

Mikrozellen für WLANs: Kaum eine Lösung für die Praxis

Konventionelle Wireless LANs

Wireless LANs werden heute sowohl in Unternehmen, im Heimbereich als auch in öffentlichen Hot Spots genutzt. Über die Funkverbindungen greift der Nutzer auf das Internet oder auf die angeschlossenen Netzressourcen kabellos zu. WLANs gehören heute zur Grundausstattung der mobilen Laptops und sorgen für eine schnelle Verbindung zu den bereitgestellten Wi-Fi Access Point auf der Reise, zu Hause oder im Büro. Wireless LANs bieten auf Basis des 802.11g Standards über die Funkverbindung eine theoretische Bandbreite von 54 MBit/s. In der Praxis erhält der Benutzer einen maximalen Durchsatz von 24 MBit/s. Der Standard 802.11g gehört heute zu den populärsten WLAN Standards und wird von jedem Hersteller unterstützt. Darüber hinaus bietet der 802.11g Standard auch eine Rückwärtskompatibilität zu älteren 11 MBit/s 802.11b Komponenten.

Große Hot Spots oder größere Unternehmensnetze werden in der Regel auf verteilten Access Points aufgebaut, die gemeinsam eine Abdeckung der Ausleuchtzone ermöglichen sollen. Dadurch ist der Benutzer in der Lage, sich innerhalb des Funkfelds von einem WLAN Access Point zu einem anderen AP zu bewegen, ohne die Verbindung zum Netzwerk zu verlieren.

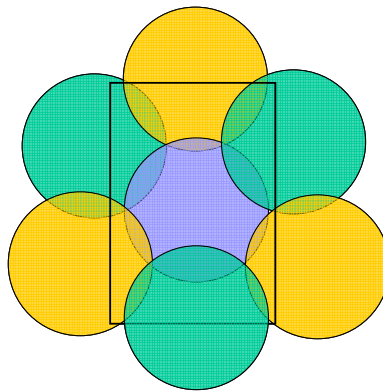


Abbildung 1: Mehrere Access Points werden überlappend nebeneinander angeordnet und ermöglichen somit eine permanente Verbindung über eine größere Fläche

Bewegt sich ein Client von der einen Ausleuchtzone eines APs zur nächsten Ausleuchtzone, bemerkt das WLAN Endgerät die Abschwächung des Empfangssignals vom aktuell genutzten Access Point. Erreicht das Signal einen unteren Schwellwert, baut der Client die aktuelle Verbindung ab und sucht nach einem stärkeren Signal eines anderen Access Points. Dieser Vorgang wird als Handoff bezeichnet und wird im Normalfall vom Benutzer reiner Datenanwendungen nicht bemerkt.

Ein solches WLAN Szenario besteht aus mehreren Access Points, die die gesamte Funkabdeckung des gewünschten Raums bzw. der gewünschten Fläche erbringen. Mobile Benutzer können dadurch zwischen den einzelnen Access Points wandern und problemlos Roamen. In der Praxis ist ein solches Netz relativ kompliziert und erfordert enorme Planungsvorbereitungen um im Betrieb eine einigmaßen verlässliche Performance zu erreichen.

Herausforderungen für den WLAN Betrieb

Folgende vier Wi-Fi Problembereiche machen die Planung, die Installation und den Betrieb von WLANs problematisch:

