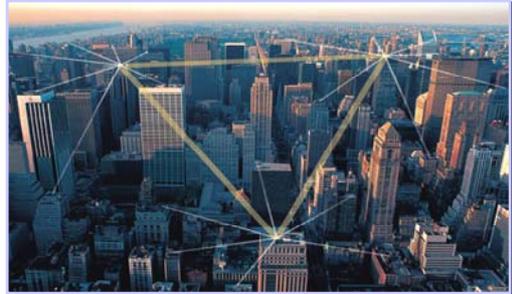


Free Space Optics (FSO)

Einführung

Marktbeobachtungen zeigen ein wachsendes Interesse an der FSO-Technologie und eine steigende Nachfrage nach FSO-Übertragungsgeräten. Aber worin liegen die Vorteile und wie funktionieren diese Systeme?



FSO-Komponenten sind zur Verwendung auf kurze bis mittlere Distanzen von etwa 20 Meter bis 5 Kilometer konzipiert. Mit Ihrem breiten Spektrum von Schnittstellen und Geschwindigkeiten passen sie in viele Applikationen. FSO-Geräte können unter Einsatz von entweder LED (Light Emitting Diode) oder - für grössere Reichweite - LASER (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) mit Geschwindigkeiten von bis zu 2,5 Gbps arbeiten. Hierbei wird die Luft als Übertragungsmedium verwendet, über welches das Licht bei einer Wellenlänge von etwa 785 nm gesendet wird.

Das Konzept wird seit mehr als 30 Jahren genutzt und kann in Verbindung mit Multiplexern (siehe BLACK BOX LMUX) Sprach-, Daten- und Videostrome gleichzeitig über einen FSO-Link senden.

Ein Link besteht aus zwei Köpfen mit jeweils einer Stromversorgung, einem Transmitter und einem Receiver. Die beiden Köpfe werden aufeinander ausgerichtet, zunächst nach Sicht, dann durch die LED-Anzeigen auf der Rückseite der gängigen FSO-Köpfe. Je nach zu verlängerndem Dienst kann die Kundenschnittstelle als E1, Ethernet und Fast Ethernet in Kupfer oder als Faserkabelpaar für Dienste wie ATM zur Verfügung gestellt werden.

Das Übertragungssystem ist sehr sicher, denn die Daten können nicht im Gegensatz zu Funk-LANs mit Funkmessgeräten oder Spektrum-Analysatoren mitgelesen werden.

Eines der grössten Missverständnisse ist die Angst, dass eine Laser Verbindung das Augenlicht schädigen könnte. Dies lässt sich leicht durch die Verwendung von

Systemen des Klasse 1 (Beispiel CD-Spieler — Ausgangsleistung innerhalb augenverträglicher Grenzen) und eine korrekte Installation ausschliessen. Aufgrund der kleinen Risiken durch eine interne Brechung im Auge selbst, wird jedoch immer empfohlen, den direkten Blick in den Laserlichtstrahl möglichst zu vermeiden.

Die Vorteile

Auf einen Blick:

- ◆ Sichere Übertragung.
- ◆ Schnelle Verbindung mit hoher Geschwindigkeit.
- ◆ Grosse Auswahl an Standardschnittstellen.
- ◆ Präzisionsgefertigte Lösungen mit mehreren Lasern.
- ◆ Schnelle und zuverlässige Installation.
- ◆ Keine Notwendigkeit für teure Standleitungen.

Die Anwendungsmöglichkeiten einer auf Laser basierenden FSO-Kommunikation sind virtuell unbegrenzt. Die häufigste Installation liegt heute noch im LAN-Bereich, jedoch stellen wireless Netzwerke einen wachsenden Markt für diese Technologie dar. Das steigende Interesse begründet sich auf folgenden Faktoren:

