

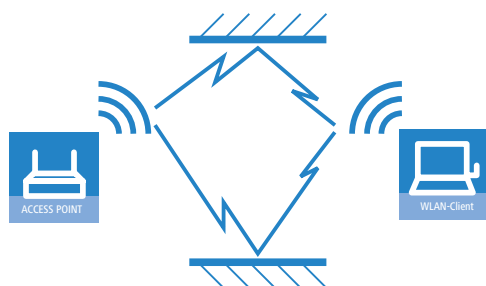
LANCOM™ Techpaper

802.11n für Outdoor-Anwendungen

Der aktuelle Draft 2.0 von 802.11n bringt für den WLAN-Betrieb deutliche Vorteile im Datendurchsatz, in der Reichweite und in der Netzabdeckung. Viele dieser Aspekte sind auch bei Outdoor-Anwendungen von drahtlosen Netzwerken ein großer Gewinn. Dieses Techpaper stellt die technischen Hintergründe von 802.11n vor, die bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen zum Zuge kommen. Um diese technischen Details richtig einzuordnen, werden zuvor die Themen Polarisations-Diversity und MIMO vorgestellt.

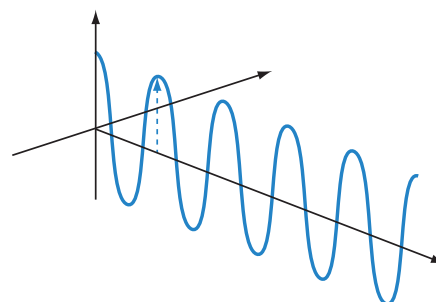
Polarisations-Diversity in WLANs nach IEEE 802.11a/g

Bei der Übertragung von Funksignalen kommt es z. B. durch Reflexion und Streuung des Signals zu starken Qualitätsverlusten. Die Antennen eines Access Points senden Daten je nach Antennentyp in mehrere Richtungen gleichzeitig. Die elektromagnetischen Wellen werden an vielen Flächen in der Umgebung reflektiert, sodass ein ausgesendetes Signal auf vielen unterschiedlichen Wegen die Antennen des WLAN-Clients erreicht – man spricht auch von „Mehrwegeausbreitung“. Jeder dieser Wege ist unterschiedlich lang, sodass die einzelnen Signale mit einer gewissen Zeitverzögerung den Client erreichen.

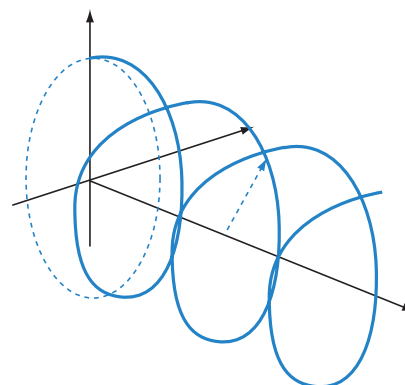


Die zeitverzögerten Signale überlagern sich beim WLAN-Client so, dass aus diesen Interferenzen eine deutliche Verschlechterung des ursprünglichen Signals resultiert – im Extremfall können sich die Signale gegenseitig auslöschen. Zur Verbesserung der Signalqualität wird bei WLAN-Verbindungen nach IEEE 802.11a/g das Verfahren der Polarisations-Diversity eingesetzt. Für die Polarisations-Diversity wird die Tatsache ausgenutzt, dass elektromagnetische Wellen eine bestimmte Polarisation haben. Die Polarisation ist eine wichtige Kenngröße bei der Beschreibung der Funkwellen, deren elektrisches Feld in der Regel durch Länge und Richtung eines Vektors (Amplitudenvektor) beschrieben werden. Man unterscheidet dabei zwei grundlegende Polarisationen:

- **Lineare Polarisation:** Hier zeigt der Amplitudenvektor immer in die gleiche Richtung in Bezug auf die Ausbreitungsrichtung der Wellen, er ändert nur seine Länge. Abgebildet auf die Ebene beschreibt der Amplitudenvektor eine Linie, daher der Name „lineare Polarisation“.



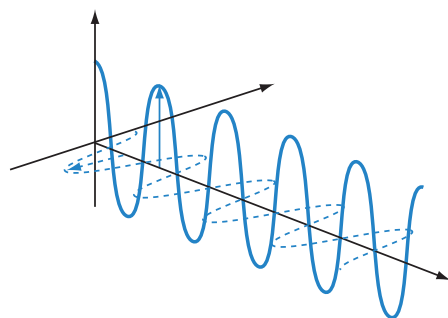
- **Zirkulare Polarisation:** Bei der zirkularen Polarisation behält der Amplitudenvektor seine Länge bei, er dreht sich allerdings gleichmäßig um die Achse der Ausbreitungsrichtung. Abgebildet auf die Ebene beschreibt der Amplitudenvektor einen Kreis, daher der Name „zirkulare Polarisation“.



