

WLAN-Fehlersuche und -Messtechnik

Luft-Analyse

Als Hochfrequenztechnik haben Wireless-LANs ihre besonderen Tücken. Um diese zu überwinden, müssen Administratoren entsprechendes Know-how mitbringen und passende Analyse-Werkzeuge besitzen.

WLAN-Technologien (Wireless-LAN) ermöglichen es mobilen Rechnersystemen wie Notebooks, Handheld-Computern und bald sogar Handys, flexibel auf das Unternehmensnetz oder über Wireless-Public-Hotspots auf die im Internet angebotenen Dienste und Informationssysteme zuzugreifen. Zunehmend ergänzen WLAN-Technologien auch Datentelemetrie, Messtechnik oder mobile Produktionsgeräte in fast allen Industriebranchen. Anders als bei auf Kabel basierenden Netzwerken kommt bei WLAN zusätzlich die Komponente »Äther« mit ins Spiel: Geräte senden Daten in die Luft und empfangen sie wieder. Drei Rechner in einem Büro drahtlos zu vernetzen, ist heute in aller Regel nichts Unmögliches mehr. Im Enterprise-Bereich jedoch stellt sich die Aufgabe, mittels Netzabdeckung unter allen Aspekten der Sicherheit und Quality-of-Service mehrere Hundert Clients zu integrieren, schon als ein wenig anspruchsvoller dar. Zahlreiche auf WLAN spezialisierte Consultingfirmen haben daher er-



kannt, dass die professionelle Einrichtung drahtloser Netzwerkinfrastrukturen in größeren Unternehmen ein lukratives Geschäft bedeutet. Auch die Entwicklung und Produktion von WLAN-Komponenten erfordern ausgiebige Tests sowie die Simulation von Störungen. Das Thema umfasst ein großes Spektrum an unterschiedlichen Testaufgaben: angefangen von der Chip-Ebene, über Netzwerkkomponenten und Netzwerkhardware, bis hin zur Netzwerkadministration, Sicherheit, Hotspot-Billing und Zellen-Roaming. Wie effizient beseitigt zum Beispiel das System den Einfluss einer Interferenz (Störung durch Überlagerung mit anderen Funkwellen) im 2,4-GHz-Bereich? Was für eine Art »hand-off delay« wird erwartet, wenn ein Anwender von einer WLAN-Zelle in die andere wechselt oder sogar von WLAN ins UMTS- oder GPRS-Netz roamt? Wie stark beeinflusst die Implementierung von sicherheitsrelevanten Mechanismen im MAC- und auch auf höheren Netzwerkebenen die Netzwerkleistungsfähigkeit? Wie gut kann ein Access-Point die Leistung regulieren? Alle diese Faktoren, ganz zu schweigen von Fragen über Ende-zu-Ende-Performance, Latenzzeit oder Paket-Verlust, können geeignete Tests und Analysen erst richtig transparent machen.

Störungen durch Signalüberlagerung

Da die WLAN-Frequenzen mit 2,4 und 5 GHz relativ hoch liegen und damit schon zum Mikrowellenbereich zählen, spielen nicht nur entfernungs- und hindernisbedingte Signalabschwächungen eine Rolle, sondern vor allem so genannte

