MiniPCI WLAN-karten. Boards kosten etwa 100-200 Euro, dazu muss man allerdings noch passende WLAN-Karten kaufen + Antennen + Kabel + Netzteil + Gehäuse, also keine billige Lösung.

Man könnte aber nur diese Karten kaufen + Adapter PCI-MiniPCI und in Rechner einbauen (Das wäre dann die platzsparende Version von *PCs + WLAN-Karte*). WLAN-Karten z.B Wistron Neweb CM9 Atheros 802.11a/b/g Mini-PCI, hier (http://www.pcengines.ch/cm9.htm), und Boards sind hier (http://www.pcengines.ch/wrap.htm, http://www.pcengines.ch/alix.htm).

Es gibt noch diese kleine Mesh-Router, wie von Meraki. Die haben wohl ihre eigene Firmware drin und eigene Routingprotokolle oder eigene Implementierungen davon besser gesagt. Hier ein Paar, die 802.11a unterstützen, sind aber outdoor, haben also große Reichweiten. Ob es sinnvoll ist, sie im Gebaude einzusetzen:

- Aphelion 3300AG Outdoor Wireless Access Point - 802.11a/b/g
- Aphelion 600AG/605AG Intelligenter sequentieller Wireless Access Point für den Außenbereich mit den Standards 802.11a/b/g (http://www.abcdata.de/abcdataneu/WLAN_MESH_Aphelion.php)
- PLANET MAP-2100 - indoor - sind aber zum Teil sehr teuer (1200 Euro)

Vorteile:

- Outdoor (in unserem Fall unrelevant)
- Große Reichweiten

Nachteile:

- Sehr teuer
- Close source

Links:

- http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/WRAP
- http://www.abcdata.de/abcdataneu/WLAN_MESH_Aphelion.php
- http://www.aerial.net/shop/product_info.php?cPath=33&products_id=351
- http://forum.openwrt.org/viewtopic.php?id=9655

4.2.3 Access Points

Ein WLAN-Accesspoint ist der Verbindungspunkt eines kabelbasierten Netzwerkes zu einem WLAN. Der Accesspoint ist Basisstation für alle WLAN-Clienten, zu der sie eine drahtlose Verbindung aufbauen. Sendet ein WLAN-Client Daten, die für einen Empfänger im kabelbasierten Netzwerkteil bestimmt sind, so *reicht* der Accesspoint diese Daten über das Kabelnetz an den Empfänger weiter. Weiterhin kann ein Accesspoint auch mehrere WLAN-Clienten untereinander verbinden. Somit ist der Accesspoint quasi ein kabelloser Switch.

Dieser hat (je nach Austattung) einige der folgenden Optionen:

- Ein oder mehrer integrierte WLAN-Module
- Einen integrierten DHCP-Server
- Umfangreiche Sicherheits- und Verschlüsselungsmoglichkeiten (WEP, WPA und WPA2 dienen der Verschlüsselung der zu ubetragenden Daten ; MAC-Filter und SSID Optionen ; Einstellungen bezüglich dem Remotezugriff)
- Verschiedene Arbeitsmodi (Accesspoint (AP), Bridge (Point-to-Point oder Point-to-Multipoint), Repeater, MESSID)

Einige Access Points:

- Intel PRO/Wireless 5000

  http://support.intel.com/support/wireless/wlan/pro5000/accesspoint

  http://www.pcmag.com/article2/0,1759,5524,00.asp

- Linksys WAP55AG

  http://www.tomsnetworking.de/content/aktuelles/news_beitrag/news/851/6/index.html

- NETGEAR WAB102

  http://kbserver.netgear.com/products/WAB102.asp

  http://reviews.cnet.com/wireless-access-points/netgear-wab102-802-11a/4505-3265_7-20708150.html

  http://archive.cert.uni-stuttgart.de/bugtraq/2003/12/msg00159.html

4.3 PDAs und Handys

Hier sind einige WLAN-fähige PDAs und Handys:

- Apple iPhone Smartphone

  IEEE 802.11b/g

  http://pocketpccentral.net/smartphone/apple/iphone.htm

  http://www.tomshardware.com/de/test-apple-iphone-vs-ipaq-hw6910-blackberry-pearl-ht testberichte-239720.html

- RIM BlackBerry 8820 Smartphone

  IEEE 802.11a/b/g

  http://www.blackberry8800series.com

  http://www.reghardware.co.uk/2007/08/14/review_blackberry_8820/

  http://eu.blackberry.com/eng/devices/device-detail.jsp?navId=H0,C201,P563#tab_tab_overview

- Motorola Symbol MC70 Smartphone

  IEEE 802.11a/b/g

  http://www.handheld-loesungen.com/symbol_mc70.htm

- i-mate K-jam Smartphone

  IEEE 802.11b/g

  http://www.lordpercy.com/imate_kjam_review.htm

  http://www.mobiletechreview.com/i-mate_K-JAM.htm

- Sony Ericsson G900 Smartphone

  IEE 802.11b/g

  http://www.sonyericsson.com/cws/corporate/press/pressreleases/pressreleasedetails/g700andg900global-20080210

- OQO Model 02 UMPC

  IEEE 802.11a/b/g

  http://www.worldofppc.com/HWTests/oqo02.htm

5 Systemsoftware für Mesh-Netzwerk

Im Kapitel 4 haben wir mehrere Hardware-Lösungen für ein Mesh-Netztwerk vorgestellt. Für alle im Kapitel 4 vorgestellten PCI-, MiniPCI- und PCMCIA-Karten werden vom Hersteller dieser WLAN-Karten Windows-Treiber bereitgestellt. Und nur wenige Hersteller (z.B Intel) haben auch Linux-Treiber für ihre Karten implementiert. Glücklicherweise existiert für WLAN-Karten mit Atheros-Chipsatz der Open-Source Linux-Treiber MadWifi, der alle im Kapitel 4 aufgelisteten WLAN-Karten mit Atheros-Chipsatz unterstützt. Bei Soho-Routern sieht das Ganze etwas anders aus. Hier gibt es nicht so viele Möglichkeiten bei der Wahl nach einer Software. Die meisten Hersteller von SoHo-Routern stellen den Source-Code des Betriebssystems für SoHo-Router nicht bereit. Deswegen müssen wir nach Open-Source Firmware greifen, wenn wir SoHo-Router im Ad-Hoc Modus betreiben wollen, denn die meisten SoHo-Router nur im Infrastruktur Modus arbeiten und Ad-Hoc Modus nicht realisieren.

In diesem Kapitel wird verschiedene Treiber- und Routing-Software vorgestellt, die zusammen mit der Hardware aus Kapitel 4 die Realieserung von Ad-Hoc Mesh-Netzwerken ermöglicht.