- **Elliptische Polarisation:** Eine Sonderform der Polarisation ist eine Überlagerung der beiden vorherigen Varianten, bei welcher der Amplitudenvektor sich dreht und gleichzeitig die Länge ändert. Aufgrund der Abbildung in die Ebene spricht man hier von elliptischer Polarisation.

- **Orthogonale Signale:** Werden zwei linear polarisierte Wellen so gegeneinander versetzt, dass die eine Welle in der horizontalen und die andere in der vertikalen Ebene liegt, so spricht man auch von „orthogonalen Signalen“. Das bedeutet, dass sich diese Signale auf einer Frequenz störungsfrei überlagern und empfangsseitig wieder eindeutig getrennt werden können. Durch die Ausnutzung dieser Welleneigenschaften kann mit geeigneten Antennensystemen die Übertragungsleistung einer Funkstrecke verdoppelt werden.

LANCOM™ Techpaper 802.11n für Outdoor-Anwendungen

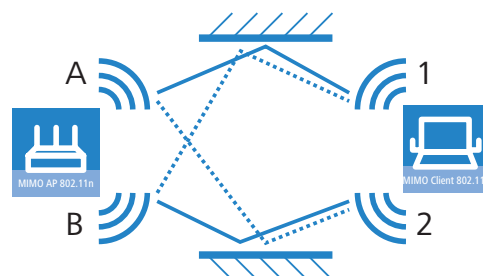


Diversity-Verfahren basieren auf der Idee, das Signal nicht nur einmal, sondern mehrfach zu empfangen und entweder durch Auswahl eines Signals oder durch Kombination beider Signale ein besseres Ergebnis zu erzielen. Um ein Signal von einem anderen Signal unterscheiden zu können, wird bei der Polarisations-Diversity als charakteristisches Merkmal die Polarisation der Wellen eingesetzt. Der Empfänger nutzt dazu zwei um 90° gedrehte, linear polarisierte Signale und wählt diejenige Empfangsantenne, die den besten Empfangspegel bietet (RX-Diversity), was in der Regel zu einem Diversity-Gewinn von ca. 3 dB führt. Dazu werden spezielle Polarisations-Antennen verwendet, die aus allen anliegenden Signalen diejenigen mit den gewünschten Polarisationsrichtungen herausfiltern.

MIMO und die Mehrwegeausbreitung

Die in 802.11n Draft 2.0 beschriebene MIMO-Technologie (Multiple Input, Multiple Output) wandelt die Nachteile der Mehrwegeausbreitung bei der WLAN-Übertragung in einen Vorteil, der eine enorme Steigerung des Datendurchsatzes ermöglicht. Bei allen bisherigen WLAN-Standards galt es als unmöglich, zur gleichen Zeit auf dem gleichen Kanal unterschiedliche Signale zu übertragen, da der Empfänger diese Signale nicht auseinanderhalten kann. MIMO nutzt die Reflexionen der elektromagnetischen Wellen, um mit dem räumlichen Aspekt ein drittes Kriterium zur Identifizierung der Signale zu gewinnen.

Ein von einem Sender A ausgestrahltes und vom Empfänger 1 empfangenes Signal legt einen anderen Weg zurück als ein Signal von Sender B zu Empfänger 2 – beide Signale erfahren auf dem Weg andere Reflexionen und Polarisationsänderungen, haben also einen charakteristischen Weg hinter sich. Der Empfänger „sieht“ also zwei verschiedene Datenströme, die im Sprachgebrauch von 802.11n auch „Spatial Streams“ genannt werden.



Durch die parallele Nutzung von mehreren Datenströmen kann in einem 802.11n-WLAN der Datendurchsatz vervielfacht werden. Zum aktuellen Zeitpunkt (Stand Anfang 2008) können in den verfügbaren Geräten zwei Spatial Streams realisiert werden, was einer Verdoppelung des Datendurchsatzes entspricht.

MIMO setzt sowohl auf der Sender- als auch auf der Empfängerseite mehrere Antennen ein, um eine räumliche Unterscheidung der Datenströme zu ermöglichen. Für zwei Datenströme würden also zwei Antennen auf beiden Seiten der Verbindung ausreichen, kurz auch als 2x2 MIMO bezeichnet. Zur weiteren Absicherung der Datenübertragung können aber auch mehr Antennen eingesetzt werden, als für die Datenströme eigentlich notwendig wären, z. B. mit einem 3x3 MIMO für zwei Spatial Streams. Mit einem dritten Signal werden zusätzliche räumliche Informationen übertragen. Sollten sich die Daten aus den beiden ersten Signalen einmal nicht eindeutig zuordnen lassen, kann die Berechnung mithilfe des dritten Signals dennoch gelingen. Für die Aufteilung der Datenströme auf mehrere Antennen wird das Verfahren Cyclic Shift Diversity (CSD) verwendet, bei dem das Signal mit unterschiedlichen „Cyclic Phases“ gesendet wird. Auf Empfängerseite wird mithilfe von MRC (Maximum Ratio Combining) das Signal mit dem besten SNR (Signal to Noise Ratio) ausgewählt, was in einem 3x3 MIMO zu einem deutlich besseren Signal als in der 2x2-Variante führt.