- 1) **Reduzierte Datenrate vs. Zellengröße**
Die Datenrate zwischen WLAN Clients und Wi-Fi Access Points reduziert sich mit der Entfernung zwischen beiden Komponenten. In der Nähe des Access Points erreicht man Geschwindigkeiten von bis zu 54 MBit/s (für 802.11g). Aber je weiter man sich mit seinem WLAN Client vom AP entfernt, fällt die Datenrate auf 48, 36, 24, 12, 9, 6, 2 und eventuell auf 1 MBit/s. Ein Access Point versorgt in der Regel ein Umfeld von bis zu 100 Meter in geschlossenem Bereich (bei 1 MBit/s). Um einen höheren Gesamtdurchsatz zu erreichen, müssen folglich mehr Access Points und diese, darüber hinaus näher beieinander installiert werden.
- 2) **Nicht überlappende Kanäle**
Der 802.11b und der 802.11g WLAN Standard arbeiten im 2,4 GHz Frequenzband. In diesem Band können nur drei nicht überlappende Kanäle betrieben werden. Alle mit einem Access Point verbundenen Clients teilen sich untereinander die verfügbare Bandbreite. Aus diesem Grund erhalten sechs mit einem 802.11g Access Point verbundene Clients gemeinsam eine effektive Bandbreite von zusammen 24 MBit/s bzw. beim gleichzeitigen Betrieb aller Clients erhält jeder einen Durchsatz von 4 MBit/s. Werden jedoch zwei oder mehr Access Points mit unterschiedlichen Kanälen im gleichen Funkfeld installiert und schalten sich die Clients gleichmäßig auf, teilen nur noch zwei Clients die verfügbare Bandbreite von 24 MBit/s.
- 3) **Kollisionen und Interferenzen**
Da die WLAN Clients nicht physikalisch miteinander verbunden sind, können diese nicht feststellen, wenn andere Geräte auf Sendung gehen. Daher ist es wahrscheinlich, dass mehrere aktive WLAN Clients im gleichen Funkbereich, zur gleichen Zeit ihre Daten übermitteln wollen. Dieser Vorgang wird durch einen so genannten Backoff-Mechanismus abgefangen. Nach einer Kollision müssen die Geräte eine bestimmte Zeit warten, bis diese wieder auf Sendung gehen können. Die Wartezeit wird mit jeder aufgetretenen Kollision erhöht. Die Logik hinter dem Mechanismus: je länger die Wartezeit desto höher ist die Wahrscheinlichkeit, dass ein anderer WLAN Client zum gleichen Zeitpunkt Daten übermitteln will. Durch die Wartezeit sorgt der Backoff Mechanismus dafür, dass die reale Performance des Clients sinkt. Überträgt der WLAN Client normalerweise mit 54 MBit/s und treten Kollisionen im Funkmedium auf, sinkt die effektive Übertragungsrate um die Wartezeit.
- 4) **Handoff zwischen Access Points**
Bewegt sich ein WLAN Client zwischen zwei Access Points, so tritt ab einem bestimmten Signalpegel der Roamingmechanismus in Kraft. Als Roaming bezeichnet man die Zeitdauer die der Client benötigt um sich bei seinem aktuellen Access Point auszuloggen und beim neuen Access Point anzumelden. Fester Bestandteil dieses Prozesses ist das Suchen des Clients nach dem nächst stärksten Signal, Dies geschieht durch ein Scannen des Übertragungsbandes. Bei einigen Clients dauert dieser Prozess unter Umständen mehrere Sekunden¹.

¹ Die Roaming Performance wurde von der Zeitschrift Network World in einem Test zum Thema Voice over WLANs (1/10/05) ermittelt. Die mittlere Handoff-Zeit beträgt zwischen einer halben Sekunde für eine VoIP-Verbindung und mehr als eine Sekunde für sieben VoIP-Calls in einem gemischten Sprach-Daten-Szenario. Die Verzögerungen sind für den Anrufer feststellbar und äußern sich in einer Qualitätsverschlechterung.

Dichtere Abdeckung des Funkfelds: Mikrozellen verschärfen die Probleme

In kleineren Wi-Fi Netzen, beispielsweise zu Hause, in Cafes oder kleineren Büros, werden die meisten der oben beschriebenen Probleme nicht festgestellt. Entweder verfügt der Standort nur über ein oder zwei Access Points, oder so wenig WLAN Clients, dass die Probleme kaum Auswirkungen auf den Betrieb haben. In großen WLAN Installationen, zwischen zehn und hunderten von Access Points und mit vielen WLAN Clients sind diese Probleme nicht zu vernachlässigen. Universitäten und Krankenhäuser gehörten zu den ersten WLAN-Betreibern, die auf diese Probleme aufmerksam wurden. Da jedoch die meisten WLANs kontinuierlich wachsen, treten diese Probleme heute bereits in kleineren Unternehmen auf.

