Zeitschrift: Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

Herausgeber: Swisscom

Band: 79 (2001)

Heft: 9

Artikel: Schnell, flexibel, leistungsstark

Autor: Jäckels, Lutz / Furrer, Alfred

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-876576

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 08.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Richtfunk in Unternehmensnetzen

Schnell, flexibel, leistungsstark

Der Bedarf an Lösungen zur Kopplung von Sprach- und Datennetzen bei Local Area Networks (LANs) und Metropolitan Area Networks (MANs) wächst in den letzten Jahren beständig.

Gründe dafür liegen einerseits bei den hohen Kosten für Mietleitungen oder für eigene Erdverkabelungen. Anderseits sind für Unternehmen kurze Realisierungszeiten und eine hohe Flexibilität für neue Verbindungs-

LUTZ JÄCKELS UND ALFRED FURRER

strecken bei verteilten Gebäuden unerlässlich. Gerade in den Ballungsräumen verschärfen sich diese Anforderungen, bedingt auch durch rasche innerbetriebliche Umstrukturierungen.

Die drahtlose Punkt-zu-Punkt-Kommunikation

Dieser Entwicklung trägt der Einsatz von Punkt-zu-Punkt-Richtfunksystemen zur Kopplung von Sprach- und Datennetzen zwischen verschiedenen Gebäuden oder Niederlassungen eines Unternehmens Rechnung. In den vergangenen zehn Jahren öffnete sich der Markt für den Einsatz dieser Technologie in privaten Netzen. Unternehmen erhielten die Erlaubnis, diese Systeme zur Kopplung ihrer Netzwerke über die Gebäude- und Grundstücksgrenzen hinaus einzusetzen. Je nach eingesetzter Technologie können sie Entfernungen von einigen Metern, beispielsweise für leistungsfähige Verbindungen zwischen zwei Betriebsgebäuden, bis hin zu vielen Kilometern überbrücken.

Drei Technologien und ihre Charakteristika

Heute existieren drei grundsätzlich verschiedene Technologien zur drahtlosen Übertragung von Daten und Sprache (Tabelle 1). Jedes der Systeme hat seine Stärken und Schwächen. Daher entscheiden Einsatzort, Leistungs- und Verfügbarkeitsanforderungen über die richtige Lösung. Auch der Preis spielt bei den meisten Anwendern eine nicht unerhebliche Rolle.

Spread-Spectrum-Technologie

Als Einstiegslösung kommt diese Technologie zum Einsatz. Basierend auf dem IEEE-802.11-Standard ist sie eine Erweiterung der Wireless-LAN-Lösung, wie sie im Inhouse-Bereich verwendet wird. Mit Richtantennen überbrückt die Lösung Entfernungen bis zu einigen Kilometern, wobei die maximal mögliche Übertragungsrate von der Distanz abhängig ist. Als Schnittstelle stellen die Spread-Spectrum-Systeme nur Ethernet zur Verfügung, was ihre Flexibilität etwas einschränkt (Bild 1). Ursprünglich wurden die Spread-Spectrum-Systeme für die Militärtechnik entwickelt. Sie arbeiten als Rund- oder Richtfunksysteme in den allgemein zugelassenen ISM (Industrial Scientific Medicine)-Frequenzbändern bei 2,4 und oberhalb von 5 GHz. Als Zugriffsverfahren kommen CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) zum Einsatz, ähnlich dem CSMA/CD bei Ethernet-Netzen. Da in einem Funknetz eine Kollision nur schwer zu erkennen ist, muss die sendewillige Station zunächst prüfen, ob die Funkstrecke frei ist. Ist dies der Fall, so darf sie einen Frame senden und muss anschliessend eine definierte Zeit warten, bevor sie den nächsten Frame nach demselben Schema überträgt. Kann die Station wegen einer bereits laufenden Übertragung einer anderen Station nicht senden, so

