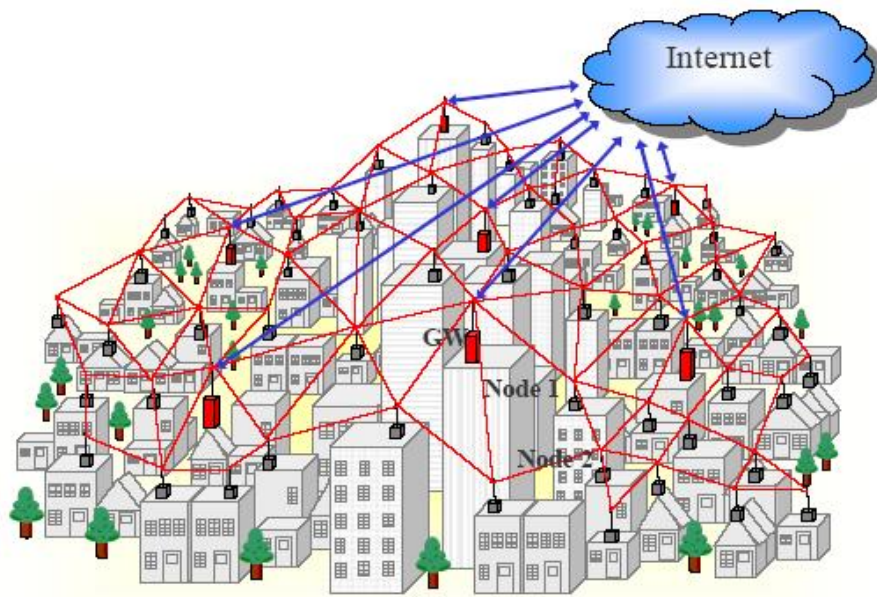


# Mesh

Version 1.1.1 (26. Dezember 2007)



## Autoren

Sergey Telejnikov

Alex Egorenkov



## Versionshistorie

Version	Datum	Änderungen
alpha	06.11.2007	Inhaltsverzeichnis und Struktur

### Zusammenfassung

Mesh-Netze 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 über 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 ist für die Forschungszwecke im Informatikbau der Uni-Stuttgart oder dem Campus für Nexus einzurichten.



# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Abstract</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
2.1	Nexus . . . . .	4
2.2	Ad-Hoc . . . . .	4
2.3	Mesh-Netz . . . . .	4
2.4	IEEE 802.11a/b/g . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Grundlagen von Mesh Netzen</b>	<b>5</b>
3.1	Linux MadWiFi-Treiber . . . . .	5
3.2	Ad-Hoc Routing-Protokolle . . . . .	6
3.2.1	OLSR (Optimized Link State Routing) . . . . .	6
3.2.2	B.A.T.M.A.N. (BETTER APPROACH TO MOBILE ADHOC NETWORKING) . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Hardware-Lösungen für den Aufbau eines Mesh-Netzwerkes</b>	<b>7</b>
4.1	PCs + WLAN-Karten . . . . .	7
4.1.1	PCI-WLAN-Karten . . . . .	7
4.1.1.1	Linksys WMP55AG . . . . .	7
4.1.1.2	Netgear WAG311 . . . . .	9
4.1.1.3	D-Link DWL-A520 . . . . .	10
4.1.1.4	Gigabyte GN-WPEAG . . . . .	11
4.1.2	Mini-PCI WLAN-Karten . . . . .	12
4.1.2.1	Wistron CM9 Atheros AR5213A . . . . .	12
4.1.2.2	Intel PRO/Wireless 3945 . . . . .	14
4.1.2.3	Intel PRO/Wireless 2915 . . . . .	15
4.1.2.4	Intel Wireless WiFi Link 4965AGN . . . . .	16
4.1.3	PCMCIA WLAN-Karten . . . . .	18
4.1.3.1	Proxim Orinoco Gold 8480-WD . . . . .	18
4.1.3.2	Netgear WAG511 . . . . .	19
4.1.3.3	SMC 2536W-AG . . . . .	20
4.1.3.4	Linksys WPC55AG . . . . .	21
4.2	WLAN-Router . . . . .	22
4.2.1	SoHo-Router . . . . .	22
4.2.1.1	Linksys WRT54G v1.0 . . . . .	22
4.2.1.2	Linksys WRT55AG . . . . .	24
4.2.1.3	Asus WL500G/GP . . . . .	25
4.2.2	Professionelle Router . . . . .	26
4.3	PDA's und Handys . . . . .	26
<b>5</b>	<b>Fazit</b>	<b>27</b>