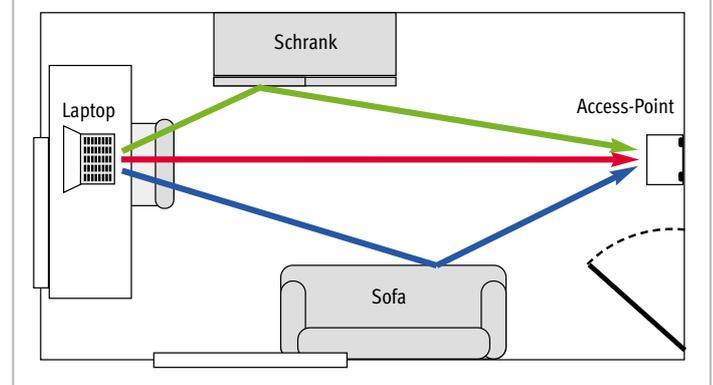
Multipath-Effekte. Sie bezeichnen das Phänomen, dass ein Signal mehrere Wege geht, um dann zu unterschiedlichen Zeiten beim Empfänger anzukommen. Der Effekt entsteht, wenn irgendwelche Gegenstände ein Funksignal mehrmals reflektieren. Beim Empfänger überlagern sich die zeitverschobenen Signale (Interferenz) und schwächen sich dadurch in der Regel ab. Im schlimmsten Fall verschiebt sich durch die entstehenden Laufzeitunterschiede die Phase zwi-

schen zwei Signalen um 180 Grad. Worauf die Funkwellen einander fast vollständig auslöschen.

Daher kann es leicht passieren, dass ein AP (Access-Point) nur wenige Meter in ein und demselben Raum vom WLAN-NIC-Client (Wireless-LAN-Network-Interface-Card) entfernt steht, aber eine LAN-Verbindung trotzdem nicht zustandekommt. Auch bei WLAN-Richtfunkstrecken, beliebt, um LANs in zwei von einander getrennt stehende Firmengebäuden drahtlos zu koppeln, können ähnliche Effekte auftreten. Hierbei handelt es sich allerdings nicht um reflexionsbedingte Multipath-Effekte, sondern um signalverzögerungsbedingte Interferenzen. Diese entstehen durch ein Hindernis, das zu einem gewissen Maß in die Richtfunkstrecke hineinragt. Für die ungestörte Übertragung muss nicht nur eine direkte Sichtverbindung herrschen, sondern ein ganz bestimmter Raum zwischen Sender und Empfänger vollkommen frei von Hindernissen aller Art sein. Dieser Raum wird nach dem französischen Ingenieur Augustine Jean Fresnel »Fresnelsche Zone« genannt. Hersteller von Richtfunk-Hardware geben hierbei einen Grenzwert an, ab dem sie eine Verbindung sicherstellen. Mit Hilfe der Fresnel-Zonen lässt sich der Einfluss von Hindernissen im Ausbreitungsweg quantitativ angeben. Beispielsweise sollen eine Brücke eine Entfernung von 2 km überbrücken und dabei mindestens 60 Prozent der Fresnelzone frei bleiben. Dann muss sicher sein, dass nach einem Kilometer von der Sichtverbindungsline zwischen den beiden Antennen mindestens sechs Meter Abstand bis zum nächsten Hindernis oder zum Boden besteht. Gegebenenfalls muss der Antennenmast verschoben oder erhöht werden.

Manchmal genügt es, wenn der Administrator einen Access-Point um ein paar Zentimeter verrückt, um die Performance zu verbessern.

Multipath-Effekt



Einen typischen Testfall zur Simulation von Multipath-Effekten in einem Raum verdeutlicht das »Rayleigh Fading«, genannt nach dem englischen Physiker Lord Rayleigh. Lord Rayleigh konnte 1871 nachweisen, dass das Sonnenlicht an den Luftmolekülen in alle Richtungen gestreut wird. Weiterhin zeigte er, dass die kurzwelligen Lichtstrahlen (Violett und Blau mit Wellenlängen $L=0,38$ bis $0,45 \mu\text{m}$) durch diese kleinen Partikel stärker streuen als das langwellige Licht (Orange und Rot, $L=0,65$ bis $0,75 \mu\text{m}$). Von Ihm stammt auch der Begriff »Rayleigh Fading« oder »Rayleigh Dichte« ab, der sich bei Multipath-Effekten in drahtlosen, höherfrequenten Übertragungstechniken besonders etabliert hat. Wie das Licht werden auch höherfrequente elektromagnetische Wellen an den Luftmolekülen gestreut. Ähnlich wie bei reinen Reflexions-Multipath-Effekten entsteht eine Interferenz verschiedener phasenverschobener Signale aufgrund unterschiedlicher Wege.

