

**WLAN-Infrastruktur** – Neben einer kabelgebundenen Infrastruktur versorgte ein drahtloses Netzwerk die Aussteller und Besucher der Interop 2007 in Berlin. Als Projekt der Real-World Labs wurde diese Infrastruktur geplant und realisiert.

**S**elbst innerhalb der ITK-Branche herrscht verbreitet die Meinung, WLANs verursachten Elektrosmog. Während gewöhnlicher Smog bei bestimmten Lichtverhältnissen sichtbar wird, benötigt man für die Sichtbarmachung von WLAN-Smog unterschiedliche Werkzeuge. Voraussetzung für die anwendungsgerechte Funktion eines unsichtbaren oder sichtbaren WLANs ist eine auf einem standardisierten Ablauf basierende Planung dieser drahtlosen Gebäudeinfrastruktur. Dieser Planungsprozess soll anhand des WLANs erläutert werden, das wir anlässlich der Interop 2007 in Berlin innerhalb des Interopnets errichtet haben.

Am Anfang war ein Gebäudeplan des Obergeschosses von Halle 2.2 des Berliner Messegeländes. Dieser Plan stand als PDF-Datei zur Verfügung und stellte neben der Gebäudestruktur die voraussichtliche Aufteilung der künftigen Messestände dar. Die Halle lässt sich als ein einfaches Rechteck von 98 x 64 m Kantenlänge beschreiben. Die Deckenhöhe liegt bei 10 m. Auf der Mittelachse der Halle verteilen sich vier aus Stahlbeton bestehende quaderförmige Säulen.

Um die Anzahl der WLAN-Access-Points vor dem Aufbau der Ausstellerstände festlegen zu können, haben wir im ersten Schritt mit Hilfe einer WLAN-Simulationssoftware die Planung des Netzes begonnen. Hierzu stand der im Oktober diesen Jahres erschienene »RF3D WiFi Planner« von Psiber zur Verfügung.

Für eine WLAN-Simulation ist ein Gebäudemodell zu kreieren. Im Namen der verwendeten Planungssoftware ist bereits eine ihrer wesentlichen Eigenschaften beschrieben. Mit RF3D kann man die Ausbreitung von elektromagnetischen Wellen für die WLAN-Frequenzen auch in der dritten Dimension berechnen. Ein 3D-Gebäudemodell wird schichtweise aus übereinanderliegenden Etagen Grundrissen errichtet. Ein Softwareassistent hilft bei der Skalierung und Ausrichtung der Etagenpläne sowie bei der Einstellung der Abstände zwischen den einzelnen Gebäudeebenen von einer definierten Nulllinie ausgehend.



Die einzelnen Gebäudepläne werden im JPG-Format in das Programm eingelesen. Die Wandlung aus dem PDF-Format übernahm vorher der frei verfügbare Ghostwriter. In unserem Beispiel musste natürlich nur eine Etage eingelesen werden. Das Definieren von dämpfenden Decken konnte übersprungen werden. Im nächsten Schritt sind Wandmaterialien aus einer ins Programm integrierten Datenbank möglichst passend zum verwendeten Baumaterial auszuwählen und die Struktur des Gebäudes mit dem gewählten Material nachzuzeichnen.

Auf das »Nachbauen« der aus Leichtbaumaterialien gestalteten Ausstellungsstände konnten wir verzichten. Vielmehr wurde eine für fortgeschrittene Programmnutzer änderbare Umgebungsdämpfungsvariable an eine offene Halle mit der relativ niedrigen Dämpfung von nach oben offenen internen Strukturen angepasst. Wir wählten zur Simulation die Einstellung »Factory/Warehouse«.

Im folgenden Schritt werden ebenfalls aus einer in das Programm integrierten Datenbank Access-Points beziehungsweise die an diese Access-Points montierten Antennen mit unterschiedlichen 3D-Charakteristiken ausgewählt. Die Anordnung der Access-Points im Gebäude sollte eine flächendeckende Verfügbarkeit von mindestens -70 dBm Empfangssignalstärke ermöglichen. Die editierbaren Eigenschaften eines virtuellen Access-Points sind der Name, die Sendeleistung (typischerweise 16 dBm), das Frequenzband beziehungsweise der verwendete IEEE-Standard und die Kanalnummer. Weiterhin müssen bei gerichteten Antennencharakteristiken der Montagewinkel in der horizontalen und in der vertikalen Ebene an die real zu konfigurierenden Gegebenheiten angepasst werden.

Die Montagehöhe der Access-Points über der jeweiligen Geschossebene beeinflusst ebenfalls die Ausbreitung der Funkzelle.