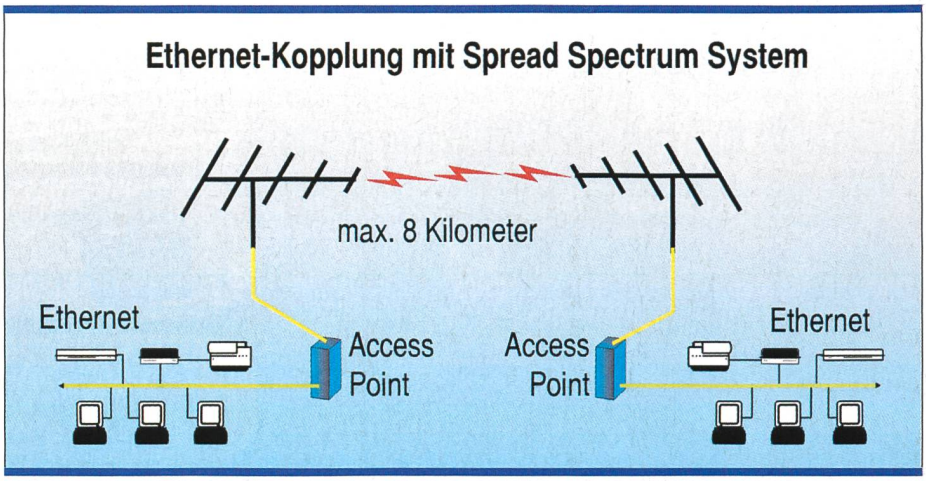


Bild 1. Typische Lösung für die Ethernet-Kopplung mittels Spread-Spectrum-Systemen (Funk-Bridges).

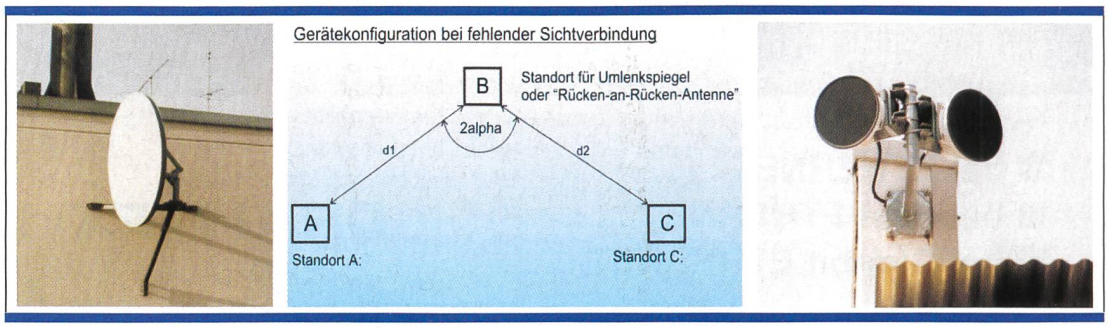


Bild 2. Aufbau einer Mikrowellen-Richtfunkstrecke ohne direkten Sichtkontakt durch eine Spiegel- oder «Rücken-an-Rücken»-Anordnung.

wählt sie ein zufälliges Zeitintervall, nach dem sie erneut die Verfügbarkeit der Strecke prüft. Bei wiederholter Blockierung kürzt sie das Zeitintervall und prüft erneut. Irgendwann ist das Zeitintervall so klein, das die Station auf jeden Fall senden darf, da andere Sender die oben erwähnte Wartezeit einhalten müssen. Das Verfahren erlaubt, mehrere Systeme nebeneinander im selben Frequenzband zu betreiben. Daher ist eine Frequenzkoordinierung durch die Regulierungsbehörde Telekommunikation und Post (RegTP) nicht erforderlich. Der Anwender muss die Richtfunkstrecke lediglich anmelden. Gleichzeitig stellt dieser Parallelbetrieb mehrerer Systeme im selben Frequenzband auch eine wesentliche Schwachstelle dar. Bei sehr vielen Anwendern kann es zu gegenseitigen Beeinträchtigungen kommen, die sich in verringertem Datendurchsatz bemerkbar machen.
Die Nutzdatenrate liegt bei maximal 3 bis 5 Mbit/s, die nur auf kurze Distanz erreicht werden. Die viel zitierten 11 Mbit/s sind nur als Bruttowert, also inklusive Protokoll-Overhead, zu sehen. In der Praxis erhält der Anwender bis vier Kilometer einen Nutzdatendurchsatz von rund 3 Mbit/s, bis sechs Kilometer etwa 1,5 Mbit/s. Darüber hinaus sinkt die Nutzdatenrate auf etwa 750 kBit/s ab. Die maximale Reichweite beträgt acht Kilometer. Spread-Spectrum-Systeme eignen sich als preiswerte Einstiegslösung in kleinen Netzen oder als Backup-Verbindung zu schnellen optischen Systemen bei geringen oder mittleren Distanzen. Sie zeichnen sich durch einfache Installation und Konfiguration aus.