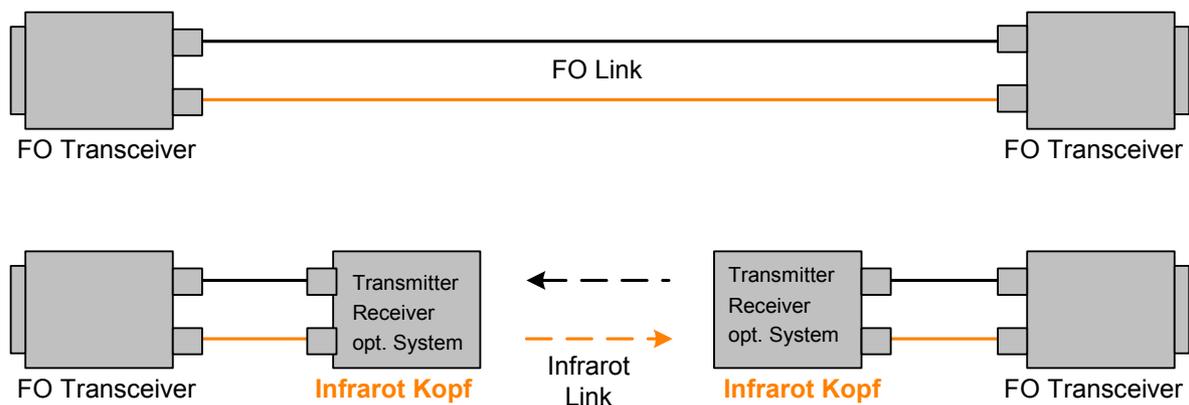
1. Keine Lizenzen – Das ist einer der wichtigsten Aspekte der optischen Wireless Übertragung. Kunden benötigen weder eine Lizenz für die Verwendung des Systems noch müssen sie für die genutzten Frequenzen Gebühren zahlen. Das ist vielleicht nicht der Schlüsselfaktor für Kunden, die nur einen einzigen Link benötigen, aber von ausschlaggebenden Interesse für den Netzwerkadministrator, der Hunderte oder sogar Tausende von Wireless Verbindungen zu verwalten hat.

2. Keine Schnittstellenprobleme – Die Systeme arbeiten im TeraHertz-Spektrum, das nicht durch die Signalstörungen anderer Wireless-Technologien beeinflusst wird. Im Gegenteil durch die kleine Ausleuchtungszone können viele Links im Nahfeld ohne gegenseitige Beeinträchtigung der Leistung installiert werden.
3. Hohe Bandbreite – die derzeit verfügbare Bandbreite von 155 Mbit/s liefert ausreichend Kapazität für alle heute gängigen wireless Anwendungen. Mit dieser Technologie könnten aber auch Daten mit Gigabit Geschwindigkeit übertragen werden, denn der Durchsatz liegt dicht bei der Kapazität von Glasfaser. Diese Kapazität kann von anderen wireless Geräten nicht erreicht werden.
4. Einfacher Einbau – Die Installation eines FSO-Systems geht sehr schnell. Die meiste Zeit nimmt dabei die Befestigung der Köpfe und deren Kabelverbindung mit dem Netzwerk in Anspruch. Die Ausrichtung der Laserköpfe dauert im Regelfall nur circa eine Stunde.
5. Bestes Preis/Leistungsverhältnis – Der Preis eines FSO-Systems ist sehr konkurrenzfähig im Vergleich mit anderen wireless- oder Kabellösungen. Die Kosten für die Installation insbesondere im Vergleich mit einer Verkabelung und die „Total costs of ownership“ bieten weiteres hohes Einsparungspotential für den Kunden.

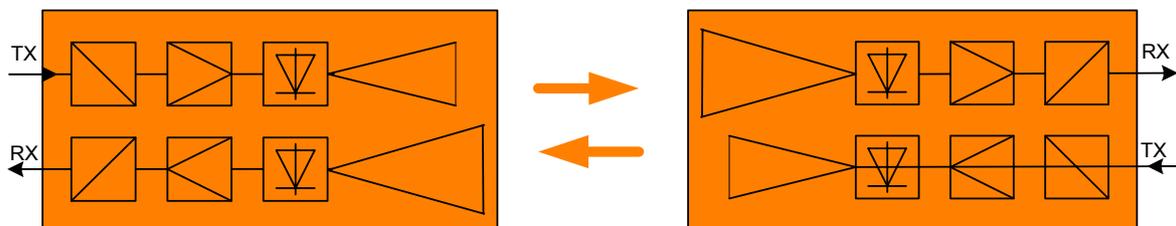
Funktionsweise

Free Space Laser- und Glasfaserübertragungen haben viel gemeinsam. Beide nutzen elektronische und optische Komponenten für die Übertragung und erlauben hohe Bandbreite über grosse Entfernungen ohne Rauschempfindlichkeit. Es gibt keine galvanischen Kontakte und keine Masseschleifen, so dass ein Überspannungsschutz nicht notwendig ist. Im Gegensatz zur Glasfasertechnologie benötigt die Free Space Optik (FSO) kein Übertragungsmedium ausser Luft. Da sich Licht schneller durch Luft als durch Glas oder Kunststoff bewegt (den beiden Hauptmedien für Fiberoptik), ist das Endergebnis (nahezu) echte Lichtgeschwindigkeit.