Am Anfang des Planungsprozesses haben wir den Einsatz von gerichteten Antennen von Huber & Suhner vorgesehen. Die Antennencharakteristik beeinflusst die Ausprägung der Funkzelle. Die definierte Vorzugsrichtung lässt sich ebenfalls aus der Visualisierung der Verteilung der Empfangssignalstärke ablesen. Aus logistischen Gründen haben wir später omnidirektionale Standardantennen der Altitude-Access-Points von Extreme Networks eingesetzt.

Die WLAN-Planung durch Simulation birgt einige Planungsrisiken. Hierzu zählen

- ◆ Fehlerhafte Bemaßung,
- ◆ nicht oder unzureichend beschriebene Wandmaterialien,
- ◆ falsche oder nicht aktuelle Planungszeichnungen sowie
- ◆ falsch konfigurierte virtuelle Access-Points.

Die Beschaffung der korrekten und aktuellen Planungsdaten sollte Aufgabe des künftigen WLAN-Betreibers sein. Im Idealfall kann eine WLAN-Simulation die genauen Standorte der Access-Points vorgeben und die Montage der Access-Points ohne spätere kostspielige Verlagerungen vorgenommen werden.

Empfehlenswert ist zusätzlich eine Standortbegehung. Hierbei werden die Funkzellen von temporär an den geplanten Montagepunkten platzierten Access-Points mittels einer Site-Survey-Software auf die Etagen Grundrisse gemapt. Für die Planung des Interopnet-WLANs haben wir einen Vororttermin durchgeführt und eine Beispielfunkzelle mittels der Ekahau-Site-Survey-Software gemapt. Zum Zeitpunkt einer solchen Planungsbegehung sollte natürlich das

zu begehende Gebäude im Endausbau sein. Kurz gesagt, eine Planungsbegehung in einer Büroeta-ge ohne Trennwände oder die Begehung einer Lagerhalle mit leeren Regalen macht wenig Sinn. Die Begehung in der völlig leeren Messehalle in unserem Beispiel brachte vor allem die Erkenntnis, dass eine als relativ gering anzusehende Anzahl von vier Access-Points tatsächlich ausreicht, um die Halle komplett und mit ausreichender Redundanz zu versorgen. Allein die Ausdehnung einer omnidirektionalen WLAN-Zelle versorgt die gesamte Halle mit mindestens -70 dBm im 2,4-GHz-Band.

Unter Beachtung der vorhergehenden Bemerkungen kann eine Planungsbegehung die zuvor aufgeführten Planungsrisiken auf ein Minimum reduzieren. Die dabei erzeugten Karten mit den Verteilungen der Empfangssignalstärken, der Signal-Rauschabstände, der Interferenzen, den Redundanzen und den zu erwartenden Datenraten stellen bereits eine umfangreiche und genaue Dokumentation der künftigen WLAN-Infrastruktur dar.

Da WLAN insbesondere mit dem 2,4-GHz-ISM-Band ein frei zugängliches Spektrum benutzt, welches auch von WLAN-fremden Gerätschaften gerne verwendet wird, empfiehlt es sich bei einem Vororttermin auch einen Schnappschuss von einigen Minuten über den generellen Zustand des analogen Frequenzspektrums mittels Spektrumanalyse durchzuführen. Am späten Vorabend des Interop-Starts in Berlin haben wir vier Access-Points von Extreme Networks installiert. Zu Beginn des Events wurde die fertige Installation dann vermessen und eine Übergabedokumentation angefertigt.

Die Access-Points waren nicht ganz an den geplanten Positionen befestigt. Von einer aufwändigen Berichtigung dieser Montagepositionen haben wir jedoch abgesehen. Da, wie zu jedem ITK-Event, jeder Aussteller seine eigenen Access-Points mitgebracht und in Betrieb genommen hatte, musste sich unsere Mapping-Software beziehungsweise die messende WLAN-Karte mit mehr als 50 Access-Points bei 2,4 GHz abmühen. Wir entschieden uns daher, während der ersten Begehung ausschließlich das 2,4-GHz-