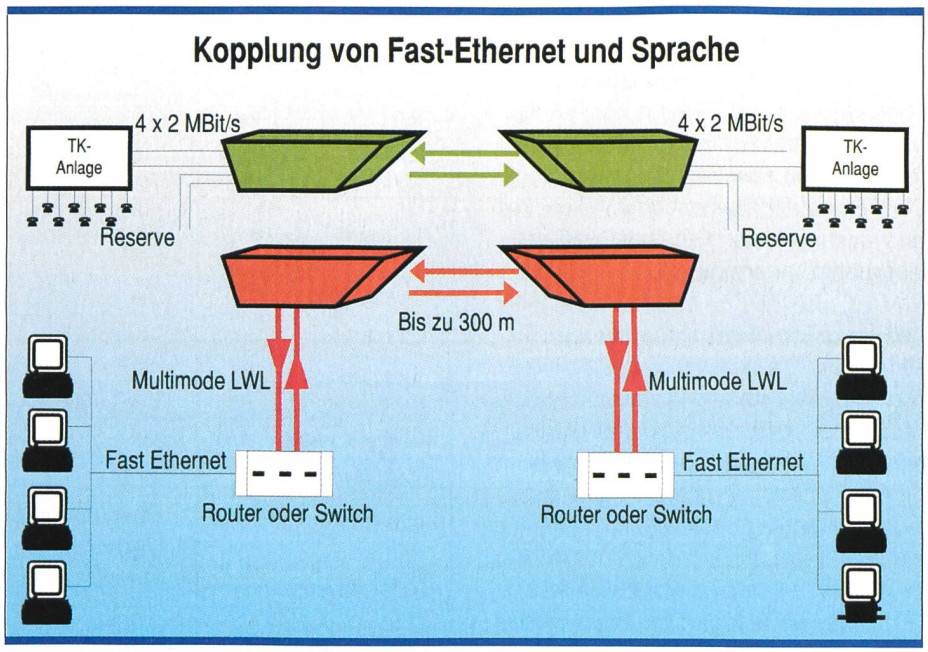


Bild 3. Beispiel für die Kopplung von Fast-Ethernet und Sprache mit zwei getrennten optischen Richtfunksystemen.

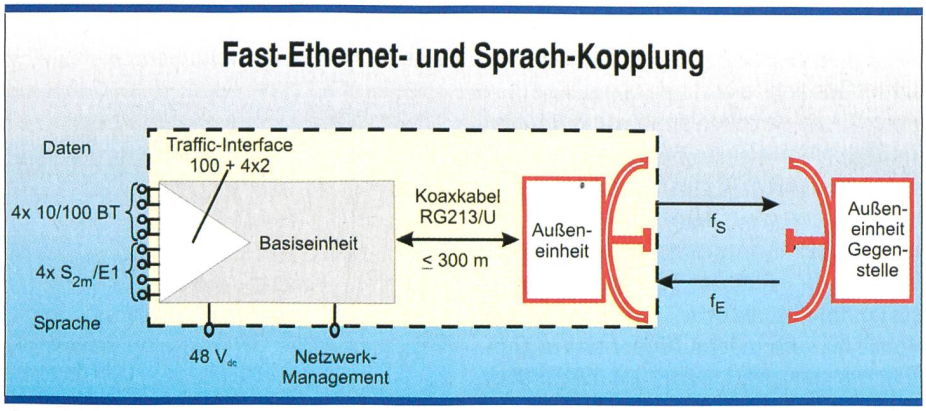


Bild 4. Eine gängige Sprach-Datenkopplung mit integrierten Switches für 10/100-BaseT-Netze und maximal 120 Sprachkanäle sowie einer Reichweite von bis zu 20 km.