5.1 Linux MadWiFi-Treiber

Linux MadWifi-Treiber ist Linux Kernel Treiber für WLAN-Karten mit Atheros Chipsatz. Linux MadWifi-Treiber ist heutzutage einer der fortgeschrittensten Linux Treiber für WLAN-Karten. Der Treiber ist stabil und hat eine große Benutzergemeinschaft. Der MadWifi-Treiber selbst ist Open-Source, verwendet aber eine propritäre Softwareschicht Hardware Abstraction Layer (HAL), die nur in binärer Form vorhanden ist.

Das Hardware Abstraction Layer (HAL) wird vom MadWifi-Treiber gebraucht, um die Atheros-Chips ansprechen zu können. Dafür wurde bisher ein Closed-Source-Modul verwendet. Dies hat unter anderem damit zu tun, dass die Atheros-Chipsätze prinzipiell auf Frequenzen funken könnten, für die sie nicht zugelassen sind - beispielsweise weil diese vom Militär zur Kommunikation verwendet werden.

Durch das proprietäre Modul war der Madwifi-Treiber bisher jedoch von einer Aufnahme in den Linux-Kernel ausgeschlossen. Die Entwickler hatten außerdem das Problem, dass sie Fehler unter Umständen nicht beheben konnten, da sie nicht nachvollziehen konnten, wie der HAL-Baustein arbeitet.

MadWifi selbst wird daher ab sofort nicht weiterentwickelt. Stattdessen setzen die Programmierer auf OpenHAL, eine Linux-Portierung des HAL-Modules des in OpenBSD verfügbaren freien Atheros-Treibers. In der Vergangenheit wurde vom Software Freedom Law Center (SFLC) bestätigt, dass die durch Reverse Engineering entstandene Software keine Copyrights verletzt. Solche Behauptungen hatten die Entwicklung lange

ausgebremst.

Der neue Treiber „Ath5k“ wird MadWifi nun ersetzen und soll nicht nur die freie Komponente OpenHAL einsetzen, sondern auch mit dem neuen Linux-WLAN-System Mac80211 zusammenarbeiten, so dass der Treiber in den offiziellen Linux-Kernel gelangen kann. MadWifi soll jedoch weiter mit Fehlerkorrekturen und HAL-Updates versorgt werden.

Links:

- http://madwifi.org/
- http://madwifi.org/wiki/About/ar5k
- http://madwifi.org/wiki/About/OpenHAL
- http://madwifi.org/wiki/UserDocs/GettingMadwifi
- http://madwifi.org/wiki/Compatibility
- http://www.intellinuxwireless.org/?p=mac80211

5.2 OpenWRT

OpenWRT ist eine GNU/Linux-Distribution für WLAN-Router. Anstatt einer statischen Firmware setzt OpenWRT auf ein voll beschreibbares Dateisystem sowie einen Paketmanager. OpenWRT läuft unter anderem auf Geräten der Firmen Linksys, ALLNET, ASUS, Belkin, Buffalo, Microsoft und Siemens.

Vorteile:

- Flexibilität
- Erweiterbarkeit
- Individualisierbarkeit
- Sicherheit
- Gewohnte Linux-Flexibilität und Funktionsumfang!

Nachteile:

- Standardmäßig sind nur die nötigsten Unix-Tools vorhanden

Links:

- http://openwrt.org/

- http://toh.openwrt.org/

5.3 Mesh-Routing Software

In diesem Abschnitt werden Routing-Deamonen vorgestellt, die ein bestimmtes Routing-Protokoll implementieren und auf jedem Knoten in einem Mesh-Netzwerk ausgeführt werden. Diese Daemonen tauschen Roting-Informationen aus und machen es möglch, Nachrichten von einem Knoten zu einem anderen Knoten im Mesh-Netzwerk zu transportieren. Routing-Daemonen ermöglichen die Kommunikation zwischen 2 Knoten in einem Ad-Hoc Mesh-Netzwerk, zwischen denen mehr als 1 Hop liegt.

5.3.1 olsr.org OLSR daemon

Der olsr.org OLSR daemon ist eine Implementierung des Optimized Link State Routing Protokolls. OLSR ist ein Routing-Protokoll für mobile Ad-Hoc Netzwerke. Der Protokoll ist pro-aktiv, tabellengesteuert und nutzt die Technik Multipoint Relaying (MPR) zum Fluten von Nachrichten. olsrd implementiert ausserdem auch eine populäre Erweiterung Link Quality Extension. Zur Zeit ist die Implementierung von olsrd verfügbar für GNU/Linux, Windows, OS X, FreeBSD, OpenBSD and NetBSD. olsrd ist eine gut strukturierte und kodierte Implementierung, die leicht zu warten, zu erweitern und auf andere Platforme zu portieren sein soll. Die Implementierung ist konform zu RFC3626 in Bezug auf die Kernfunktionalität und die zusätzlichen Funktionen. olsrd unterstütz das Konzept von ladbaren Plug-Ins. Mit diesen Plug-Ins kann man benutzerdefinierte Pakete mit Hilfe des OLSR MPR Flutens versenden und behandeln oder irgendeine andere zusätzliche Funktionalität bereitstellen.

Links:

- http://www.olsr.org/
- http://ietf.org/rfc/rfc3626.txt
- http://wiki.freifunk.net/OLSR_mit_Windows
- http://wireless.subsignal.org/index.php?title=Laptop_mit_OLSR
- http://wiki.opennet-initiative.de/index.php/OLSR

5.3.2 Open-Mesh B.A.T.M.A.N. daemon

Der B.A.T.M.A.N.-Daemon steht bislang für Linux, FreeBSD und Macintosh OS-X zur Verfügung. Die Entwicklungsarbeit konzentriert sich jedoch in erster Linie auf Linux, weshalb es vorkommen kann, dass erweiterte Funktionen unter anderen Betriebssystemen erst mit einer gewissen Verzögerung zur Verfügung stehen.

Linux-Installationspakete des B.A.T.M.A.N.-Daemon batmand gibt es für Debian, OpenZaurus und OpenWRT. Zum Kompilieren aus dem Quelltext genügt ein einfaches make und make install im Sourcecodeverzeichnis. Als einzige Abhängigkeit wird die Bibliothek libpthread vorausgesetzt, die auf einem Linux-System, üblicherweise bereits installiert sein sollte.