## Abbildungsverzeichnis

1	Linksys WMP55AG . . . . .	8
2	Netgear WAG311 . . . . .	9
3	D-Link DWL-A520 . . . . .	10
4	Gigabyte GN-WPEAG . . . . .	11
5	Wistron CM9 Atheros AR5213A . . . . .	13
6	Intel PRO/Wireless 3945 . . . . .	14
7	Intel PRO/Wireless 2915 . . . . .	15
8	Intel Wireless WiFi Link 4965AGN . . . . .	17
9	Proxim Orinoco Gold 8480-WD . . . . .	18
10	Netgear WAG511 . . . . .	19
11	SMC 2536W-AG . . . . .	20
12	Linksys WPC55AG . . . . .	21
13	Linksys WRT54G v1.0 . . . . .	23
14	Linksys WRT55AG . . . . .	24
15	Asus WL500G/GP . . . . .	25
16	Mesh Netz . . . . .	27



## 1 Abstract

## 2 Einleitung

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

### 2.1 Nexus

Uni-Stuttgart - NEXUS <http://www.nexus.uni-stuttgart.de/>

### 2.2 Ad-Hoc

Ein Ad-hoc-Netz bezeichnet in der Informationstechnologie eine drahtlose Netzwerktopologie zwischen zwei oder mehr Endgeräten, die ohne feste Infrastruktur auskommt.

### 2.3 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.

In conjunction with the research cluster UMIC, the Mobile Communications Group (MCG) @ Informatik 4 is building up a hybrid wireless mesh network testbed - UMIC-Mesh (previously known as MCG-Mesh). The goal of this project is twofold. From the scientific point of view the goal is to build a large and scalable mesh network to conduct various networking studies. From the application point of view the goal is to provide the members of the Computer Science Department and the students with a simple and comfortable way to get high bandwidth network access anywhere in the computer science center.

### 2.4 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 ermöglicht.

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.



2,4-GHz-Vorteile gebührenfreies freigegebenes ISM-Frequenzband hohe Verbreitung und daher geringe Geratekosten

2,4-GHz-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)

5-GHz-Vorteile weniger genutztes Frequenzband, dadurch häufig störungsfreier Betrieb möglich

in Deutschland 19 (bei BNetzA-Zulassung) nicht überlappende Kanäle höhere Reichweite, da mit 802.11h bis zu 1000 mW Sendeleistung möglich

5-GHz-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

## 3 Grundlagen von Mesh Netzen

### 3.1 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 proprietäre 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 konnten, 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.

## **3.2 Ad-Hoc Routing-Protokolle**

### **3.2.1 OLSR (Optimized Link State Routing)**

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](http://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 für größere 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 übersteigt (siehe Erfahrungen mit den kapazitiv arg begrenzten CPUs der kleinen Meshrouter im Berliner Freifunk-Netz).

### **3.2.2 B.A.T.M.A.N. (BETTER APPROACH TO MOBILE ADHOC NETWORKING)**

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. 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.



## 4 Hardware-Lösungen für den Aufbau eines Mesh-Netzwerkes

Es gibt verschiedene Möglichkeiten ein Meshnetzwerk aufzubauen. Im Weiteren werden einige davon im Detail beschrieben.

### 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. Generelles Problem: Ad-Hoc Modus bei Karten im 5GHz Bereich ist von unausgereift bis nicht vorhanden.

