

Optická komunikácia voľným prostredím a jej simulácia

Štefan Dominik · Informačné technológie

03.06.2015



Tento článok sa zaoberá možnosťou, ako vyriešiť problém poslednej míle prostredníctvom plne optického komunikačného systému. Takýto systém využíva na prenos optické hlavice, ktoré umožňujú plne duplexnú komunikáciu voľným prostredím medzi dvoma statickými bodmi. Keďže prenosovým médium je vzduch, dochádza k veľkej závislosti spoľahlivosti komunikačného systému na kvalite ovzdušia. Preto je veľmi dôležité namodelovať rôzne situácie, ktoré znižujú kvalitu ovzdušia rôznymi atmosférickými javmi nachádzajúcimi sa v atmosfére. To umožní zhodnotiť vhodnosť výberu a nasadenia takejto komunikácie do reálneho prostredia.

1. Úvod

Prenos dát je v dnešnej dobe hlavným a rozhodujúcim faktorom pre získanie informácií. S narastajúcim počtom dátového zaťaženia je potrebné zaoberať sa aj nedostatočnými možnosťami pripojenia koncových zákazníkov k chrbticovej optickej sieti. Tu sa naskytá možnosť, ktorá túto situáciu umožňuje vyriešiť, a ktorá ponúka plne optickú komunikáciu až priamo do domu. Jedná sa o optický komunikačný systém voľným prostredím (z ang. Free Space Optics – FSO).

FSO je technológia, ktorá vytvára optický spoj bez použitia fyzického optického vlákna. Na prenos informácií sa používa diódový alebo laserový zväzok lúčov, na ktorom sú namodulované prenášané dáta. Takto namodulovaný, zvyčajne infračervený, zväzok sa šíri atmosférou. Existujú systémy aj s viditeľným optickým lúčom červenej farby (systém RONJA, 635 nm). Dôležitou a nevyhnutnou podmienkou je priama viditeľnosť medzi koncovými bodmi. Takýto spôsob prenosu údajov poskytuje mnoho výhod, ale aj nevýhod. Medzi výhody patrí rýchla, časovo nenáročná inštalácia; nie sú potrebné žiadne licencie, nakoľko FSO systémy pracujú v nelicencovaných pásmach; poskytujú možnosť prepojiť budovy na miestach, kde je to nemožné z hľadiska historickej hodnoty odstránením požiadavky pre výkopové práce; úzky vysielač zväzok len veľmi ťažko umožňuje získavať informácie tretím stranám; prenos je bezpečný, pretože údaje sa dajú šifrovať a keďže vysielač nie je možné voľným okom detegovať, nie je možné ani určiť kedy sa údaje prenášajú.

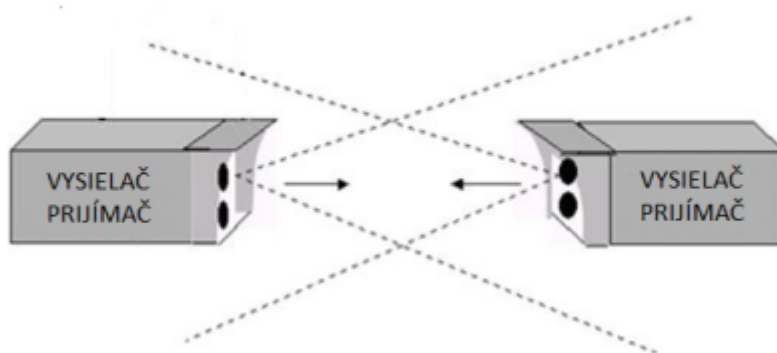
Takýmto spôsobom je možné prepojiť banky, inštitúcie, priemyselné zóny, budovy v rámci areálu a pod. Dôležitým aspektom je spoľahlivosť takéhoto systému počas celého roka. V špecifických prípadoch pre telekomunikačné účely sa vyžaduje vysoká (99,999 %) spoľahlivosť. Dôvodom nespoľahlivosti FSO linky je vysoká závislosť na počasí,