Um über ein B.A.T.M.A.N.-Mesh ins Internet gehen zu können, muss außerdem unter Linux das Kernelmodul tun installiert sein. Es ist im Standardkernel der Linuxdistributionen enthalten und wird beim ersten Start des B.A.T.M.A.N.-Daemons automatisch geladen. Wer einen selbstkompilierten Kernel einsetzt, findet es zum Beispiel in xconfig in der Abteilung Network Device Support unter der Bezeichnung Universal TUN/TAP device driver support.

Links:

- https://www.open-mesh.net/batman
- https://www.open-mesh.net/Members/adagio/batman-install-howto-stichworte
- http://open-mesh.net/batman/doc/batmand_howto.pdf
- https://www.opensourcepress.de/fileadmin/osp/pdf/mesh_leseprobe.pdf

5.3.3 Meshcom Driver

Der MeshDriver klemmt sich zwischen den WLAN-Treiber und den TCP/IP-Stack. Anders

als 802.11s funkt er im Ad-hoc-Modus von 802.11 und bezieht eine Ethernet-Schnittstelle automatisch in das vermaschte Netz ein, etwa fur den Internet-Zugang. Meshcom stellt eine Beta-Version fur privaten Einsatz und Forschungszwecke kostenlos zur Verfugung, die unter Windows XP oder Linux mit Kernel 2.6 lauft. Sie beherrscht allerdings einige wesentliche Features noch nicht, beispielsweise Authentifizierung und Verschlusselung. Auch reaktives Routing fehlt noch, also das fallweise Bestimmen der Route an Stelle von vorab festgelegten Routing-Tabellen.

Links:

- http://www.meshcom.com/

6 Test

Der Test, der hier detailliert beschrieben wird, wurde während der Fachstudie im Nexus-Labor mit der Test-Hardware durchgeführt.

6.1 Hardware

Zuerst wurde folgende Hardware für den Test im Nexus-Labor eingerichtet:

- Zwei Rechner (x86) mit jeweils einer **Wistron CM9 Atheros AR5213A** (siehe 4.1.2.1) WLAN-Karte
- Ein Laptop (x86) mit einer **Intel Wireless WiFi Link 4965AGN** (siehe 4.1.2.4) WLAN-Karte

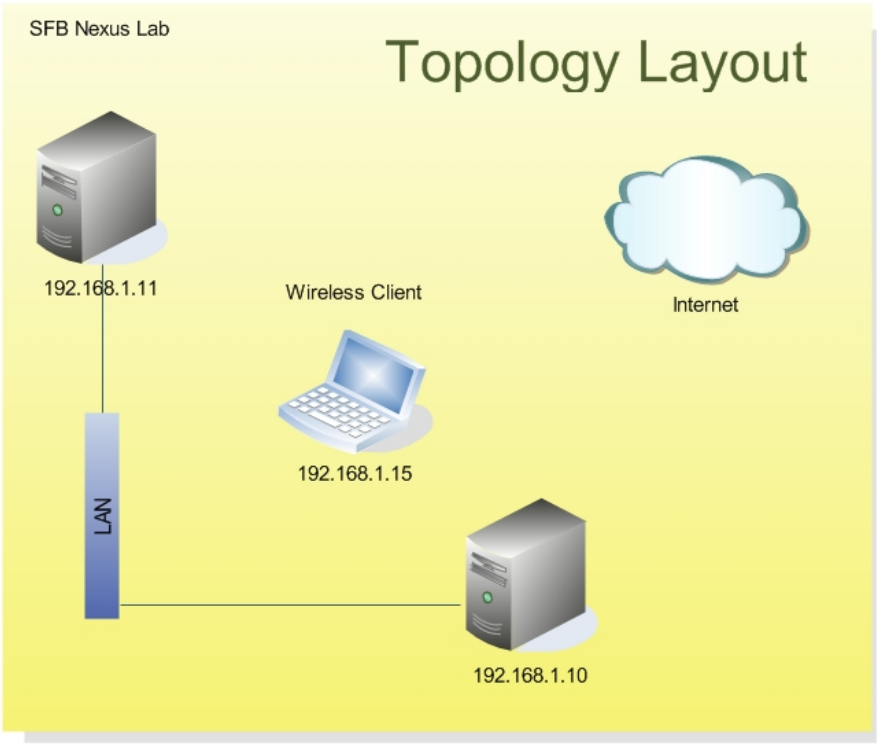


Abbildung 16: Topologie

6.2 Software

6.2.1 Betriebssystem

Auf den Rechnern mit der Wistron CM9 Atheros AR5213A WLAN-Karte wurde als Betriebssystem Fedora 6 mit Linux Kernel 2.6.18 und auf dem Laptop Windows XP verwendet.

6.2.2 Treiber für WLAN-Karten

In diesem Abschnitt wird beschrieben, wie man Treiber für WLAN-Karten auf den beiden Rechnern und Laptop installiert und die WLAN-Karten konfiguriert werden können.

Auf den Rechnern mit der Wistron CM9 Atheros AR5213A WLAN-Karte wurde die letzte Version des MadWifi-Treibers zuerst kompiliert und dann installiert.

Kompilieren des MadWifi-Treibers:

```
svn checkout http://svn.madwifi.org/madwifi/trunk madwifi
cd madwifi
make
```

Installieren des kompilierten MadWifi-Treibers (**root**-Rechte benötigt):

```
make install
```

Manuelles Laden des MadWifi-Treibers (**root**-Rechte benötigt):

```
modprobe ath_pci
```

Automastische Laden des MadWifi-Treibers beim Booten (**root**-Rechte benötigt):

```
mkdir /etc/modules.autoload.d/
echo ath_pci >> /etc/modules.autoload.d/kernel-2.6
```

Nachdem der MadWifi-Treiber geladen wurde (manuell oder automatisch), kann die WLAN-Karte konfiguriert werden. Die WLAN-Karte kann entweder manuell oder automatisch beim Booten konfiguriert werden.

Manuelles Konfigurieren der WLAN-Karte (**root**-Rechte benötigt):

```
ifconfig ath1 inet 192.168.2.1/24 # IP-Adresse
iwconfig ath1 essid mesh          # SSID="mesh"
iwconfig ath1 mode ad-hoc         # Ad-Hoc Modus einschalten
iwconfig ath1 channel 36          # 802.11a Kanal 36
iwconfig ath1 enc s:1234567890abc # 108 bit WEP-Passwort
```

```
                                        # (13 Zeichen)
```

Damit die WLAN-Karte beim Booten von Fedora 6 automatisch konfiguriert werden kann, muss eine Konfigurationsdatei mit dem Namen **ifcfg-ath1** im Verzeichnis **/etc/sysconfig/network-scripts** angelegt werden.