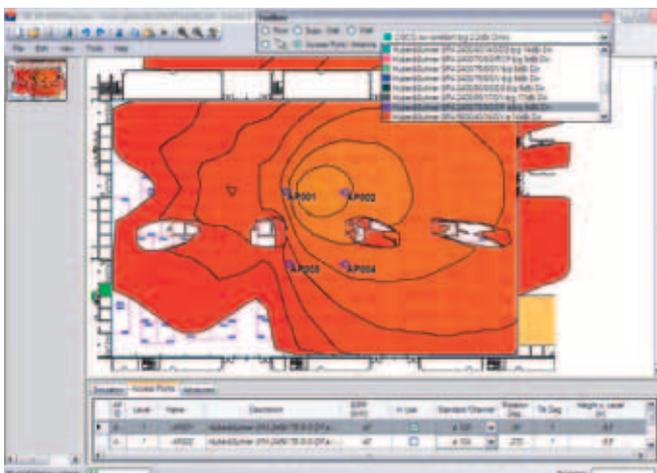


Abbildung 1

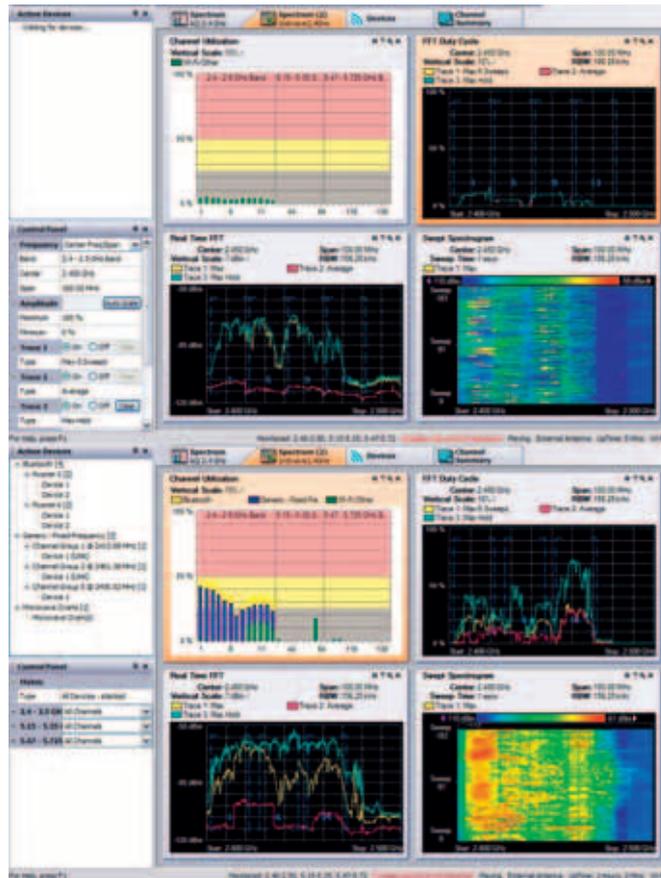


Abbildung 2

Band zu scannen und zu mappen. Damit erreicht man bei einer derartigen Access-Point-Dichte ein akzeptables Verhältnis zwischen Scan- und Begehungsgeschwindigkeit. Die 5-GHz-Bänder wurden während einer separaten Begehung kartografiert.

Die protokollarische Spektrumsanalyse brachte im Vergleich zu der Messung während der Planungsbegehung einige Überraschungen. Neben den vielfältigen WLAN-Aktivitäten im 2,4-GHz-Band wurden vom Cognio-Spektrum-Experten auch WLAN-fremde Geräte mit fixer und variabler Frequenz gesichtet.

Die oberen vier Anzeigen in Abbildung 2 geben den Status des Spektrums zum Zeitpunkt der Planungsbegehung wieder. Es wurden ledig-

lich die Leerlaufaktivitäten des WLANs der Messgesellschaft Berlin und des bei der Planungsbegehung genutzten Referenz-Access-Points im 2,4 GHz Band registriert.

Die Statistik zur Kanalauslastung (Channel Utilization) zeigt nur WLAN-Aktivitäten unter 10 Prozent. Die Leerlaufaktivitäten des 5-GHz-Modules unseres Referenz-Access-Points kommen nicht über die Nulllinie der Kanalauslastungsstatistik. Die maximalen Werte der zeitlichen Auslastung (Duty Cycle) des 2,4-GHz-Spektrums liegen ebenfalls bei 10 Prozent. Die Maximum-Hold-Kurve (türkis) der Empfangssignalstärke in der Real-Time-FFT-Anzeige steigt bis auf Werte von -70 dBm und lässt in ihrer Ausformung vier WLAN-Kanäle erkennen. Die Wasserfallanzeige (Sweep-Spektrogramm) der Empfangssignalstärke lässt relativ große Bereiche mit Empfangssignalstärken bei -100 dBm offen (blau). Auch diese Anzeige zeugt von einer recht geringen Belastung des 2,4-GHz-Spektrums.