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 gepatcht 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: Hardware kann noch nützlich sein relativ einfache Installation Software Unterstützung mehrerer WLAN- und Ethernet Interfaces möglich

Nachteile: grosser Stromverbrauch schlechte Sende- und Empfangsqualität, da die Antenne im elektromagnetischen Störnebel des PCs befindet

#### 4.1.1 PCI-WLAN-Karten

##### 4.1.1.1 Linksys WMP55AG





Abbildung 1: Linksys WMP55AG

**Chipsatz:**

- Atheros AR5213A

**IEEE Standards:**

- 802.11abg

**Betriebsart:**

- Ad-Hoc-Modus
- Infrastruktur-Modus

**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>

#### 4.1.1.2 Netgear WAG311



Abbildung 2: Netgear WAG311

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**



- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.1.1.3 D-Link DWL-A520



Abbildung 3: D-Link DWL-A520



**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### **4.1.1.4 Gigabyte GN-WPEAG**

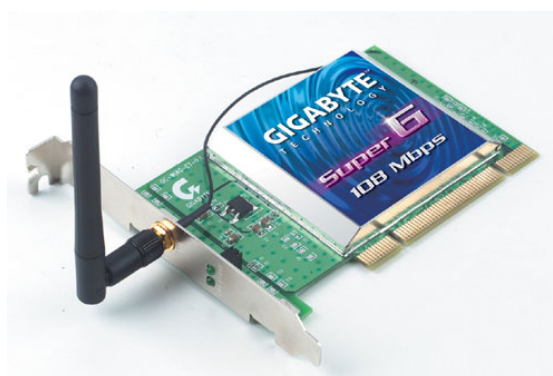


Abbildung 4: Gigabyte GN-WPEAG



**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### **4.1.2 Mini-PCI WLAN-Karten**

##### **4.1.2.1 Wistron CM9 Atheros AR5213A**



Abbildung 5: Wistron CM9 Atheros AR5213A

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

-



#### 4.1.2.2 Intel PRO/Wireless 3945



Abbildung 6: Intel PRO/Wireless 3945

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

-



**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.1.2.3 Intel PRO/Wireless 2915



Abbildung 7: Intel PRO/Wireless 2915

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**





- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### **4.1.2.4 Intel Wireless WiFi Link 4965AGN**



Abbildung 8: Intel Wireless WiFi Link 4965AGN

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

-



**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### **4.1.3 PCMCIA WLAN-Karten**

##### **4.1.3.1 Proxim Orinoco Gold 8480-WD**



Abbildung 9: Proxim Orinoco Gold 8480-WD

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

-



**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.1.3.2 Netgear WAG511



Abbildung 10: Netgear WAG511

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**



- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.1.3.3 SMC 2536W-AG



Abbildung 11: SMC 2536W-AG

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

-



**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Treiber:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.1.3.4 Linksys WPC55AG



Abbildung 12: Linksys WPC55AG

**Chipsatz:**

-



### **IEEE Standards:**

- 

### **Betriebsart:**

- 

### **Sicherheit:**

- 

### **Treiber:**

- 

### **Preis:**

- ca. Euro

### **Installation:**

- 

## **4.2 WLAN-Router**

### **4.2.1 SoHo-Router**

#### **4.2.1.1 Linksys WRT54G v1.0**



Abbildung 13: Linksys WRT54G v1.0

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Firmware:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro





**Installation:**

- 

#### **4.2.1.2 Linksys WRT55AG**



Abbildung 14: Linksys WRT55AG

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

- 

**Firmware:**



- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### 4.2.1.3 Asus WL500G/GP



Abbildung 15: Asus WL500G/GP

**Chipsatz:**

- 

**IEEE Standards:**

- 

**Betriebsart:**

- 

**Sicherheit:**

-



**Firmware:**

- 

**Preis:**

- ca. Euro

**Installation:**

- 

#### **4.2.2 Professionelle Router**

#### **4.3 PDAs und Handys**



## 5 Fazit

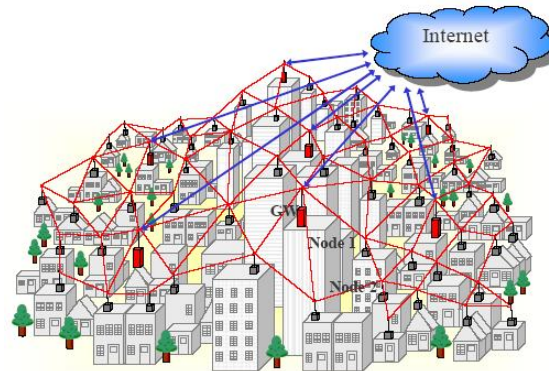


Abbildung 16: Mesh Netz

```

Position := Wurzel;
for i in 1..m do
  if (Position = Kante) then
    if Zeichen auf dem Pfad im Baum = s'(i) then

```