Optische Systeme

Für höhere Bandbreiten, zurzeit bis in den Gbit-Bereich, und Entfernungen bis zwei Kilometer, dienen diese als Kommunikationslösung. Sie nutzen infrarote, also unsichtbare Lichtquellen, um die Daten zwischen den Endstellen zu übermitteln. Dabei sind im Allgemeinen die Sender und Empfänger innerhalb eines kompakten Gehäuses zusammengefasst. Bisher hatten diese Systeme den Nachteil, dass bei schlechten Sichtverhältnissen wie Nebel oder starkem Dunst ihre Leistungen stark beeinträchtigt waren. Dies konnte gar zum totalen Ausfall führen. Durch den Einsatz von Systemen, die eine Richtfunkstrecke im 2,4-GHz-Band als Backup integrieren, konnte dieser Nachteil behoben werden.

Optische Richtfunksysteme übermitteln Daten direkt durch die freie Atmosphäre. Dabei dient unsichtbares Infrarotlicht (IR) als Träger, mit dem sich maximal einige Kilometer überbrücken lassen. Die Datenraten gehen inzwischen bis in den GBit/s-Bereich hinein.
Die Systeme bestehen aus zwei Stationen, die jeweils mehrere optische Sender und Empfänger enthalten. Im Sender emittieren entweder Leuchtdioden (bei geringeren Distanzen) oder Halbleiter-Laserdioden Licht, das von den zu übermittelnden Daten moduliert wird. Empfangslinsen bündeln das Licht nach der Übertragung in der Gegenstelle auf den Empfänger. Die Datenübertragung erfolgt protokolltransparent, sodass optische Richtfunksysteme universell und ohne spezielle Anpassungen sowohl TK-Anlagen als auch Datennetze koppeln können. Als Anschlussleitung dienen in den meisten Fällen handelsübliche, preisgünstige Duplex-Multimode-Glasfasern (Bild 3). Speziell zur Kopplung von Telefonanlagen existieren aber auch Systeme mit Kupferschnittstellen nach dem Standard G.703.
Alle optischen Systeme überbrücken nur die Sichtweite plus eine gewisse Entfernung, die von der Leistungsfähigkeit des gewählten Systems abhängt; dies auch bei Regen, Schneefall oder Dunst. Starker Nebel unterbricht oder beeinträchtigt die optische Verbindung. Tabelle 2 gibt typische wetterbedingte Verfügbarkeiten wieder. Kurze Unterbrechungen des Strahls, beispielweise durch Vögel, erkennt das übergeordnete Protokoll. Die Daten werden in diesem Fall unbemerkt vom Anwender automatisch erneut übertragen.

Die Systeme bieten eine Vielzahl von Vorteilen. So sparen die Unternehmen teure Verkabelungskosten oder Gebühren für Mietleitungen ein. Dadurch können sich die eingesetzten optischen Systeme bereits in ein bis zwei Jahren amortisieren. Der Betrieb der Übertragungsstrecke kostet keine laufenden Gebühren und sie läuft nahezu wartungsfrei.

Mikrowellen-Richtfunksysteme

Für längere Distanzen bis zwanzig Kilometer und bei starken Wetterbeeinträchtigungen sorgen diese Systeme für eine reibungslose Sprach- und Datenkopplung. Sie übertragen bis zu einer maximalen Bandbreite von 622 Mbit/s, abhängig von der Regenzone (in den Alpenländern beispielsweise bis maximal 155 Mbit/s). Einzig starker Schlagregen, der in diesen Breiten aber sehr selten ist, kann die Verbindung kurzzeitig verschlechtern.

All diesen Systemen gemeinsam ist, dass sie eine direkte Sichtverbindung zwischen den Endstellen brauchen. Bei den Mikrowellen-Richtfunksystemen besteht darüber hinaus aber die Möglichkeit, bis zu einer Gesamtstreckenlänge von ungefähr fünf Kilometern einen passiven Umlenkpunkt zu nutzen. Damit kann der Anwender dann gleichsam «um die Ecke» senden (Bild 2). In vielen Fällen reicht der Spiegel aus. Bei einem zu flachen Winkel besteht die Möglichkeit, zwei mit einem Hohlleiter verbundene Antennen zur Umlenkung zu nutzen. Eine Kaskadierung, das Hintereinanderschalten von aktiven Strecken, ist dagegen mit allen Übertragungssystemen möglich.