Die unteren vier Anzeigen, welche gegen Mittag des ersten Messetages erzeugt wurden, ergeben ein ganz anderes Bild. Hier haben wir WLAN-fremde 2,4-GHz-Anwender identifiziert. Darunter

- ◆ mehrere Bluetooth-Pico-Netze (es waren einige Messbesucher mit Bluetooth-Headsets unterwegs),
- ◆ mehrere Geräte mit fester Frequenz, die alle 2,4-GHz-WLAN-Kanäle überstrichen (vermutlich eine drahtlose Mikrofonanlage aus dem Konferenzbereich der Interop),
- ◆ ein Mikrowellenherd aus dem Catering.

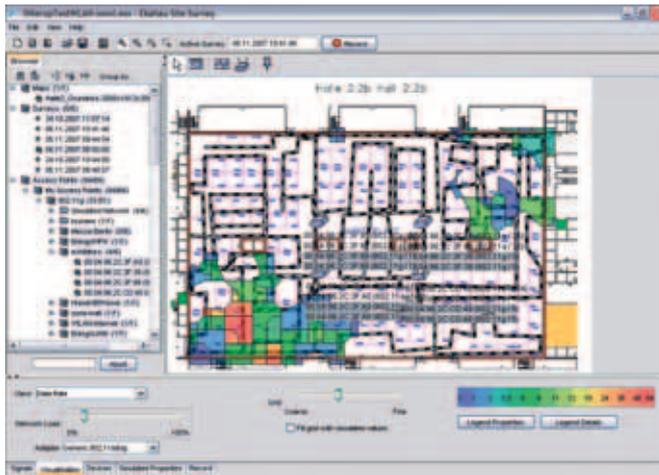


Abbildung 3

Die Kanalauslastung geht in Richtung 50 Prozent. Der größte Teil davon ist den WLAN-fremden Geräten mit fester Frequenz zuzuordnen. Bluetooth trägt rund 10 Prozent zur Auslastung bei. Die Aktivität des Mikrowellenherdes war zu kurz, um in die Statistik einzufließen. Die WLAN-Aktivitäten bei Kanal 9 - 13 trugen rund 15 Prozent zur Auslastung bei.

In den 5-GHz-Bändern gibt es einen Kanal mit 15 Prozent Auslastung und drei weitere mit weit unter 10 Prozent Auslastung. In der Duty-Cycle-Anzeige steigt die Auslastung im oberen Drittel des 2,4-GHz-Bandes bis auf 70 Prozent (zu anderen Zeitpunkten wurden auch 90 Prozent gemessen). Die Maximum-Hold-Kurve der Realtime-FFT-Anzeige lässt keine einzelnen WLAN-Kanäle mehr erkennen. Die kammartigen Spitzen zeugen von Frequenzhopping-Aktivitäten durch Bluetooth.

Die Wasserfallanzeige ist sowohl über die Zeit als auch über das Spektrum fast vollständig mit Aktivitäten oberhalb -70 dBm (grün, gelb, rot) gefüllt. Die über das gesamte Spektrum verteilten roten Pünktchen deuten auf Bluetooth-Aktivitäten hin. Da bleibt wenig Platz für qualitativ hochwertiges WLAN bei 2,4 GHz. Das 5-GHz-Spektrum ist kaum belastet. Hier sollten qualitativ hochwertige WLAN Anwendungen möglich sein.

Leider konnten mit der Ortungsfunktion des Cognio-Spektrum-Experten nicht alle Komponenten genau verifiziert werden. Drahtlose Audio- und Video-Übertragungen und auch die Funkfernsteuerung des allgegenwärtigen Modellluftschiffes nutzten, wie uns auf Nachfrage mitgeteilt wurde, Frequenzen im dreistelligen MHz- beziehungsweise UHF-Bereich. Für die genannten Funkanwender gibt es aber jeweils auch Geräte im Markt, die das 2,4-GHz-ISM-Band verwenden. Um genau herauszufinden, welches Gerät die unliebsame Aktivität verursacht, hätte man alle bereits identifizierten Geräte nacheinander abschalten müssen. Dies konnte natürlich bei laufender Veranstaltung nicht durchgeführt werden.

Das undurchsichtige Frequenzchaos, welches sich bei der Spektrumanalyse im 2,4-GHz-Band zeigt, ist in der Tat mit dem Begriff Elektro-Smog treffend beschrieben. Die maximale

Empfangssignalstärke, die hierbei gemessen wurde, hat allerdings den Wert von -50 dBm nie überschritten. Für die »Elektrosensiblen« unter uns: das sind 0,00001 Milliwatt.

Die vom Interopnet-WLAN zu erwartende Netzwerkeistung lässt sich am besten aus den Abbildungen 3 und 4 ablesen. Die Aussagen der Spektrumanalyse werden hiermit untermauert.