Simulation von Störungen

Die Application-Note-#43 »WLAN Layer 1 Testing With TAS4500 RF Channel Emulator« beschreibt, wie ein Anwender mit Hilfe eines »Spirent Communications Adtech AX/4000 Broadband Emulator« den Rayleigh-Fading-Multipath-Effekt simuliert. Im Messaufbau erzeugt das Spirent-Gerät den notwendigen Traffic und hilft, das Ergebnis des Versuchs zu analysieren. Die Antennenausgänge der APs werden ohne Antennen mit Koaxleitungen direkt mit den Emulator verbunden. Zur Kontrolle wird das Verhalten der APs ohne Störungen simuliert. Dabei bleiben Transfer-Delay (kontinuierliche Übertragungsverzögerung Paketübertragungsrate und Bandbreite konstant. Verschiedene Einstellungsvariationen am Emulator bilden bei dieser Simulation das Rayleigh-Fading recht gut nach. Das Ergebnis ist erstaunlich. Die Übertragung verläuft erheblich schlechter als die Simulation ohne Störgrößen. Es finden sich etwa immer wieder starke Einbrüche bei der Bandbreite.

Abhilfe durch WLAN-Komponenten

Wird ein Paket nicht einwandfrei empfangen, erfolgt die Übertragung ein zweites Mal. Dies geschieht so lange, bis das Paket sauber und komplett an der Gegenstelle ange-

kommen ist. Damit verlangsamt sich die Gesamtübertragungsrate natürlich erheblich. Diese ungewünschten Effekte, die in der Praxis durch Hochfrequenzreflexionen, Signalabschwächungen, Phasen- und Signalverzögerungen auftreten, können die WLAN-HF-Baugruppen (WLAN-Hochfrequenz) durch entsprechende Regelmechanismen zum Teil unterdrücken. Wären auf der physikalischen Ebene keine Maßnahmen implementiert, würde kaum ein WLAN-Netz vernünftig funktionieren. Glücklicherweise wirkt auch die Spread-Spektrum-Technologie wie Frequency-Hopping für die Signalübertragung im WLAN diesen Multipath-Effekten schon von Haus aus entgegen. Ein Multipath-Effekt, der zur Auslöschung führt, tritt in aller Regel nur bei einer ganz bestimmten Frequenz an einem ganz bestimmten Ort auf. Da sich beim Frequency-Hopping jedoch die Funkfrequenzen ständig ändern, ergibt sich nur sehr kurz dieser ungünstige Effekt. Auf allen anderen Frequenzen können Daten weiterhin übertragen werden.

Die erste WLAN-Chip-Generation mit der Bezeichnung »PRISM I« (eingetragenes Warenzeichen von Intersil) besitzt nur ein einfaches IF-Design (Intermediate-Frequency). Erst ein wenig später realisiert der »HFA3860 Basisband«-Prozessor mit der Marktbezeichnung »High Rate« eine nach JTC-Standard (Joint-Technical-Committee) Multipath-Effekten entgegenwirkende bessere Delay-Spread-Performance. Delay-Spread bezeichnet den Zeitunterschied zwischen dem ersten ankommenden Signal und dem als letztes ankommenden, durch Multipath reflektierten Signal. Die ersten Chips der zweiten Generation, der »PRISM II«-Chipset, besitzen einen RAKE-Receiver. Wenn ein WLAN-Client beispielsweise über zwei verschiedene Wege Nutzinformationen überträgt, dann ist es sehr unwahrscheinlich, dass sich eine Störung im Raum auf beide Übertragungsstrecken gleichartig auswirkt. Die Art, wie die Störung einen der beiden Ausbreitungswege beeinträchtigt, wird beim anderen Übertragungsweg von anderer Natur sein. Ein RAKE-Receiver untersucht mittels mathematischer und statistischer Signalverarbeitungsmethoden diese verschiedenen Signalwegstörungen und berechnet daraus das Optimum. Noch mehr Verbesserungen erzielt der »PRISM II Chip HFA3863«. Ein sogenannter DFE

(Decision-Feedback-Equalizer) verbessert die Delay-Spread-Performance zusätzlich um das Doppelte.