Listing der Datei **/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-ath1**:

```
cat /etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-ath1
DEVICE=ath1
ONBOOT=yes

BOOTPROTO=static
IPADDR=192.168.2.1
NETMASK=255.255.255.0

ESSID=mesh
MODE=ad-hoc
CHANNEL=36
KEY=s:1234567890abc
```

Nachdem die Datei **/etc/sysconfig/network-scripts/ifcfg-ath1** erstellt wurde, muss Init-Skripot für Netzwerk-Dienste neugestartet werden (**root**-Rechte benötigt):

```
/etc/init.d/network restart
```

Den offiziellen Windows-Treiber für die Intel Wireless WiFi Link 4965AGN WLAN-Karte kann auf der Intel-Webpage heruntergeladen werden. Die Anleitung zur Installation und Konfiguration diesr WLAN-Karte findet man auch auf der selben Webpage (siehe 4.1.2.4) und wird hier nicht weiter beschrieben.

6.2.3 olsrd

In diesem Abschnitt wird erklärt, wie man den olsr.org OLSR daemon kompiliert, installiert und konfiguriert. Außerdem wird hier auch gezeigt, wie man Plugins für den olsr.org OLSR daemon kompiliert uns installiert.

Kompilieren des OLSR daemons:

```
cvs -d:pserver:anonymous@olsrd.cvs.sourceforge.net:\
        /cvsroot/olsrd login
cvs -z3 -d:pserver:anonymous@olsrd.cvs.sourceforge.net:\
        /cvsroot/olsrd co olsrd-current
cd olsrd-current
make
```

Installieren des OLSR daemons (**root**-Rechte benötigt):

```
make install
```

Im Folgenden wird demonstriert, wie man das HTTP Mini-Server Plugin **httpinfo** kompiliert und installiert. Das Plugin **httpinfo** ist ein kleiner und einfacjer HTTP-Server und erlaubt es, z.B. die Routing-Tabelle eines Knotens in einem Mesh-Netzwerk zu erfassen.

Damit die Topology eines Mesh-Netzwerkes visualisiert werden kann, muss noch das Dot Data Generation Plugin **dot_draw** kompiliert und installiert werden. Das Plugin **dot_draw** ist auch ein kleiner Server. Wenn man eine TCP-Verbindung zu diesem Server aufbaut (z.B mit **netcat** oder **telnet**), dann bekommt man die aktuelle Topology des Mesh-Netzwerkes in Form eines Dot-Graphes (siehe GrpahViz http://www.graphviz.org und de.wikipedia.org/wiki/DOT_(GraphViz)). Dieser Dot-Graph ist eine einfache Textdatei und kann mit Hilfe des Programms **dot** zu einem Bild konvertiert werden.

Es gibt noch andere zahlreiche Plugins für den olsr.org OLSR daemon. Sie alle können auf dieselbe Weise kompiliert und installiert werden.

Kompilieren des HTTP Mini-Server Plugins **httpinfo**:

```
cd lib/httpinfo
make
```

Installieren des HTTP Mini-Server Plugins **httpinfo** (**root**-Rechte benötigt):

```
make install
chcon -t textrel_shlib_t /usr/lib/olsrd_httpinfo.so.0.1
```

Der olsr.org OLSR daemon wird über die Datei **/etc/olsrd.conf** konfiguriert. Das vollständige Listing der Datei **/etc/olsrd.conf** ist im Anhang angegeben (siehe 8.1). Es muss vor allem das Netzwerk-Interface und Plugins konfiguriert werden.

Starten des olsr.org OLSR daemons (**root**-Rechte benötigt):

```
olsrd
```

Der olsr.org OLSR daemon kann auch automatisch beim Starten des Betriebssystems gestartet werden. Dafür muss ein Startup-Skript **/etc/init.d/olsrd** erzeugt werden. Das Listing der Datei **/etc/init.d/olsrd** kann man hier betrachten **??**.

Nachdem die Date erzeugt wurde, muss noch das System so konfiguriert werden, das das Startup-Skript **/etc/init.d/olsrd** beim Booten ausgeführt werden kann (**root**-Rechte benötigt):

```
chmod 755 /etc/init.d/olsrd
chkconfig --add olsrd
```

Das Kompilieren und Konfigurieren des olsr.org OLSR daemons für Windows XP wird hier nicht erklärt, weil es ziehmlich kompliziert ist. Wir haben den olsr.org OLSR daemon und die GUI zu ihm für Windows XP selbst kompiliert und konfiguriert. Um den olsr.org OLSR daemon zu kompilieren, wird cygwin mit gcc benötigt. Um die GUI für den olsr.org OLSR daemon zu kompilieren, wird Microsoft Visual C++ 2005 benötigt.

6.2.4 Visualisierung

Das Dot Data Generation Plugin **dot_draw** für den olsr.org OLSR daemon stellt die Topology eines Mesh-Netzwerkes in Form eines Dot-Graphes dar. Der Dot-Graph ist eine Textdatei und man kann aus dieser Datei die Topology nicht sofort sehen.

Um die aktuelle Topology mit einem Webbrowser online betrachten zu können, haben wir auf einem Linux-Rechner in unserem Mesh-Netzwerk einen Apache HTTP-Server installiert und ein CGI-Skript (Perl-Skript) entwickelt, das die aktuelle Topology des Mesh-Netzwerkes grafisch darstellt.

Installieren des Pache HTTP-Servers in Fedora 6 (**root**-Rechte benötigt):

```
yup install httpd
```

Das CGI-Skript, das die aktuelle Topology des Mesh-Netzwerkes vom Dot Data Generation Plugin **dot_draw** ausliest, ins Bild konvertiert und in eine Webseite integriert, finden Sie hier **??**. Das CGI-Skript muss im Verzeichnis **/var/httpd/cgi-bin/** abgelegt und ausführbar gemacht werden.

Das CGI-Skript **topology.pl** benötigt noch das Paket GraphViz, konkret wird das Programm **dot** aus diesem Paket benötigt, um Dot-Graphen zu Bildren konvertieren zu können.

Installieren des GraphViz-Pakets (**root**-Rechte benötigt):

```
yup install graphviz
```

6.2.5 dhcpd

In unserem Test haben wir jedem Knoten in unsrem kleinen Mesh-Netzwerk IP-Adressen statisch vergeben. Mit 3 Knoten im Netzwerk ist der Aufwand dafür sehr gering. Wenn sich aber Knoten zum Mesh-Netzwerk dynamisch verbinden und verschwinden können oder wenn die Anzahl der Knoten im Mesh-Netzwerk sehr groß wird, dann kann man auf einem der Linux-Rechnern in unserem Mesh-Netzwerk einen DHCP-Server installieren. Dieser Knoten mit DHCP-Server muss natürlich ständig im Mesh-Netzwerk vorhanden sein.