Mikrowellen-Richtfunksysteme waren ursprünglich für die Verbindung von Mobilfunk-Basisstationen gedacht, eignen sich aber genauso gut für die Kopplung von Sprach- und Datennetzen in Unternehmen (Bild 4). Jedes System besteht aus einer Innen- und einer Ausseneinheit mit Antenne. Beide sind im Allgemeinen über ein Koaxialkabel verbunden. Die Inneneinheit stellt die Schnittstelle zum Netzwerk oder zur Telefonanlage, einen Multiplexer und die Stromversorgung für die Ausseneinheit bereit. In der Ausseneinheit wird die Hochfrequenz erzeugt und über die Antenne abgestrahlt. Ebenfalls in dieser Unit ist der Empfänger mitsamt der Signalverarbeitung untergebracht.

Die Reichweite der Systeme hängt von der gewählten Nutzbandbreite, der Sendefrequenz und dem Antennendurchmesser ab. Je kleiner die Frequenz, desto grösser ist die maximal mögliche Reichweite. Der Anwender mit grösseren Antennen erzielt höhere Reichweiten, weil der Antennengewinn steigt. Üblicherweise arbeiten die Systeme in Deutschland bei 18, 23, 26 oder 38 GHz.

Mikrowellen-Richtfunksysteme funktionieren bei jedem Wetter, auch bei normalem Regen, Schneefall, Dunst oder Nebel. Nur bei extremem Platzregen mit vielen Zentimetern Niederschlag pro Stunde kann es aufgrund einer starken Dämpfung der Strahlung zu einer Unterbrechung der Verbindung kommen. Eindeutige Aussagen gewinnt der Anwender hier durch eine Funkfeldberechnung für das konkrete Projekt, die der Lieferant oder Hersteller gerne für ihn durchführt.

Mikrowellen Richtfunksysteme benötigen für den Einsatz zur Daten- und Sprachübertragung für private Unternehmensnetzwerke eine Notifikation durch das Bundesamt für Kommunikation, Sektion Funkanlagen. Diese Anlagen müssen zudem unter anderem über ein CE-Zeichen und eine genügende Benutzerinformation verfügen. Für diese Notifikation werden einmalig rund zweihundert Franken eingezogen. Der Betrieb für eigene Zwecke und zur Übermittlung eigener Information wird durch ein Konzessionsgesuch des Betreibers ermöglicht (Betriebs-

	Drahtlose Übertragungssysteme		
Medium	**Spread Spectrum**	**Optischer Richtfunk**	**Mikrowellen-Richtfunk**
Datenrate	einige Mbit/s	bis 1250 Mbit/s	bis 622 Mbit/s
Maximale Reichweite	einige km	≤2 km	≥20 km
Abhörsicherheit	hoch	extrem hoch	sehr hoch
Verfügbarkeit	>99%	>99%	>99,9%
Störsicherheit	mässig	hoch	sehr hoch
Flexibilität	sehr klein, da praktisch nur eine Schnittstelle	sehr hoch, da Protokoll transparent	hoch
Installationsaufwand	klein	mässig	mässig
Justagegenauigkeit	gering	sehr hoch	hoch
Genehmigung	je nach Betriebsfrequenz	nur Anmeldung	RegTP/Bakom
Laufende Kosten	gering	keine	zurzeit 348 DM p.a.
Investitionskosten	≥10 TDM	≥20 TDM	≥50 TDM

Tabelle 1. Übersicht wichtiger Systemparameter bei verschiedenen Übertragungslösungen.