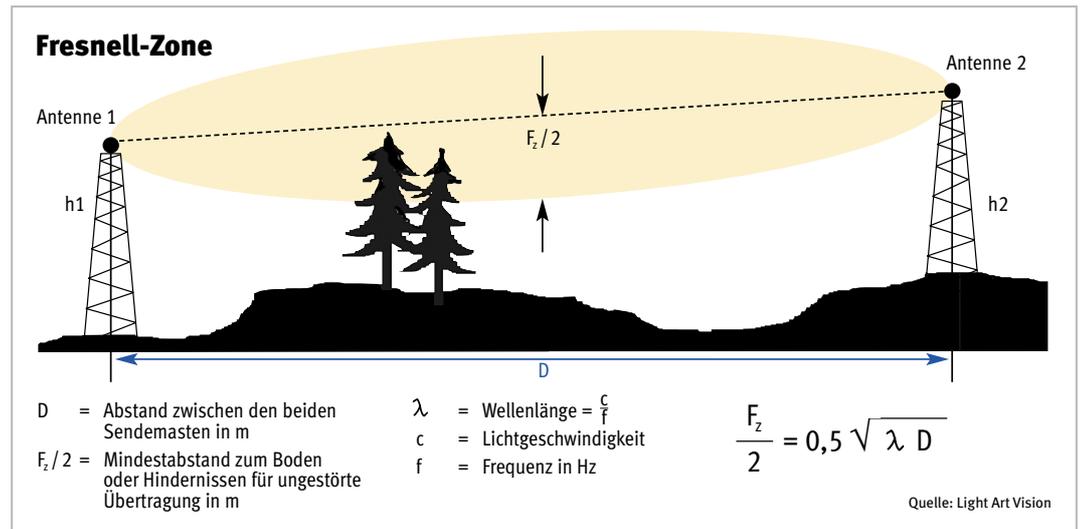
Einsatz von Messgeräten

Um die, trotz Fehler verminderner Baugruppen, verbleibenden Probleme aufzuspüren, haben einige Hersteller Messgeräte für unterschiedliche Applikationen und Anwender auf dem Markt gebracht. Nicht selten handelt es sich dabei um schon seit geraumer Zeit auf dem Markt etablierte Geräte aus der Hochfrequenztechnik, meist spezialisiert auf Layer-1- sowie Netzwerk-Analyse von sicherheitsrelevanten Protokollebenen – und Mobilfunkbranche, die mit Optionen, Zusätzen oder Umbauten nun zu WLAN-Messgeräten mutierten.

Bei dem »Prop Sim C2« oder »Prop Sim C8« der Firma Elektrobit basiert die Simulation von Funkübertragungsstrecken auf einer ausgeklügelten FIR-Filterarchitektur (Finite-Impulse-Response) mit zeitlich schnell veränderlichen Koeffizienten. Dies erlaubt eine realistische Nachbildung von schnell variierendem Mehrwegempfang, wie er in der Praxis häufig auftritt. Neben verschiedenen Modellen für die unterschiedlichsten Funkübertragungsstrecken, wie gebäudeintern, städtisch oder ländlich, reproduzieren solche Geräte im Idealfall auch Daten von zuvor ausgemessenen Übertragungsstrecken beliebig oft.

Mit einer Softwareoption komplettiert Agilent seine Analyse-Tools für Tests an Wireless-LAN-Komponenten für den Vektor-Signalanalyzer »VSA 89600«. Das Gerät analysiert, so der Hersteller, komplexe Signale bei allen vorhandenen und vorgeschlagenen WLAN-Standards (802.11a, 802.11b und 802.11g). Die 802.11g-Software beherrscht unter anderem die Demodulation von WLAN-Bursts, die automatische Bestimmung aller im Signal vorhandenen Modulationsformate, oder überprüft Modulationsqualität.