Installieren des DHCP-Servers in Fedora 6 (**root**-Rechte benötigt):

```
yup install dhcp
```

Der DHCP-Server kann über die Datei **/etc/dhcpd.conf** konfiguriert werden.

Damit der DHCP-Server automatisch beim Booten gestartet werden kann, muss man folgendes Kommando ausführen (**root**-Rechte benötigt):

```
chkconfig dhcpd on
```

Manuelles Beziehen einer IP-Adresse vom DHCP-Server (**root**-Rechte benötigt):

```
dhclient ath1
```

6.2.6 Firewall

Damit der olsr.org OLSR daemon überhaupt korrekt funktionieren kann, müssen mehrere Ports in der Firewall von beiden Rechnern geöffnet werden.

Damit der OLSR-Protokoll funktionieren kann, muss der UDP-Port 698 für eingehende Pakete geöffnet werden (**root**-Rechte benötigt):

```
iptables -A RH-Firewall-1-INPUT -i ath1 -p udp\
        --sport 698 -j ACCEPT
```

Damit man auf den HTTP Mini-Server **httpinfo** eines Knotens zugreifen kann, muss der TCP-Port (hier 8080, kann in der **/etc/olsrd.conf** konfiguriert werden) des Servers für eingehende Pakete geöffnet werden (**root**-Rechte benötigt):

```
iptables -A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8080\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
```

Damit man auf den Dot Data Generation Server **dot_draw** eines Knotens zugreifen kann, muss der TCP-Port (hier 8081, kann in der **/etc/olsrd.conf** konfiguriert werden) des Servers für eingehende Pakete geöffnet werden (**root**-Rechte benötigt):

```
iptables -A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8081\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
```

Um die aktuelle Topology unseres Mesh-Netzwerkes betrachten zu können, muss man den TCP-Port 80 für eingehende Verbindungen öffnen (**root**-Rechte benötigt):

```
iptables -A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport http\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
```

Wenn im Mesh-Netzwerk ein DHCP-Server verwendet werden soll, dann müssen auf jedem Knoten im Mesh-Netzwerk die UDP-Ports 67 und 68 geöffnet werden (**root**-Rechte benötigt):

```
-A RH-Firewall-1-INPUT -i ath1 -p udp\
        --sport 67:68 --dport 67:68 -j ACCEPT
```

Damit alle diese Ports automatisch beim Starten des Betriebssystems geöffnet werden können, muss in Fedora 6 die Datei **/etc/sysconfig/iptables** erweitert werden (**root**-Rechte benötigt):

```
cat >> /etc/sysconfig/iptables << EOF
-A RH-Firewall-1-INPUT -i ath1 -p udp\
        --sport 698 -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8080\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport 8081\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
-A RH-Firewall-1-INPUT -p tcp --dport http\
        -m state --state NEW -j ACCEPT
EOF

/etc/init.d/iptables restart
```

Die Konfiguration der Windows-Firewall auf dem Laptop wird hier nicht erklärt, siehe entsprechende Literatur und Artikel im Internet.

6.3 Inbetriebnahme

Nachdem alle Treiber, der OLSR daemon und Plagins kompiliert und installiert wurden und entsprechende Ports in Firewall geöffnet wurden, kann auf jedem Knoten der OLSR daemon gestartet werden.

6.4 Ergebnisse

In diesem Abschnitt werden wir die Ergebnisse von unserem Test präsentieren.

6.4.1 Topologie

Auf dem Bild 17 kann man die Topologie unseres Mesh-Metzwerkes betrachten. Der Knoten mit der IP-Adresse 192.168.2.15 ist der Laptop und die anderen beiden sind

Linux-Rechner. Der rechteckige Knonten auf dem Bild, ist der Knoten, der diese Topologie erzeugt hat.

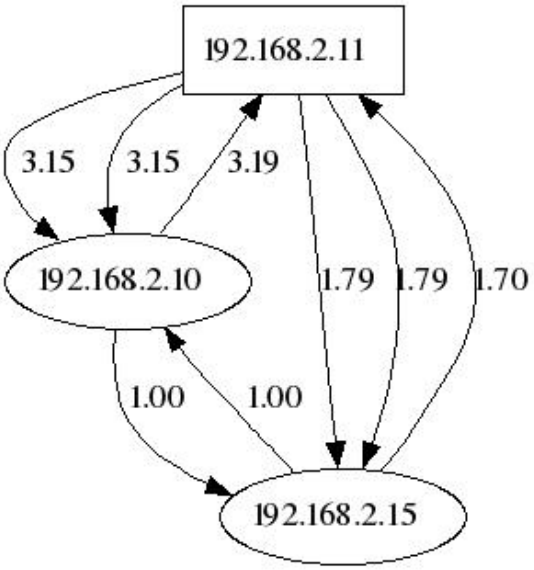
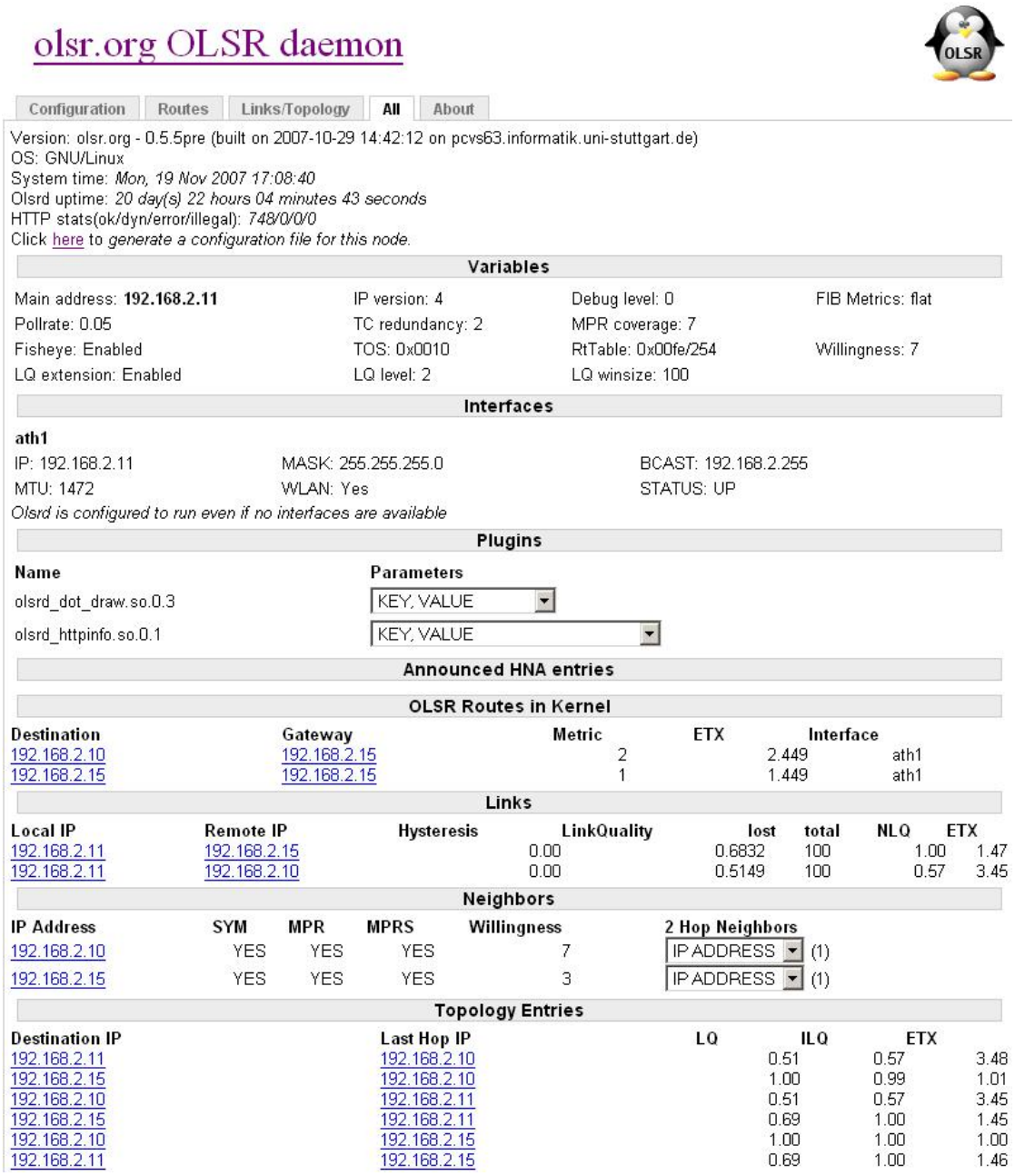