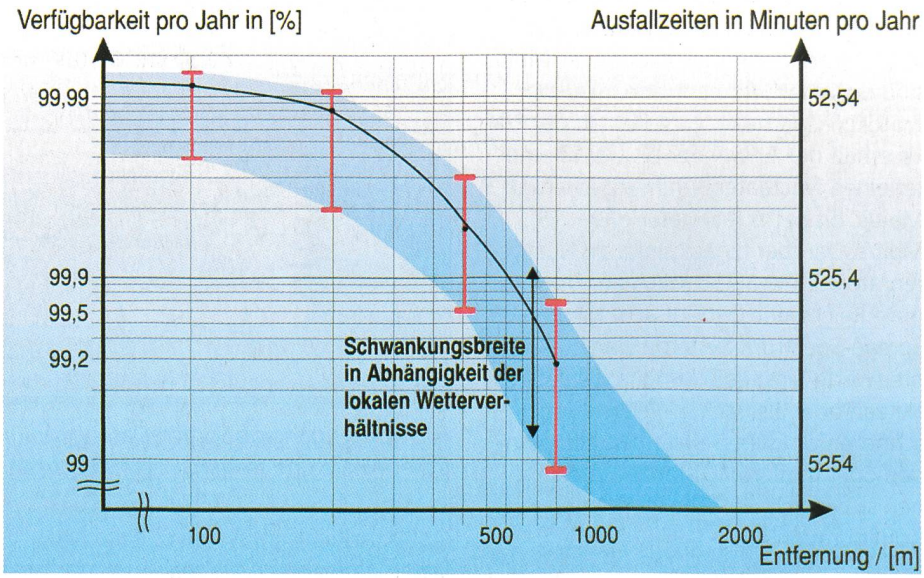


Tabelle 2. Aus Hunderten von Installationen gewonnene durchschnittliche wetterbedingte Verfügbarkeit in Deutschland.

funkkonzession). Aus technischen Gründen ist ausserdem im voraus – zwecks Frequenzkoordination – mit der entsprechenden Abteilung des Bakoms, Sektion Frequenzzuteilung, ein Antrag auf Frequenzzuteilung einzureichen. Die jährlichen Kosten setzen sich aus Verwaltungskosten und der Konzessionsgebühr zusammen. Die Kosten sind abhängig von der verwendeten Frequenz, der Leistung und von der Bandbreite. Für die Baubewilligung ist eine Bewilligung der Gemeinde oder des Kantons einzuholen. Grundlage für die Beurteilung ist die NISV, Verordnung über nicht ionisierende Strahlen. Eine NIS-Fachstelle des Kantons berät Gemeinden und Kantone in der Umsetzung der Vorgaben. Die Gültigkeit der NISV erstreckt sich über ortsfeste Sendeanlagen bis 300 MHz. Eine Punkt-zu-Punkt-Richtfunkverbindung unterliegt definitionsgemäss nicht der NISV. Weitere Informationen sind erhältlich unter den Homepagen: www.bakom.ch und www.buwal.ch/luft/d/n0.htm.

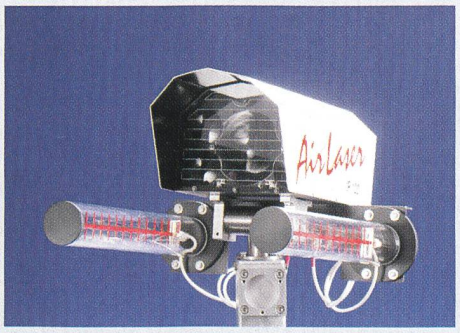
Abhörsicherheit

Im Gegensatz zu den optischen und Mikrowellen-Richtfunksystemen, die extrem abhörsicher sind, lassen sich Spread-Spectrum-Systeme leichter abhören. Trotzdem ist auch hier der Aufwand für eine Entschlüsselung noch sehr hoch. Bei Mikrowellensystemen wird die abgestrahlte Energie direkt von einer Station auf die andere gerichtet. Der geringe Öffnungswinkel von nur 1 bis 2° und die wegen der hohen Sendefrequenz berechenbare Reichweite erschweren einen unauthorisierten Empfang. Zusätzlich müsste der Lauscher auch Sende- und Empfangsfrequenz, Polarisation, Modulationsverfahren und Chiffriercode kennen. Letzteren kann der Anwender selber einstellen und jederzeit ändern.
Bei optischen Systemen ist der Strahl scharf gebündelt und kann nur durch Unterbrechung abgehört werden, was der Anwender sofort registrieren würde. Bei allen Systemen verlaufen die Strahlen in der Regel in einiger Höhe über dem Erdboden, was ein unbefugtes Empfangen erschwert. Zusätzlich können Unternehmen die Daten durch weitere, externe Kryptogeräte noch besser schützen.