Advantest offeriert mit dem »R3681« ein Kombigerät aus Spektrum-Analyzer, Signalgenerator und Arbitrary-Waveform-Generator. Mit der OFDM-Modulationsanalyse-Option (Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing) für 802.11a, HiperLAN/2 und HisWAN misst und untersucht das Gerät bei WLAN-Tests sehr genau die Bereiche RF-Input, I/Q-Baseband-Input und alle weiteren WLAN-spezifischen Signale und Modulationen.



Mit »OptiView Wireless«, als Erweiterung des bestehenden »OptiView Integrated Network Analyzer« stellt Fluke ein sehr leistungsfähiges Gerät zur WLAN-Fehlersuche bereit. Für den Einstieg in die Analyse findet Optiview einmal pro Kanal die Access-Points (»Access-Point-View«), oder der Administrator informiert sich für alle Funkkanäle über die WLAN-Parameter wie genutzte Bandbreite oder Anzahl der Geräte (»Spectrum-View«). Die »Wireless-Site-Survey-View« speichert ein Gesamtbild des WLANs ab. Dazu gehören auch die Performance-Metriken der Access-Points. Über die View erkennt der Administrator bei späteren Messungen Veränderungen der Bandbreite, Signalstärke oder Fehlerraten. Zudem kann er Wireless-Geräte als bekannt kennzeichnen. So fallen unerwünschte Access-Points bei späteren Messungen sofort auf.

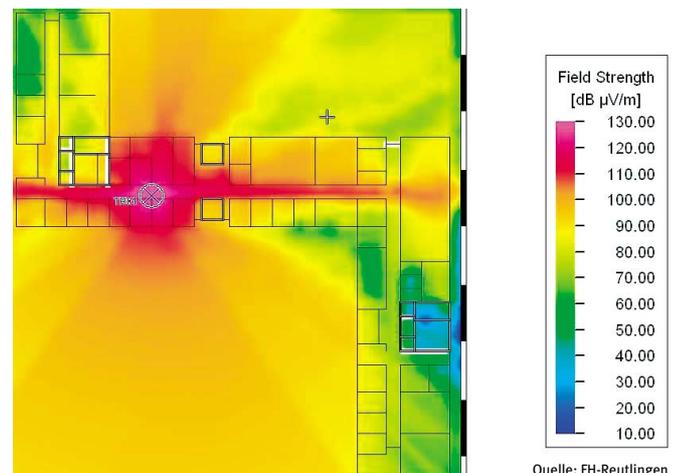
Viele dieser Analyser gibt es auch als Software-Applikation auf PDAs, die gemeinsam mit bestimmten WLAN-Compact-Flash-Karten sehr bewegliche Lösungen zur Fehlersuche vor Ort bieten. Optiview von Fluke Networks mit dem »WaveRunner« ist ein handlicher, unter Linux laufender »Compaq iPAQ«-PDA. Mit Farbdisplay und Pen-Bedienung ermöglicht er dem Benutzer den unkomplizierten Zugang zu einer Reihe von Test-Hilfsmitteln, angefangen von der Feststellung drahtloser Zugangspunkte und Clients, über das Scannen von Funk-Kanälen oder die Auswertung der Funksignalstärke bis hin zu Analyse des drahtlosen Datenverkehrs. Daneben bietet Waverunner eine Vielzahl von Clients basierender Tools zur

Fehlersuche wie Link, Ping oder Durchsatz, Verbindungstroubleshooting oder Sicherheits- und Performance-Management.