Mikrozellen für eine bessere Abdeckung

Eine höhere Dichte an WLAN Clients, erfordert nach der gängigen Designregel, eine höhere Dichte von Access Points um die notwendige Bandbreite pro Client bereitstellen zu können. Ein 802.11b Access Point stellt beispielsweise einen effektiven Durchsatz von 6 MBit/s bereit. Erfordert eine höhere Anzahl von WLAN-Clients innerhalb des Funkfelds eine Erhöhung des Durchsatzes, dann sagt die Regel, dass der Abstand zwischen den Access Points verringert werden muss. Diese Technik wird als Mikrozellen bezeichnet.

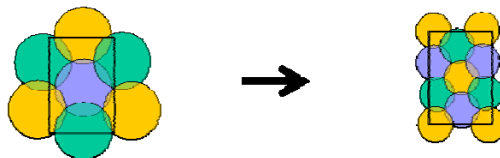


Abbildung 2: In einer Mikrozelle wird die Anzahl der Access Points im Funkfeld erhöht und die Sendeleistung jedes einzelnen APs reduziert. Mit dieser Methode lässt sich mehr Bandbreite für eine größere Anzahl an WLAN-Clients bereitstellen.

Erhöhte Interferenzen und Kollisionen

Der Nachteil der Mikrozellen besteht in einer Erhöhung der Interferenzen und Kollisionen. Die jeweilige Zellgröße wird durch die jeweilige Sendeleistung bestimmt. Das Signal des Access Points breitet sich jedoch auch jenseits der 11 MBit/s Grenze aus. Werden in einer Fläche mehrere Access Points installiert, kann dies in Interferenzen der angrenzenden Kanäle enden. Als Interferenz bezeichnet man die Signale von unterschiedlichen Access Points, die auf dem gleichen Kanal arbeiten und sich dadurch gegenseitig stören.

Auf den ersten Blick scheint die Reduzierung des Abstandes zwischen zwei Access Points die einfachste Lösung, um eine große Anzahl von WLAN-Clients auf engstem Raum unterstützen zu können. In der Praxis breitet sich das Funksignal des Access Points weit über die gewünschten Durchsatzgrenzen aus. Wird beispielsweise ein Access Point für eine Datenrate von 24 MBit/s geplant, breitet sich das Signal über den 24 MBit/s Radius hinaus aus. Die Datenrate reduziert sich auf 12, 6, 2 und 1 MBit/s in 100 Meter Entfernung.

Dies bedeutet, dass selbst bei der sorgfältigsten Planung - bei der die benachbarten APs nicht den gleichen Kanal nutzen - das Problem der Kanalinterferenzen nicht zu vermeiden ist. Je höher die benötigte WLAN-Bandbreite liegt, desto signifikanter tritt dieses Problem auf, denn mehr und mehr APs stören sich untereinander auf dem gleichen Kanal. Dies resultiert in einer verminderten Netzleistung bzw. -Performance. Ein 802.11 WLAN arbeitet im klassischen „shared Media“ Verfahren. Da die Clients mehrere Signale von mehreren APs und von anderen Clients in der näheren Umgebung empfangen, erhöhen die Kanalinterferenzen zwangsläufig die bei den WLAN Client auftretende Kollisionen und führen zu korrupten Paketen (die wiederum zu Sendewiederholungen auslösen).

Die erhöhte Anzahl an Kollisionen und Sendewiederholungen des Clients führen folglich zu erhöhten Übertragungsverzögerungen und reduzieren den Durchsatz des Netzwerks spürbar. Die heutige WLAN-Generation kennt keine Vorkehrungen für diese Probleme und ist daher nicht in der Lage, in einer Umgebung mit einer hohen Nutzerdichte, die volle Performance eines 802.11g Netzwerk mit 54 MBit/s auszunutzen.

Hidden Nodes erhöhen die Kollisionen

Ein weiteres Problem der klassischen WLANs ist unter dem Oberbegriff „Hidden Nodes“ bekannt. Das Problem der versteckten Knoten entsteht, wenn mehrere WLAN Clients innerhalb einer Zelle mit einem Access Point kommunizieren, die WLAN Clients aber sich nicht gegenseitig hören können. Das CSMA/CA Protokoll des 802.11 Standards funktioniert so lange, wie die WLAN Clients die Signale der anderen Kommunikationspartner empfangen. Unter bestimmten Umständen können die WLAN Clients so weit von einander entfernt sein, dass diese zwar noch die Signale des Access Points empfangen, aber nicht mehr die Signale des anderen Clients.