Rund 50 verschiedene b/g-Access-Points erzeugen sehr starke Crosschannel-Interferenzen. Daher waren nur in sehr kleinen Bereichen der Messehalle brauchbare Datenraten zu erwarten. Die simulierte Netzwerklast ist auf lediglich 10 Prozent eingestellt (siehe Schiebeschalter). Die per Spektrumanalyse ermittelte Kanalauslastung liegt regelmäßig höher. Unter diesen Bedingungen kann man froh sein wenn es bei 2,4 GHz überhaupt kurzzeitig Verbindungen zum Internet gibt. Anwendungen wie VoWLAN oder Videostreaming dürften zumindest zeitweise ins Stottern kommen.

Im 5-GHz-Band werden mindestens 18 MBit/s beziehungsweise großflächig 54 MBit/s berechnet. Diese Werte werden selbst bei 100 Prozent der Netzwerklast erreicht. Die Kanalauslastung von wenigen Kanälen in der Spektrumanalyse haben wir hier regelmäßig mit kleiner 10 Prozent ermittelt. Beim Versuch, E-Mails über die SSID »interopvisor« abzuholen, bestätigte

sich diese Durchsatzvorausage deutlich. Ein testweise eingesetztes Smartphone mit einem b/g-WLAN-Interface meldete die erfolgreiche Synchronisation des Exchange-Offline-Ordners erst nach rund 20 Minuten. Der im Tablet-PC implementierte ABG-Adapter verband sich ausschließlich mit dem 5-GHz-Netzwerk und bot dort auch die erwartete Netzwerkperformance.

Das Fazit, welches sich für den WLAN-Fachmann aus der betrachteten Planungssituation ergibt, lässt sich folgendermaßen zusammenfassen: Die WLAN-Infrastruktur eines Gebäudes mit mehr als einem Access-Point muss geplant und für Betreiber und Errichter dokumentiert werden. Die Planung kann per Simulation erfolgen. Zur Verbesserung der Planungssicherheit kann diese durch eine Standortbegehung ergänzt werden. Pflicht ist die protokollarische Standortbegehung nach der Installation, bei der mit einer Mapping-Software mindestens folgende Linkparameter kartografiert werden:

- ◆ Empfangssignalstärke in dBm,
- ◆ Signal-Rausch-Abstand in dB,
- ◆ Cross-Channel-Interferenz in dBm sowie
- ◆ die zu erwartende Bitrate in MBit/s.

Für Gebäudebetreiber wird es notwendig sein, das unregulierte aber lizenzfrei zu nutzende 2,4-GHz-ISM-Band lokal auf privater Basis zu regulieren. Aus Nachhaltigkeitsgründen gilt dies natürlich auch für die 5-GHz-Bänder und alle weiteren lizenzfrei zu nutzenden Spektren beispielsweise bei 433 und 868 MHz.

Vor dem Hintergrund der großen Beliebtheit des 2,4-GHz-Bandes müssen die verfügbaren 5-GHz-Bänder in WLAN-Planungen einbezogen werden. Spätestens seit dem Einzug von Channelbonding in den neuen WLAN-Standard IEEE 802.11n ist dies quasi Pflicht. Da unbürokratisch nutzbare Frequenzspektren immer ein knappes Gut sein werden, sollte die Dect-Telefonie bei 1990 MHz nicht in Vergessenheit geraten.

**Dipl.-Ing. René Kriedemann, 2ndwave WLAN consulting, Prof. Dr. Bernhard G. Stütz, dg@networkcomputing.de**

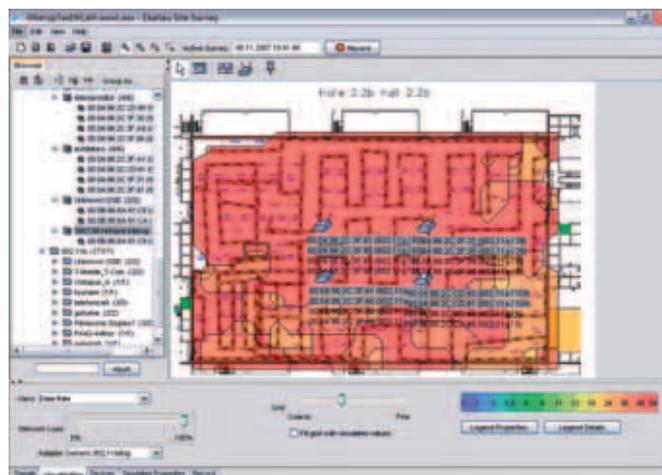


Abbildung 4