Acterna vertreibt ebenfalls ein auf PDA basierendes handliches Gerät, den »Acterna Airmagnet«. Es unterstützt PC-Cards von Symbol Technologies und Proxim sowie eine Compactflash-Karte, ebenfalls von Proxim. Airmagnet scannt passiv alle 14 Kanäle im 2,4-GHz-Band, analysiert den Verkehr und wendet sein »AirWise«-Expertenanalyse-system an, das Alarme für 31 Sicherheitsbedingungen, 24 Performancebedingungen und 13 sonstige Diagnosepunkte umfasst. Das System entdeckt ungeschützte APs, Kanalrauschen, durch Mikrowellenherde oder schnurlose Telefone verursacht, mehrfache APs auf demselben Kanal, Ad-hoc-Verkehr oder bietet detaillierte Echtzeitmessungen von Funksignalen. Einfache

Verbindungsprobleme wie nicht übereinstimmende SSIDs diagnostiziert der Airmagnet ebenso wie komplexe Cisco-802.1x/LEAP-Authentifizierungsprobleme. Werkzeuge für eine rudimentäre Paketanalyse mit Filterfähigkeiten bringt Airmagnet ebenfalls mit. Das Gerät integriert auch eine Reihe nützlicher Werkzeuge für die Durchführung von Standorterhebungen, Durchsatzmessungen, Ping- und Trace-Route-Tests. Die kraftvollste Komponente von Airmagnet stellt deren Airwise-Experten-Engine dar, die Sicherheits- und Performanceanalysen offeriert. Umfassende Sicherheitsalarme warnen vor potentiellen Eindringlingen. Dazu gehören Alarme beispielsweise für Denial-of-Service-, RF-Jamming- oder Dictionary-Attacks oder EAP-Rekeying-Probleme. Bei den Basisalarmen finden sich etwa Alarme für nicht autorisierte und falsch

Simulation einer WLAN-Ausleuchtung



konfigurierte APs, APs mit ausgeschaltetem WEP, bei Problemen mit der 802.1x-Authentifizierung oder L2TP-, PPTP-, SSH- sowie IPsec-VPN-Tunneln. Die Performanceanalysen von Airwise generieren Alarmer, wenn sie hohe Fehler- oder Wiederholungsraten, verfehlte Beacons, exzessiven Multicast- und Broadcastverkehr, Kanäle mit hohem Rauschanteil oder überladene APs entdecken.

Nicht nur um Hotspots aufzufinden, sondern, um vor allem Layer-1-HF-Fehler von WLAN-Komponenten oder Multipath-Effekte zu analysieren beziehungsweise die Multipath-Effekte zuerst zu erkennen, entwickelte Berkeley Varitronics Systems (BVS) ein Gerät namens »Yellowjacket«. Für Administratoren, die kalibrierte Spektrumanalysen benötigen, ist Yellowjacket die erste Wahl. Das Produkt besteht aus einem Compaq-iPaq und zusätzlicher Hardware, die auf den PDA geschoben wird.

Ausleuchtungsfragen

WLAN-Analyse-Geräte helfen bei der Planung eines Wireless-LANs. Dazu platziert der Administrator Access-Points an intuitiv bestimmten Stellen und misst mit dem Gerät die Ausleuchtung an verschiedenen Orten. Allerdings gleicht dieses Vorgehen manchmal eher einem Ratespiel. Flächendeckende Versorgung bleibt mit dieser Methode eher noch eine Glückssache. Professionelle Vorab-Planungs- und Simulationswerkzeuge für Zellausleuchtung und Netzabdeckungssimulationen sind allerdings noch sehr dünn gesät. Ein auf mathematischen Modellen (Maxwell-Gleichungen) basierendes Simulationsverfahren wurde an der Hochschule Reutlingen im Rahmen einer Diplomarbeit entwickelt. Dieses System simuliert anhand der realen Raumgeometrie, der spezifischen Antennenparameter und vorhandener Störkörper mit guter Genauigkeit die Feldstärken und damit die entsprechende Ausleuchtung bei der WLAN-Versorgung. Das Resultat stellt das System grafisch in unterschiedlichen Farbskalierungen dar. Anhand der gelieferten Schaubilder kann jeder Systemadministrator die Ausleuchtungszonen, resultierenden Interferenzen und die daraus sich ergebenden maximalen Datenübertragungsraten an allen Orten bestimmen. Die Vorgehensweise ist relativ einfach: Der für das WLAN auszuleuchtende Raum