Fazit

Wer nur ein Ethernet-Netzwerk koppeln will und keine hohen effektiven Datenraten benötigt, ist mit einem Spread-Spectrum-System durchaus gut bedient. Die Einrichtung ist einfach und die Systeme sind vergleichsweise kostengünstig zu bekommen. Doch bei der Notwendigkeit, hohe Bandbreiten schnell und effektiv zu übertragen, führt an den optischen und Mikrowellenlösungen kein Weg vorbei. Sie sind schnell eingerichtet, flexibel und kostengünstig. Im Allgemeinen amortisieren sich diese Systeme bereits in weniger als zwei Jahren. Die erreichbaren Verfügbarkeiten liegen bei weit über 99% pro Jahr und können sich ohne weiteres mit kabelgebundenen Übertragungswegen messen lassen. So sind alle drahtlosen Lösungen eine Überlegung wert, wenn ein Unternehmen über die Kopplung von zwei oder mehr Standorten nachdenkt. 6

Lutz Jäckels, *dipl. Ing., Leiter Marketing & Kommunikation, CBL GmbH;*
Alfred Furrer, *Furrer Telecommunications, CH-8625 Gossau, Homepage: www.furrertele.ch*



AirLaser IP100 mit integriertem Backup-System und den zwei Antennen im 2,4-GHz-Bereich.

AirLaser

Communication by Light – Gesellschaft für optische Kommunikationssysteme mbH (CBL) stellt mit den Geräten seiner neuen AirLaser-Familie einen neuen Meilenstein bei optischen Richtfunksystemen vor. Die äusserst kompakten Geräte AirLaser IP100 und IP1000 sind vollständig modular aufgebaut und erlauben so einerseits die individuelle Anpassung an die Kundenbedürfnisse, anderseits bieten sie hohe Investitionssicherheit für zukünftige Entwicklungen. Zu den Highlights zählt das integrierte Mikrowellen-Backup der IP100-Serie, das den bisherigen Kritikpunkt bei optischen Systemen, den Ausfall bei starkem Nebel, eliminiert. Für eine anwenderfreundliche Überwachung der Strecke und die Integration in vorhandene Netzwerkmanagementprodukte verfügen beide Systeme über ein optionales, umfassendes Management, das die Konfiguration und Überwachung sowohl über SNMP-Schnittstelle als auch webbasiert mittels des integrierten Web-Servers erlaubt. Der Kunde kann das optional erhältliche Modul direkt vor Ort in das System einstecken. Ein teurer Einsatz von Servicemitarbeitern und lange Ausfallzeiten entfallen. Die schnellere Lösung, der AirLaser IP1000, wird Gbit-Ethernet bis zu einer Entfernung von 1000 m übertragen können. Die AirLaser IP100 und IP1000 sind, wie der Name schon zeigt, für den Einsatz in Ethernet-basierenden Unternehmensnetzen optimiert.
Bis zu vier VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser) übertragen die Sendedaten. Trotz der hohen Leistung dieser VCSEL erfüllen die Geräte die Anforderungen der neu definierten Laserklasse 1 M. Sie sind augensicher. Als Empfänger kommt je nach Einsatzzweck und zu überbrückender Distanz eine PIN- oder APD-Diode zum Einsatz. Versorgt wird die Einheit mit 230-V-AC oder 48-V-DC.
Info: www.airlaser.de

Summary

Radio relay in corporate networks

The demand for solutions for linking voice and data networks within Local Area Networks (LAN) and Metropolitan Area Networks (MAN) has been growing continuously in the past few years. The reasons for this are on the one hand the high costs of both leased lines and private cabling. On the other hand rapid implementation and a high level of flexibility for setting up new connection routes to link scattered buildings are crucial for businesses. These requirements are especially acute in built-up areas where they are also exacerbated by rapid restructuring processes within companies.