Abbildung 17: Topologie dargestellt mit dem olsr.org Plugin **dot_draw**

6.4.2 Routing-Tabelle

Auf dem Bild 18 kann man die Routing-Tabelle eines Linux-Rechners betrachten



olsr.org OLSR daemon

Configuration | Routes | Links/Topology | All | About

Version: olsr.org - 0.5.5pre (built on 2007-10-29 14:42:12 on pcvs63.informatik.uni-stuttgart.de)
OS: GNU/Linux
System time: *Mon, 19 Nov 2007 17:08:40*
Olsrd uptime: *20 day(s) 22 hours 04 minutes 43 seconds*
HTTP stats(ok/dyn/error/illegal): *748/0/0/0*
Click here to *generate a configuration file for this node.*

Variables

Main address: **192.168.2.11**	IP version: 4	Debug level: 0	FIB Metrics: flat
Pollrate: 0.05	TC redundancy: 2	MPR coverage: 7	
Fisheye: Enabled	TOS: 0x0010	RtTable: 0x00fe/254	Willingness: 7
LQ extension: Enabled	LQ level: 2	LQ winsize: 100	

Interfaces

ath1

IP: 192.168.2.11	MASK: 255.255.255.0	BCAST: 192.168.2.255
MTU: 1472	WLAN: Yes	STATUS: UP

Olsrd is configured to run even if no interfaces are available

Plugins

Name	Parameters
olsrd_dot_draw.so.0.3	KEY, VALUE
olsrd_httpinfo.so.0.1	KEY, VALUE

Announced HNA entries

OLSR Routes in Kernel

Destination	Gateway	Metric	ETX	Interface
192.168.2.10	192.168.2.15	2	2.449	ath1
192.168.2.15	192.168.2.15	1	1.449	ath1

Links

Local IP	Remote IP	Hysteresis	LinkQuality	lost	total	NLQ	ETX
192.168.2.11	192.168.2.15	0.00		0.6832	100	1.00	1.47
192.168.2.11	192.168.2.10	0.00		0.5149	100	0.57	3.45

Neighbors

IP Address	SYM	MPR	MPRS	Willingness	2 Hop Neighbors
192.168.2.10	YES	YES	YES	7	IP ADDRESS (1)
192.168.2.15	YES	YES	YES	3	IP ADDRESS (1)

Topology Entries

Destination IP	Last Hop IP	LQ	ILQ	ETX
192.168.2.11	192.168.2.10	0.51	0.57	3.48
192.168.2.15	192.168.2.10	1.00	0.99	1.01
192.168.2.10	192.168.2.11	0.51	0.57	3.45
192.168.2.15	192.168.2.11	0.69	1.00	1.45
192.168.2.10	192.168.2.15	1.00	1.00	1.00
192.168.2.11	192.168.2.15	0.69	1.00	1.46

Abbildung 18: Routing-Tabelle eines Knotens dargestellt mit dem olsr.org Plugin **httpinfo**

7 Fazit

7.1 Übersicht

Dieser Abschnitt stellt ein Übersicht über aktuelle verfügbare Hardwareplattformen und Systemsoftware für WMN dar.

	IEEE 802.11a	Ad-Hoc Modus	Treiber (Linux/Windows)	Open-Source Firmware	LAN-Anschluss	Sicherheit	Installation	Konfiguration	Mini-PCI Slot	IEEE 802.11n
Linksys WMP55AG	++	+	++	-	++	++	+	+	-	-
Netgear WAG311	++	+	++	-	++	++	+	+	-	-
D-Link DWL-A520	+	+	++	-	++	+	+	+	-	-
Gigabyte GN-WPEAG	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 5000	+	+	+	-	++	+	+	+	-	-
D-Link DWL-AG530	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
D-Link DWL-G550	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Wistron CM9 Atheros AR5213A	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 3945	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel PRO/Wireless 2915	++	+	++	-	++	+++	+	+	-	-
Intel Wireless WiFi Link 4965AGN	+++	+	++	-	++	+++	+	+	-	+
Linksys WRT54G v1.0	++	+	-	++	+	+++	-	+	+	-
Linksys WRT55AG	++	+	-	+	+	+	-	+	++	-
Asus WL500G/GP	++	+	-	+++	+	+++	-	+	+	-
Netgear HR314	+	-	-	-	+	+	-	+	-	-

Abbildung 19: Übersicht und Bewertung von Hardware

	Betriebssysteme	Installation	Konfiguration	Visualisierung
OLSRD	+++	+	+	++
B.A.T.M.A.N.	+	+	+	-
Meshcom	+	+	-	+

Abbildung 20: Übersicht und Bewertung von Software

7.2 Empfehlung für ein geeignetes WMN

Um eines stabiles, für die Forschung geeignets Mesh-Netzwerk aufzubauen, sind vor allem folgende Hardware zu empfehlen:

- PCs + Wlan Karten mit Atheros Chipsatz (z.b *Wistron CM9 Atheros AR5213A*)

Weiterhin kann das Mesh-Netzwerk zu einem heterogenen WMN erweitert werden, indem folgende WLAN-Router eingesetzt werden:

- Linksys WRT54G v1.0

Als Software-System für das aufzubauende WMN hat sich Linux als Betriebsystem und **olsrd** als Routing Software als besonders geeignet erwiesen.