wird beispielsweise anhand vorhandener CAD-Daten oder Bauzeichnungen erfasst und grafisch dargestellt. Die elektromagnetischen Eigenschaften der jeweiligen Baustoffe entnimmt der Planer einer umfassenden Datenbank. Befindet sich beispielsweise eine Trennwand oder ein Aktenschrank im Raum, bildet das System die daraus resultieren-

nähernd raumgenaue Ausleuchtung der Funkzellen erreichen.

Fazit

Die Planung und Inbetriebnahme eines Wireless-LAN-Netzwerks erfordert im Gegensatz zu auf Kabel basierenden Netzwerken einen nicht ganz unerheblichen Sachverstand. Abgesehen von datensicherheitsrele-

funktioniert ein Netzwerk also nicht so, wie es sein soll, liegt die Ursache oft an HF-technisch ungünstig platzierten Komponenten. Manchmal hilft schon das Umstellen eines APs um wenige Zentimeter, um die Verdopplung des Datendurchsatzes zu erreichen. Fast jeder WLAN-Netzwerkkartentreiber bringt von Haus aus Software-Tools

Info

WLAN-Standard-Entwicklung

Im Laufe der Entwicklung von Wireless LAN entstanden mehrere, zum Teil konkurrierende Verfahren: Das Frequency-Hopping-Spread-Spectrum (FHSS) mit 1 und 2 MBit/s und das Direct-Sequence-Spread-Spectrum-Verfahren (DSSS) mit ebenfalls 1 und 2 MBit/s. Beide Funkübertragungstechniken arbeiten im lizenzfreien 2,4-GHz-Bereich, dem so genannten ISM-Band (Industrial, Scientific, Medical). Im Jahr 1999 nahm die 802.11-Arbeitsgruppe innerhalb des Institute-of-Electrical-and-Electronic-Engineers (IEEE) zum Thema Wireless-LANs (WLAN) ihre Arbeit auf. Die WLAN-Gruppe konzentriert sich auf die Themenschwerpunkte der physikalischen Ebene (PHY, Definitionen für die physikalische Schicht wie die Modulationsarten) und der MAC-Ebene (Media-Access). Die anderen Ebenen des OSI-Schichtenmodells bleiben prinzipiell gleich gegenüber den Ethernet-Netzwerkstandards. IEEE-802.11b erweitert den ursprünglichen Standard-IEEE 802.11. 11b basiert auf dem DSSS-Verfahren, verwendet aber ein effizienteres Kodierungsverfahren namens Complementary-Code-Keying (CCK) mit einer Bruttodatenrate von 11 MBit/s. Die zweite Norm, der 802.11a-Standard, nutzt das 5-GHz-Band und sieht eine Übertragungsgeschwindigkeit von 54 MBit/s vor. Im Gegensatz zu 802.11b arbeitet 802.11a mit mehreren Trägerfrequenzen und der Modulationstechnik Orthogonal-Frequency-Division-Multiplexing (OFDM). Eine Study-Group innerhalb der Arbeitsgruppe IEEE 802.11 prüfte im März 2000, inwieweit sie den 802.11b-Standard technisch erweitern kann, um Datenraten von mehr als 20 MBit/s zu erzielen. Im Juli desselben Jahres erhält die Gruppe offiziell den Status einer Task-Group und beginnt mit den Arbeiten an der Norm IEEE-802.11g. Das Ziel heißt: eine Übertragungsrate von 54 MBit/s in WLANs, die im 2,4-