pretože prenosovým médium je vzduch. Zlé poveternostné podmienky negatívne ovplyvňujú celú komunikáciu. Nevýhody tohto systému spojené s nedostupnosťou je možné redukovať využitím rádiových frekvencií (RF) linky. Takouto kombináciou dvoch prenosových systémov vzniká hybridná FSO/RF komunikačná linka, ktorej celková dostupnosť sa výrazne zvyšuje. Druhá kapitola sa zaoberá základným princípom fungovania. V tretej kapitole sú opísané možnosti výberu prenosovej frekvencie RF linky. Posledná časť príspevku sa venuje programu na simuláciu komunikačnej linky.

2. FSO Systém

FSO systémy pracujú v oblasti infračervených vlnových dĺžok v rozsahu od 750 - 1600 nm. Airforce Research Laboratory vytvorilo program, ktorý zaznamenáva útlm prenosu pri vlnových dĺžkach od 700 nm do 1600 nm v čistej atmosfére s viditeľnosťou do 16 kilometrov. Výsledky tohto programu ukazujú, že existuje niekoľko optických okien, v ktorých je atmosférický útlm najmenší. Centrá týchto okien sa nachádzajú na vlnových dĺžkach 850 nm, 1060 nm, 1250 nm a 1550 nm. Tieto vlnové dĺžky sú najvhodnejšie pre použitie v FSO systémoch [1]. Atmosférický útlm nastáva predovšetkým vďaka výskytu vodných častíc, ktoré sú neoddeliteľnou súčasťou atmosféry a to aj za jasného počasia. Pri zhoršenom počasi má najväčší negatívny vplyv hmla. Hmla pozostáva z vodných kvapôčiek, ktorých veľkosť korešponduje s používanými vlnovými dĺžkami. Dochádza k rozptylu a k znižovaniu úrovne optického výkonu na prijímacej strane. Tým sa znižuje dosah celého systému.

Princíp realizácie FSO je jednoduchý. Základnou topológiou prenosu dát je komunikácia typu bod - bod. Na komunikáciu sú potrebné dve zariadenia (z ang. transceiveri) skladajúce sa z optického vysielača (z ang. transmitter) a optického prijímača (z ang. receiver), ktoré poskytujú odosielanie a prijímanie dát súčasne, čiže sa jedná o plne duplexný prenos. Zariadenia sú nainštalované na oboch koncoch prenosovej cesty. Optické vysielače sú orientované jeden proti druhému. Využívajú vysoko výkonný optický zdroj svetla, či už LED diódu alebo laser a šošovku, ktorá zužuje vysielačnú lúč do úzkeho zväzku, ktorý je vyslaný cez atmosféru na prijímaciu stranu. Systém optických šošoviek na druhom zariadení smeruje svetelný lúč do vysoko citlivého optického senzora, ktorý spracované dáta posiela ďalej prostredníctvom optického vlákna [2]. Princíp prenosu je zobrazený na Obr. 1.



Obr. 1 Princíp posielania dát pomocou FSO

3. Hybridný FSO/RF Systém

Ako už bolo uvedené, FSO linky sú silne ovplyvnené útlmom vplyvom hmly v dôsledku

čoho vznikajú dlhodobé výpadky spojenia. RF linka vykazuje zanedbateľný útlm vplyvom hmly, avšak je negatívne ovplyvňovaná zrážkami ako je dážď a mokrý sneh. Kombináciou týchto dvoch liniek vzniká hybridný FSO/RF systém, ktorý vyzdvihuje len pozitívne vlastnosti oboch technológií, čím výrazne zvyšuje celkovú dostupnosť hybridnej linky [4]. Nato, aby hybridná FSO/RF linka neznížovala potenciál FSO systému, je potrebné, aby RF linka spĺňala nasledovné požiadavky [4]:

- RF linka by mala byť k dispozícii v prípade, ak FSO linka nie. To znamená, že spojenie by nemalo byť ovplyvnené hmlou alebo iným poveternostným vplyvom, ktorý znižuje viditeľnosť.
- RF linka by mala poskytovať podobnú šírku pásma ako FSO linka, aby nedošlo k výraznému zníženiu prenosovej kapacity.
- RF linka by mala byť prevádzkovaná vo frekvenčnom pásme, ktoré nevyžaduje licencie, aby sa nestrácala táto výhoda, ktorú FSO systémy poskytujú.