Aber in der Luft als Übertragungsmedium liegt auch die Herausforderung. Die Dämpfung eines bestimmten Glasfaserstrecke ist in der Regel konstant. Bei FSO müssen dagegen starke Dämpfungsschwankungen ausgeglichen werden, da durch wechselndes Wetter (z.B. Nebel und Regen) die Dämpfung durch die Atmosphäre ständig schwankt.



Die Köpfe der FSO-Einrichtungen werden gewöhnlich auf dem Dach eines Gebäudes installiert, wo eine direkte Sichtverbindung zwischen Sender und Empfänger ohne Unterbrechung des Leitstrahles gegeben ist. Die Sendeeinheit kodiert und konvertiert das optische Signal in ein verstärktes elektrisches Signal und leitet dieses an eine Laserdiode weiter. Die Übertragungsoptik sorgt für den richtigen Leitstrahl und gleicht gegebenenfalls Abweichungen aus. Bei der Empfangseinheit hat der Leitstrahl einen Durchmesser von ungefähr 60 cm. Die Empfängeroptik erkennt das Übertragungssignal und leitet es an eine Photodiode weiter. Diese Diode konvertiert und dekodiert das Signal zurück in ein elektrisches Signal.



Einflussfaktoren

Die Qualität der Übertragung kann durch eine Reihe von Faktoren beeinträchtigt werden. Diese lassen sich wie folgt klassifizieren:

1. Systemparameter:

Dazu gehören z.B.: die Ausgangsleistung, Wellenlänge des Transmitters, Abweichung des Leitstrahls, Durchmesser der Empfängeroptik, Empfindlichkeit des Empfängers, Grösse des optischen Systems und des Gehäuses.

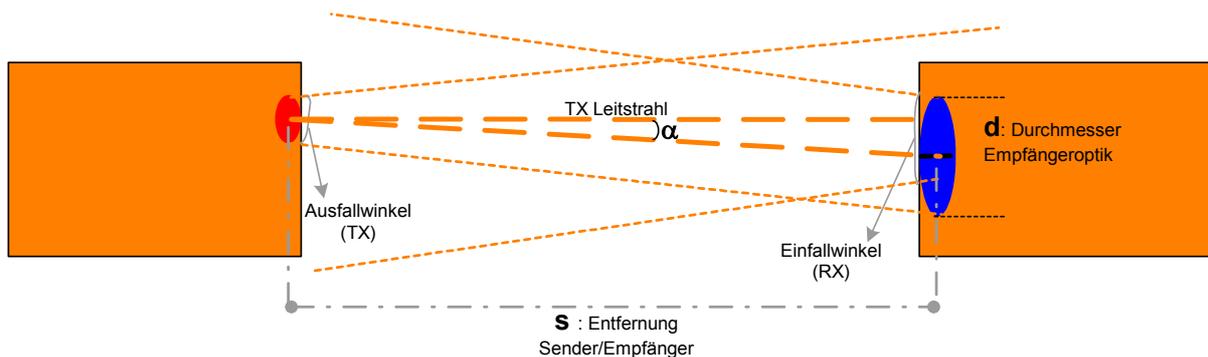
Die Systemparameter bestimmen das Verhalten des Systems bei einer bestimmten Entfernung. Sie resultieren aus dem Design und der Werkkonfiguration des Systems, die wiederum auf genauer Formelkalkulation basieren. Den geometrischen Verlust eines optischen Systems berechnet man z.B. nach folgender Formel:

$$P_{geom} = 20 \log \frac{\alpha * s}{d} dB$$

α = Abweichung vom TX Leitstrahl

s = Entfernung zwischen Sender und Empfänger (in Metern)

d = Durchmesser der Empfängeroptik (in Metern)



Man rechnet mit circa 4 % Verlust für jeden Glas/Luft-Übergang. Verwendet man eine Anti-Reflexionsbeschichtung lässt sich der Verlust auf nur 1% reduzieren. Neben dem geometrischen Verlust müssen die Entwickler noch eine ganze Reihe von optischen und elektrischen Formeln berechnen, bevor sie die Komponenten für ein System in einer vorgegebenen Umgebung bestimmen können.