Um das ganze Informatikgebäude abzudecken, würden ca. 30-45 PCs reichen. Das heisst ca. 10-15 PCs pro Stock. Kosten für die notwendige Hardware liegen damit unter der Budget-Grenze.

TODO: *- Abbildungsverzeichniss - newPage - 18,20,29,31,33,39,40,41,42,43,47,48,49,51,54,55, - überlauf.. (links korrigieren..) - 70 Tabelle überlauf.. - 71 in Tabelle spalte Open Source.. - 76 - überlauf - Literatur - Empfehlung für ein geeignetes WMN - ausführlicher..*

8 Anhang

8.1 olsrd.conf

Listing der Datei **/etc/olsrd.conf**:

```
#
# olsr.org OLSR daemon config file
#
# Lines starting with a # are discarded
#
# This file was shipped with olsrd 0.X.X
#

# This file is an example of a typical
# configuration for a mostly static
# network(regarding mobility) using
# the LQ extention

# Debug level(0-9)
# If set to 0 the daemon runs in the background

DebugLevel      0
LinkQualityFishEye 1
LinkQualityDijkstraLimit 2 6.0


# IP version to use (4 or 6)

IpVersion       4

# Clear the screen each time the internal state changes

ClearScreen     yes

# HNA IPv4 routes
# syntax: netaddr netmask
# Example Internet gateway:
# 0.0.0.0 0.0.0.0

Hna4
{
#   Internet gateway:
```

```
#    0.0.0.0        0.0.0.0
#    more entries can be added:
#    192.168.1.0    255.255.255.0
}

# HNA IPv6 routes
# syntax: netaddr prefix
# Example Internet gateway:
Hna6
{
#    Internet gateway:
#    ::                0
#    more entries can be added:
#    fec0:2200:106:: 48
}


# Should olsrd keep on running even if there are
# no interfaces available? This is a good idea
# for a PCMCIA/USB hotswap environment.
# "yes" OR "no"

AllowNoInt      yes

# TOS(type of service) value for
# the IP header of control traffic.
# If not set it will default to 16

TosValue        16

# The fixed willingness to use(0-7)
# If not set willingness will be calculated
# dynamically based on battery/power status
# if such information is available

Willingness     7

# Allow processes like the GUI front-end
# to connect to the daemon.

IpcConnect
{
     # Determines how many simultaneously
     # IPC connections that will be allowed
```

```
    # Setting this to 0 disables IPC

    MaxConnections  2

    # By default only 127.0.0.1 is allowed
    # to connect. Here allowed hosts can
    # be added

    Host            127.0.0.1
    #Host            10.0.0.5

    # You can also specify entire net-ranges
    # that are allowed to connect. Multiple
    # entries are allowed

    #Net             192.168.1.0 255.255.255.0
}

# Wether to use hysteresis or not
# Hysteresis adds more robustness to the
# link sensing but delays neighbor registration.
# Used by default. 'yes' or 'no'

UseHysteresis   no

# Hysteresis parameters
# Do not alter these unless you know
# what you are doing!
# Set to auto by default. Allowed
# values are floating point values
# in the interval 0,1
# THR_LOW must always be lower than
# THR_HIGH.

#HystScaling    0.50
#HystThrHigh    0.80
#HystThrLow     0.30


# Link quality level
# 0 = do not use link quality
# 1 = use link quality for MPR selection
# 2 = use link quality for MPR selection and routing
# Defaults to 0
```

```
LinkQualityLevel        2

# Link quality window size
# Defaults to 10

LinkQualityWinSize      100

# Polling rate in seconds(float).
# Default value 0.05 sec

Pollrate        0.05

# Interval to poll network interfaces for configuration
# changes. Defaults to 2.5 seconds

NicChgsPollInt  3.0

# TC redundancy
# Specifies how much neighbor info should
# be sent in TC messages
# Possible values are:
# 0 - only send MPR selectors
# 1 - send MPR selectors and MPRs
# 2 - send all neighbors
#
# defaults to 0

TcRedundancy    2


#
# MPR coverage
# Specifies how many MPRs a node should
# try select to reach every 2 hop neighbor
#
# Can be set to any integer >0
#
# defaults to 1

MprCoverage     7


# Olsrd plugins to load
```

```
# This must be the absolute path to the file
# or the loader will use the following scheme:
# - Try the paths in the LD_LIBRARY_PATH
#   environment variable.
# - The list of libraries cached in /etc/ld.so.cache
# - /lib, followed by /usr/lib

# Example plugin entry with parameters:

#LoadPlugin "olsrd_dyn_gw.so.0.3"
#{
    # Here parameters are set to be sent to the
    # plugin. Theese are on the form "key" "value".
    # Parameters ofcause, differs from plugin to plugin.
    # Consult the documentation of your plugin for details.

    # Example: dyn_gw params

    # how often to check for Internet connectivity
    # defaults to 5 secs
#   PlParam     "Interval"   "40"

    # if one or more IPv4 addresses are given, do a ping on these in
    # descending order to validate that there is not only an entry in
    # routing table, but also a real internet connection. If any of
    # these addresses could be pinged successfully, the test was
    # succesful, i.e. if the ping on the 1st address was successful, the
    # 2nd won't be pinged
#   PlParam     "Ping"       "141.1.1.1"
#   PlParam     "Ping"       "194.25.2.129"
#}

LoadPlugin "olsrd_httpinfo.so.0.1"
{
        PlParam     "port"   "8080"
        PlParam     "Host"   "127.0.0.1"
        PlParam     "Net"    "129.69.210.0 255.255.255.0"
        PlParam     "Net"    "192.168.2.0 255.255.255.0"
}

LoadPlugin "olsrd_dot_draw.so.0.3"
{
        PlParam     "port"   "8081"
        PlParam     "accept" "127.0.0.1"
```

```
}


# Interfaces and their rules
# Omitted options will be set to the
# default values. Multiple interfaces
# can be specified in the same block
# and multiple blocks can be set.

# !!CHANGE THE INTERFACE LABEL(s) TO MATCH YOUR INTERFACE(s)!!
# (eg. wlan0 or eth1):

Interface "ath1"
{
    # Olsrd can autodetect changes in NIC
    # configurations(IP address changes etc.).
    # This is Enabled by default and the interval
    # to poll for changes on is defined by
    # NicChgsPollInt.
    # This polling can be disabled pr. NIC by setting
    # AutoDetectChanges to no.

    AutoDetectChanges            yes

    # IPv4 broadcast address to use. The
    # one usefull example would be 255.255.255.255
    # If not defined the broadcastaddress
    # every card is configured with is used

    # Ip4Broadcast                255.255.255.255

    # IPv6 address scope to use.
    # Must be 'site-local' or 'global'

    # Ip6AddrType                 site-local
    # IPv6 multicast address to use when
    # using site-local addresses.
    # If not defined, ff05::15 is used

    # Ip6MulticastSite            ff05::11

    # IPv6 multicast address to use when
    # using global addresses
    # If not defined, ff0e::1 is used
```

```
# Ip6MulticastGlobal          ff0e::1


# Emission intervals.
# If not defined, RFC proposed values will
# be used in most cases.

# Hello interval in seconds(float)
HelloInterval     2.0

# HELLO validity time
HelloValidityTime    20.0

# TC interval in seconds(float)
TcInterval          5.0

# TC validity time
TcValidityTime       30.0

# MID interval in seconds(float)
MidInterval 5.0

# MID validity time
MidValidityTime      30.0

# HNA interval in seconds(float)
HnaInterval 5.0

# HNA validity time
HnaValidityTime      30.0


# When multiple links exist between hosts
# the weight of interface is used to determine
# the link to use. Normally the weight is
# automatically calculated by olsrd based
# on the characteristics of the interface,
# but here you can specify a fixed value.
# Olsrd will choose links with the lowest value.
# Note:
# Interface weight is used only when LinkQualityLevel is 0.
# For any other value of LinkQualityLevel, the interface ETX
# value is used instead.
```

```
    # Weight 0


    # If a certain route should be preferred
    # or ignored by the mesh, the Link Quality
    # value of a node can be multiplied with a factor
    # entered here. In the example the route
    # using 192.168.0.1 would rather be ignored.
    # A multiplier of 0.5 will result in a small
    # (bad) LinkQuality value and a high (bad)
    # ETX value.
    # Note:
    # Link quality multiplier is used only when
    # LinkQualityLevel is > 0.

    # LinkQualityMult 192.168.0.1 0.5

    # This multiplier applies to all other nodes
    # LinkQualityMult default 0.8

}
```