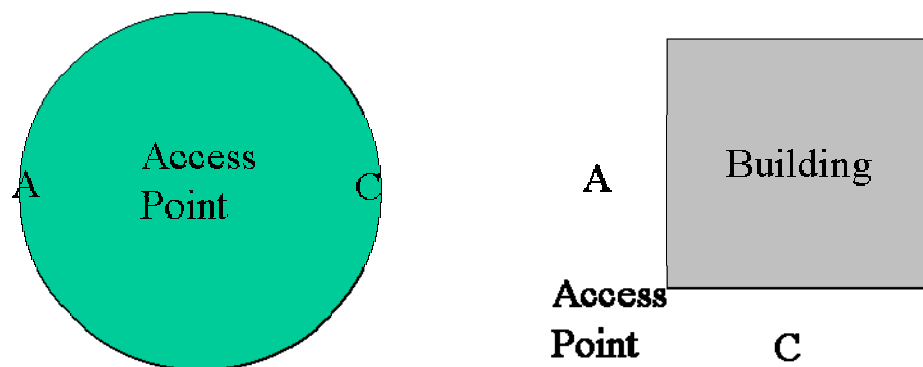


Abbildung 4: Durch das „Hidden Node“ Problem verursachte erhöhte Kollisionen reduzieren die WLAN Performance und lassen sich auch durch eine sorgfältige Kanalplanung nicht vermeiden.

Weitere Aspekte des Handoffs

Ein zusätzlicher Aspekt muss bei verzögerungssensitiven Anwendungen (beispielsweise Voice over Wi-Fi) berücksichtigt werden. Eine Mikrozelle führt zu einer signifikant ansteigenden Zahl an Handoffs. Diese Handoffs zwischen Access Points führen zu ansteigenden Verzögerungen und somit zu einer Reduzierung der Sprach- oder Videoqualität.

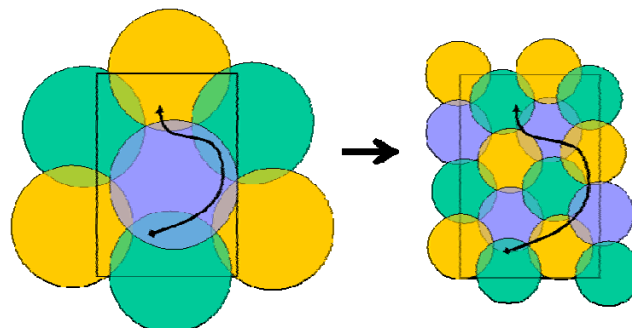


Abbildung 5: Im gleichen physikalischen Funkfeld stellt der Client im linken Bild nur einen Handoff fest, während der Client durch die Mikrozellen sechs Handoffs durchläuft. Durch die Häufung der Handoffs des VoIP Clients reduziert sich die Sprachqualität signifikant.

Erhöhte Planungs- und Installations- und Betriebskosten

Ein Aufbau von Mikrozellen erhöht die Kosten wie folgt:

- 1) Vorplanung (Site Survey): Die Erhöhung der Dichte der Access Points erfordert eine genaue Vorplanung (eventuell auch Probemessungen vor Ort) der Kanalvergabe um mögliche Kanalinterferenzen zu minimieren.
- 2) Ethernet Ports: Um eine Verbindung zum Kabelnetz bereitzustellen benötigt jeder Access Point einen Anschluss an einen Ethernet Switch. Stehen an den vorhandenen Switches keine weiteren Ports zur Verfügung, müssen neue Ethernet Switches installiert werden.
- 3) Kabelverlegung: Jeder Access Point benötigt für seinen Ethernet-Ausgang zum Kabelnetz auch eine Kabelverbindung zum entsprechenden Switch Port. Die Installation des Verbindungskabels kann unter Umständen mit bis zu \$500 pro Access Point zu Buche schlagen.