GHz-Band arbeiten. Bereits im Mai 2001 liegen von Texas Instruments und von Intersil zwei Entwürfe zur 802.11g-Norm vor. Der TI-Vorschlag sieht eine Bandbreite von 22 MBit/s vor und verwendet das PBCC-22-Kodierungsschema. Der Vorschlag von Intersil mit einer Übertragungsrate von 54 MBit/s basiert auf Grundlage der CCK-OFDM-Kodierung. Im Juni 2003 verabschiedet IEEE dann 11g mit OFDM und CCK für die Abwärtskompatibilität zu 11b. Die Arbeitsgruppe 802.11h verabschiedete vor kurzem ihren Standard, um eine Version des WLAN-Standards IEEE-802.11a bereitzustellen, der sich mit den Vorgaben des European-Telecommunications-Standards-Institute (ETSI) und dem Hiperlan-2-Projekt verträglich ist. Mit WME (Wi-Fi-Multimedia-Extensions) will die Wi-Fi voraussichtlich noch bis Ende dieses Jahres einen Interimsstandard für 802.11e in Sachen Echtzeitkommunikation für WLANs publizieren. Dies soll eine Weiterentwicklung des DCF-Protokoll (Distributed-Coordination-Function) forcieren, welches im WLAN für eine gerechte Aufteilung der Bandbreite sorgt und damit für Multimedia-Anwendungen wie beispielsweise VoIP (Voice-Over-IP, auf IP basierende Internet-Telefonie) den Weg frei macht. Während APs mit 2,4-GHz-Radio im Idealfall (auf dem freien Feld) bis zu 100 bis 150 Meter weit funken, schaffen die 5-GHz-Wellen aus physikalischen Gründen allerdings maximal nur etwa 30 bis 40 Meter. Dafür ist die Zahl der User pro Fläche bei 5 GHz wesentlich höher, da ein AP theoretisch bis zu 19 nicht überlappende Kanäle bereitstellt, im Gegensatz zu 2,4 GHz mit drei nicht überlappenden Kanälen. Nicht alle dürfen allerdings die gesamte Anzahl an Kanälen verwenden, da sie bestimmte Auflagen der RegTP nicht erfüllen, was dynamische Kanal- und Frequenzwahl anbelangt.

den Störeffekte im Modell charakteristisch nach. Daraufhin platziert der Planer nacheinander per Mausclick die Access-Points. Die Software schlägt bei Bedarf auch selbstständig die bestmöglichen Standorte für die Installation der Access-Points vor. Leider breiten sich Funkwellen auf Grund ihrer Natur unkontrolliert in alle Richtungen aus. Damit bestreicht das WLAN immer auch Bereiche wie Nachbarfirmen oder freies Gelände, in denen kein Zugriff, insbesondere durch Hacker, erfolgen soll. Mit der Simulationssoftware kann der Planer daher bei Bedarf auch eine an-

varianten Aspekten – es ist für einen Hacker wesentlich einfacher, Daten in der Luft auszuspionieren als ein Kabel anzuzapfen – hat die WLAN-Funktechnik trotz aller hardwareseitigen Maßnahmen immer noch ihre Tücken. Natürlich hat nicht jeder, der einen Access-Point aufstellen will, teure professionelle Analyse- und Simulationsgeräte im Werkzeugkoffer. Bei kleineren Installationen würde der Administrator damit wohl auch mit Kanonen auf Spatzen schießen. Dennoch sollten Administratoren immer im Bewusstsein haben, dass sie mit hochfrequenten Funktechnik hantieren müssen.

mit Balkenanzeigen für Feldstärke und Datendurchsatz mit. Damit kann ein Administrator in erster Näherung einen guten Standort für diese Geräte finden. Bei der Planung größerer Installationen sorgt eine Simulationssoftware für Zellausleuchtung nicht nur für die optimale Netzabdeckung, sondern hilft auch bei der Angebotserstellung, wenn es um die voraussichtliche Anzahl von APs und die damit verbundenen Hardwarekosten geht.

Martin Heine, Light Art Vision und Vision Alliance, www.lightartvision.de, www.visionalliance.de