8.2 olsrd Startup-Skript

Listing der Datei **/etc/init.d/olsrd**:

```
#!/bin/bash
#
# Startup script for the OLSR Daemon
#
# chkconfig: 235 16 84
# description: This script starts OLSRD (Ad Hoc routing protocol)
#
# processname: olsrd
# config: %{_sysconfdir}/olsrd.conf
# pidfile: %{_localstatedir}/run/olsrd.pid

source /etc/init.d/functions
source /etc/sysconfig/network

# Check that networking is up.
[ ${NETWORKING} = "no" ] && exit 0
```

```
[ -x /usr/sbin/olsrd ] || exit 1
[ -r /etc/olsrd.conf ] || exit 1

RETVAL=0
prog="olsrd"
desc="Ad Hoc routing protocol"

start() {
        echo -n $"Starting $desc ($prog): "
        daemon $prog -d 0
        RETVAL=$?
        echo
        [ $RETVAL -eq 0 ] && touch /var/lock/subsys/$prog
        return $RETVAL
}

stop() {
        echo -n $"Shutting down $desc ($prog): "
        killproc $prog
        RETVAL=$?
        echo
        [ $RETVAL -eq 0 ] && rm -f /var/lock/subsys/$prog
        return $RETVAL
}

reload() {
        echo -n $"Reloading $desc ($prog): "
        killproc $prog -HUP
        RETVAL=$?
        echo
        return $RETVAL
}

restart() {
        stop
        start
}


case "$1" in
  start)
        start
        ;;
  stop)
```

```
        stop
        ;;
  restart)
        restart
        ;;
  reload)
        reload
        ;;
  condrestart)
        [ -e /var/lock/subsys/$prog ] && restart
        RETVAL=$?
        ;;
  status)
        status olsrd
        ;;
  *)
        echo $"Usage␣$0␣{start|stop|restart|reload|\
␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣␣condrestart|status}"
        RETVAL=1
esac

exit $RETVAL
```

8.3 topology.pl

Listing der Datei **/var/htppd/cgi-bin/topology.pl**:

```
#!/usr/bin/perl

use IO::Socket;

$TOP_PATH = "/var/www/html/topology";
$WWW_PATH = "/topology";
$SERVER = "localhost";
$PORT = "8081";
$DOT_FILENAME = "topology.dot";
$IMAGE_TYPE = "png";
$IMAGE_FILENAME = "topology.$IMAGE_TYPE";
$IMAGE_BGCOLOR = "grey";
$IMAGE_SIZE = "35,20";

$remote = IO::Socket::INET->new(Proto => "tcp",
        PeerAddr => $SERVER, PeerPort => $PORT) ||
```

```
        die "couldn't connect to dot server\n";

open DOT_FILE, ">$TOP_PATH/$DOT_FILENAME" ||
        die "couldn't create $DOT_FILENAME\n";

while ($line = <$remote>) {
        print DOT_FILE $line;

        if ($line =~ /}/i) {
                last;
        }
}

close DOT_FILE;

`dot -T$IMAGE_TYPE -Gsize=$IMAGE_SIZE -Gbgcolor=$IMAGE_BGCOLOR\
        -o $TOP_PATH/$IMAGE_FILENAME $TOP_PATH/$DOT_FILENAME`;

$date = `date`;

print<<EOF
Content-type: text/html\r
\r

<HTML>
<HEAD>
<TITLE>Topology</TITLE>
</HEAD>
<BODY>

<CENTER>

<H1>Topology</H1>

<H2>$date</H2>

<IMG SRC="$WWW_PATH/$IMAGE_FILENAME">

<BR><BR>

<A HREF="http://pcvs63.informatik.uni-stuttgart.de:8080">
OLSRD-Seite von pcvs63
</A>
```

```
</CENTER>

</BODY>

</HTML>
EOF
```