Tieto požiadavky sú v reálnej situácii protichodné, a preto je potrebné nájsť vhodnú kombináciu systémov v závislosti od danej situácie. Pri vysokej rýchlosti prenosu dát sa vyžadujú vysoké nosné frekvencie, ktoré sú ovplyvnené hmlou. Okrem toho, tieto systémy pracujú v bezlicenčných ale regulovaných pásmach, preto podliehajú obmedzením prenosového výkonu, čo podstatne obmedzuje bezpečnostný okraj linky. Taktiež môže vzniknúť situácia, v ktorej dážď a sneh nastanú súčasne. To sa často deje v kontinentálnom podnebí, kedy oba linky trpia poveternostnými vplyvmi [4].

Komerčné pásma RF linky sú sústredené na frekvenciách 60 a 70/80 GHz. Kým oblasť pri frekvenciách okolo 60 GHz nepotrebuje licencie, nemôže byť využitá na dlhé vzdialenosti prenosovej linky v dôsledku absorpcie kyslíkom (15 dB/km), tak frekvencie 70/80 GHz poskytujú zaujímavú oblasť výskumu pre hybridné systémy. Vrcholy útlmov v dôsledku mierneho dažďa sú často pod hranicou 5 dB/km, zatiaľ čo pri hmle s hustotou 0,1 g/m³ je to 0,4 dB/km. FSO linka pri takejto hmle by bola tlmená 225 dB/km. V súčasnej dobe existujú zariadenia pracujúce vo frekvenciách 70/80 GHz, ktoré umožňujú prenos bez ohľadu na poveternostné podmienky na vzdialenosť 2-3 kilometrov dosahujúci rýchlosť 1Gbps. Avšak toto pásmo môže byť použité až po získaní licencie [4].

Použitie nižších frekvenčných pásiem (napr. bezlicenčné pásma pri 2,5 a 5 GHz) vedie k zníženiu výkonu celkového hybridného systému vplyvom nižších prenosových rýchlostí. Avšak tieto systémy nie sú citlivé na hmlu a tiež vykazujú oveľa menší vplyv dažďa a snehu než u systémov s frekvenciami nad 20 GHz. Problém môže nastať pri interferenciách, ktorá vzniká veľkým množstvom zariadením pracujúcim v tomto pásme. Tú možno zmierniť použitím smerových liniek [4].

4. Statický FSO/RF Model Programu Steady & Statistical Modeling of FSO Communication (SSMFSC)

Cieľom statického FSO/RF modelu je určiť a súčasne zobrazíť stav FSO, ako aj RF linky pri zadaných vstupných podmienkach. Po zadaní požadovaných vstupných údajov, ktoré definujú vlastnosti prenosového kanála, výber konkrétneho FSO a RF systému sa vykoná výpočet dostupnosti oboch liniek na základe matematického aparátu. Ten v sebe zahŕňa komplexné matematické rovnice popisujúce jednotlivé atmosférické javy a

bezpečnostný okraj liniek. Vstupnými hodnotami modelu sú informácie o prenosovom kanále a parametre FSO a RF zariadení (Obr.2).



Obr. 2 Používateľské rozhranie statického FSO/RF modelu

Pri zadávaní informácií o prenosovom kanále „Channel Properties“ je potrebné vyplniť nasledujúce hodnoty: dĺžka prenosového kanála „Distance“, metóda výpočtu útlmu „atm add calculation method“, viditeľnosť „Visibility“, model pomocou ktorého sa vypočíta útlm rozptylom na časticiach „Model“, vplyv dažďa „Rain“, suchého snehu „Dry Snow“ a vlhkého snehu „Wet Snow“. Model ponúka dve možnosti metód výpočtu útlmu: výpočet útlmu na základe viditeľnosti a vplyvu poveternostných podmienok „Due to visibility and weather conditions“ a zadanie útlmu na základe medzinárodného kódu viditeľnosti „Due to international visibility code“.