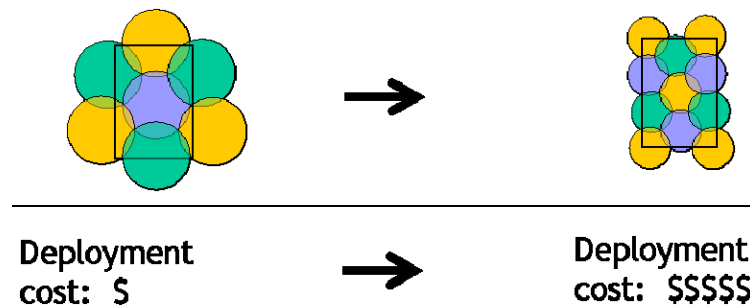


Abbildung 6: Mikrozellen erhöhen die Planungs- und Installations- und Betriebskosten durch die zusätzlich notwendigen Access Points.

Die folgende Tabelle stellt die typischen Installations- bzw. Bereitstellungskosten für ein konventionelles WLAN den Kosten eines auf einer Mikrozelle aufgebauten Netzes gegenüber.

	Konventionelle Ausführung	Mikrozelle
Anzahl APs	10	40
Kosten pro AP	600 \$	600 \$
Gesamtkosten APs	6.000 \$	24.000 \$
Switch Kosten	4.995 \$	22.995 \$
Gesamtkosten WLAN Geräte	10.995 \$	46.995 \$
Kabelverlegung per AP	500 \$	500 \$
Layer2/3 Kosten per AP	100 \$	100 \$
Gesamtkosten Kabelinfrastruktur	6.000 \$	24.000 \$
Site Survey (20 Minuten pro AP bei 100 \$/h)	330 \$	1.320 \$
Installationskosten der APs (20 Minuten pro AP bei 100 \$/h)	330 \$	1.320 \$
Gesamtkosten Installation	660 \$	2.640 \$
Supportkosten pro AP (20 Minuten pro Monat pro AP bei 100 \$/h)	3.960 \$	15.840 \$
Gesamtkosten Support	3.960 \$	15.840 \$
Gesamtkosten Projekt	21.615 \$	89.475 \$
Kostendifferenz der Mikrozellen		314 %

Tabelle 1: Ein Netzkonzept auf Basis von Mikrozellen aufgebaut, bei dem der Radius der Access Points nur noch die halbe Fläche abdeckt, führt zu einer Kostensteigerung gegenüber konventionellen WLAN-Systemen von über 300 Prozent.

Zusammenfassung

Ein flächendeckendes WLAN Netz erfordert eine wesentlich genauere und sorgfältigere Planung, Installation und Einmessung der Wi-Fi Access Points als Netzzugänge in Hot Spots, Cafes oder isolierten Gästezugängen in Unternehmen. Mikrozellen, bei denen die Access Points näher beieinander liegen, gelten allgemein als probates Mittel um die notwendige Bandbreite einer Vielzahl von WLAN-Clients zur Verfügung zu stellen. Bei einem solchen Netzaufbau müssen jedoch folgende vier Aspekte genauer betrachtet werden: Reduzierung der verfügbaren Datenrate, leistungsreduzierte nicht-überlappende Kanäle, Kanalinterferenzen und Kollisionen und häufigere Handoff-Prozeduren. Zusammen limitieren diese Faktoren die Effizienz von Mikrozellen. Darüber hinaus steigen die Kosten der Mikrozellen dramatisch. Dies hat nicht nur seine Ursache in zusätzlich notwendigen Kommunikationskomponenten, sondern liegt unter anderem an der komplexen Funknetzplanung und den permanenten Supportkosten. Aus diesem Grund greifen immer mehr Netzbetreiber bei einer flächendeckenden Auslegung des WLANs auf die intelligenten Lösungskonzepte von Meru Networks zurück.

Copyright © 2006 Meru Networks, Inc. All rights reserved worldwide. Meru Networks is a registered trademark of Meru Networks, Inc. in the U.S. and worldwide. All other trademarks mentioned in this document or Web site are the property of their respective owners. No part of this document may be reproduced by any means nor translated to any electronic medium without the written consent of Meru Networks, Inc. Specifications are subject to change without notice.