2. Wettereinflüsse

Das können z.B. die molekulare Absorption, Partikelstreuung und Turbulenzen sein.



Wettereinflüsse sind unberechenbar, denn die molekularen Verbindungen in der Luft wechseln ständig. Und tatsächlich ist Wetter die grösste Hürde bei FSO. Maximale Reichweiten müssen die maximale Regenmenge berücksichtigen und – was noch wichtiger ist – wie viel Nebel in einem Gebiet normalerweise auftritt. Nebel ist anders als Regen, da er aus sehr feinen Wassertröpfchen besteht, die normalerweise einen Durchmesser von nur wenigen Hundert Mikrometern haben. Diese Tröpfchen bilden Dampfschwaden, die das Licht streuen können. In manchen Fällen verhindern sie die Übertragung ganz und gar. Schnee und Regen haben nur minimale Auswirkungen auf FSO-Systeme, da sie zu keinem hohen Grad an Absorption, Reflektion oder Lichtstreuung führen. Zusätzlich können Lichtbrechungen, Luftflackern oder Szintillationen (kurze Lichtblitze) den Laserstrahl ablenken oder streuen. Es ist unmöglich Berechnungen für jede Komponente bei allen Bedingungen anzustellen. In der Praxis definiert man die molekulare Absorption daher mit 1 dB/km und beschreibt die Streuverluste mit der empirischen Formel:

$$P_{scat} = \left(\frac{17}{V}\right) \cdot \left(\frac{0,55}{\lambda}\right)^{0,198V} \text{ dB / km}$$

V = Sicht (Entfernung in km bei der die Konturen eines Gebäude gerade noch erkannt werden)

λ = Wellenlänge (μm)

Alle diese Elemente haben grossen Einfluss auf die operativen Bedingungen eines Systems und wir können sie nicht beeinflussen. Die typischen Ansätze, Wetterprobleme zu lösen, sind die Herabsetzung der Entfernung zwischen den Köpfen oder die Steigerung der Leistung des verwendeten Lasers. Unerwünschte Nebeneffekte können aber durch die Wahl des richtigen Systems eliminiert werden. Der FREE TECH SUPPORT von BLACK Box berät sie bei der Produktauswahl kompetent und kostenlos. Rufen Sie einfach an.

3. Umgebungsfaktoren

Hierzu zählen z.B. Gebäudebewegungen, direktes Sonnenlicht und reflektierende Oberflächen.

Auch die Umgebungsfaktoren gehören zu den Schlüsselkriterien für ein funktionierendes System. Sie beziehen sich auf den Ort der Installation. Der Leitstrahl eines FSO-Systems ist sehr schmal (circa 1 mrad) und erlaubt daher nur geringe Bewegung. Ein ungestörter Betrieb über einen langen Zeitraum steht und fällt demzufolge mit einer soliden Befestigung der FSO-Köpfe. Dabei ist zudem darauf zu achten, dass keine direkte Sonne in die Empfängeroptik scheint, was zu einer Sättigung der Empfangsdioden und somit zu Datenfehlern führen würde.

Zusammenfassend gibt es drei Schlüsselfaktoren, die einen erfolgreichen Betrieb sicherstellen.

1. Sorgen Sie für eine klare Sichtverbindung zwischen den verbundenen Systemköpfen.
2. Wählen Sie einen ausreichenden dynamischen Bereich für Ihr System. Dieser muss die wechselnde Dämpfung der Atmosphäre an Ihrem Installationsort ausgleichen können, um wetterunabhängig einen zuverlässigen Dienst zu bieten.
3. Führen Sie vor der Installation eine gründliche Prüfung des Standortes durch, und sichern Sie so einen langanhaltenden fehlerfreien Betrieb.

Die BLACK BOX Experten unterstützen Sie dabei gerne in allen Punkten. Wenden Sie sich an den FREE TECH SUPPORT am Telefon und lassen Sie sich bei der Wahl des richtigen Systems beraten oder rufen Sie die Black Box Network Services für eine Standortbeurteilung und/oder Installation vor Ort an.



Weitere Informationen zum Thema FSO:

- ◆ [Ethernet Applikation Guide inklusive FSO Tipps](#)
- ◆ [Systemabgrenzung FSO gegenüber Spread Spectrum und Mikrowellen Richtfunk, ROI Kalkulation FSO und 2 Mbps Mietleitung.](#)
- ◆ [BLACK BOX Produktübersicht.](#)