Následne je potrebné zadať parametre jednotlivých zariadení „Device Properties“. V modeli je možný výber z dostupnej ponuky zariadení „Select from Database“, v ktorej sa vyberie konkrétne zariadenie a parametre sa vyplnia automaticky. Avšak parametre je možné zadať aj manuálne. Pri FSO zariadení sú to: výkon a jednotka výkonu zariadenia „Tx Power“, citlivosť šošovky zariadenia „Rx Sensitivity“, priemer šošovky zariadenia „Rx Lens Diameter“, smerovosť vysielaného lúča „Directivity“ a vlnová dĺžka vysielaného lúča „Laser Wavelength“. Pri RF zariadení sú to: výkon a jednotka výkonu vysielanej antény „Tx Power“, citlivosť antény „Rx Sensitivity“, frekvencia antény „Frequency“ a zisk antény „Gain“.

Dostupnosť a hodnoty útlmov jednotlivých liniek sa zobrazia po stlačení tlačidla kalkulačky „Calculate“. Model realizuje výpočet nasledujúcich hodnôt: bezpečnostný okraj FSO linky v dB „M (Link Margin)“, normalizovaný bezpečnostný okraj FSO linky v dB/km „M1 (Normalized M)“, celkový útlm FSO linky spôsobený zhoršenými atmosférickými podmienkami v dB/km „ α add total norm“, výpočet maximálnej dosiahnutej vzdialenosti FSO linky v metroch „Max. Link Distance“, sila signálu RF linky „Si“, útlm RF linky voľným prostredím „FSL“, útlm RF linky vplyvom dažďa a plynov v atmosfére „Weather Attenuation“ a výpočet maximálnej dosiahnutej vzdialenosti RF linky v metroch „Max. Link Distance“.

5. Záver

Optická komunikácia voľným prostredím je vhodná pre rozširujúce sa mestské stavby, pretože nenaruša aktuálnu štruktúru miest a zároveň šetrí finančné prostriedky. Avšak v pobrežných a metropolitných prostrediach, ktoré sú náchylne na hmlu je vhodné uvažovať so záložnou RF linkou, ktorá zvyšuje celkovú dostupnosť komunikácie. Ešte pred samotnou inštaláciou tejto technológie je vhodné zistiť dostupnosť linky na danom komunikačnom kanále. To je možné vytvorením simulácie linky, ktorú ponúka statický FSO/RF model programu SSMFSC. Ten obsahuje širokú ponuku FSO systémov a anténových RF systémov, z ktorých si používateľ môže vybrať a nakombinovať najlepšiu voľbu pre konkrétnu oblasť, v ktorej bude hybridný systém implementovaný.

Použitá literatúra

1. LightPointe Communications, Inc.: How to Desing a Reliable FSO System [online]: LightPointe White Paper Series, 2009. [cit. 28-05-2015]. Dostupné na internete: http://www.lightpointe.com/images/LightPointe_How_to_Design_a_Reliable_FSO_System.pdf
2. FSO History and Technology. [online]. [cit. 28-05-2014]. Dostupné na internete: <http://www.laseroptronics.com/index.cfm/id/57-66.htm>
3. Free Space Optic Advanteges and Disadvantages. [online]. [cit. 28-05-2014]. Dostupné na internete: <http://www.fso.net/advantages-disadvantages.html>
4. FORUN, M. Davide et al.: Free Space Optical Technologies. Rijeka, Croatia: InTech, 2010. 296 s. ISBN 978-953-307-072-8

Spoluautori článku sú Ľuboš Ovseník, Matúš Tatarko, Katedra elektroniky a multimediálnych telekomunikácií, Fakulta elektrotechniky a informatiky, Technická univerzita v Košiciach, Slovenská republika