802.11n für Outdoor-Anwendungen

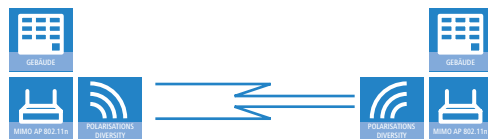
Die Anwendung von 802.11n im Outdoor-Bereich bedarf einer gesonderten Betrachtung. MIMO nutzt als Unterscheidungskriterium der Datenströme die räumliche Charakteristik, die im Wesentlichen durch Reflexionen erzeugt werden. Bei Punkt-zu-Punkt-Verbindungen im Außenbereich besteht zwischen Sender und Empfänger jedoch eine direkte Sichtbeziehung (Line of Sight – LOS), außerdem muss die Fresnelzone frei von Hindernissen sein. Bei dieser Anwendung treten also keine Reflexionen auf, die für die Unterscheidung der Spatial Streams genutzt werden könnten.

LANCOM™ Techpaper

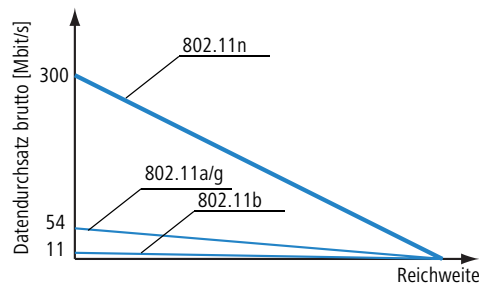
802.11n für Outdoor-Anwendungen

Für Outdoor-Anwendungen mit 802.11n wird daher eine Kombination aus der bekannten Polarisations-Diversity und der MIMO-Technik verwendet: MIMO liefert die Möglichkeit, mehrere parallele Datenströme zu erzeugen, als charakteristisches Merkmal der Streams wird die Polarisation verwendet. Diese Kombination wird in sogenannten Dual-Slant-Antennen realisiert. Dabei handelt es sich um Antennen mit zwei separaten Anschlüssen, die in einem Gehäuse zwei um 90° gedrehte Polarisations-Antennen vereinigen:

- Über die beiden Anschlüsse können die separaten Datenströme aus dem Access Point empfangen werden.
- Die unterschiedlichen Polarisationen ermöglichen die parallele Übertragung der Streams über das Medium „Luft“.



Mit diesem Ansatz ergeben sich auch für P2P-Strecken im Outdoor-Bereich völlig neue Dimensionen für Datendurchsatz und Reichweite. Bisherige Verfahren erreichen unter Berücksichtigung aller verfügbaren Performance-Funktionen (Turbo-Modus, Bursting, Kompression) ein Netto-Datendurchsatz von ca. 40 bis 50 Mbit/s. P2P-Verbindungen mit 802.11n erzielen bei Verwendung von normalen Antennen und **einem** Datenstrom bis zu 90 Mbit/s netto. Dual-Slant-Antennen übertragen **zwei** getrennte Datenströme und damit theoretisch bis zu 180 Mbit/s netto. Der in der Praxis zu beobachtende Netto-Datendurchsatz liegt bei Einsatz dieser Polarisations-Diversity-Antennen bei bis zu 130 Mbit/s.



Vergleich von Datendurchsatz und Reichweite für 802.11n und IEEE 802.11a/b/g bei Outdoor-Anwendungen

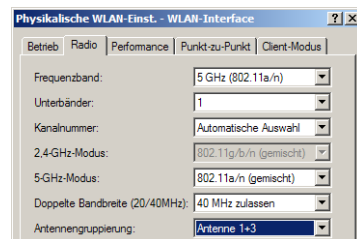
Installation und Konfiguration

Aktuell unterstützt der LANCOM L-310agn Wireless den Betrieb von Outdoor-Verbindungen mit 802.11n und folgenden Dual-Slant-Antennen:

- AirLancer Extender O-D9a
- AirLancer Extender O-D60a
- AirLancer Extender O-D80g



Die Anschlüsse der Dual-Slant-Antenne werden an „Ant 1“ und „Ant 3“ angeschlossen. Damit der Access Point die Daten den richtigen Anschlüssen zuordnen kann, wird die Antennengruppierung entsprechend auf „1 + 3“ angepasst. Damit wird die Übertragung über die dritte Antennen-Schnittstelle unterbunden, es werden nur die Anschlüsse für den Dual-Slant-Betrieb genutzt.



i Alternativ zu einer Dual-Slant-Antenne können auch zwei separate Antennen mit linearer Polarisation eingesetzt werden, die jeweils um 90° verdreht am Mast montiert und an den Anschlüssen „Ant 1“ und „Ant 3“ angeschlossen werden. Bei dieser Variante entsteht jedoch ein erhöhter Aufwand für die optimale Ausrichtung der Antennen.