

Wilfert

Výzkum optické komunikace ve volném prostoru na Ústavu radioelektroniky VUT v Brně

prof. Ing. Otakar Wilfert, CSc.

VUT Brno, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Technická 3082/12, Královo Pole, 61600, Brno, Česká republika

Abstrakt:

Optická komunikace ve volném prostoru je jednou z oblastí výzkumu probíhající na Ústavu radioelektroniky (UREL, VUT v Brně) v rámci skupiny **OptaBro**. V zahraniční literatuře se oblast optické komunikace ve volném prostoru označuje jako „FSO“ podle anglického „Free Space Optics“ nebo „OWL“ - podle „Optical Wireless Links“.

Výzkum a vývoj prostředků FSO byly na UREL zahájeny v roce 1996 a pro jejich výrobu byla založena firma **Atmocom**. První aplikace spoje vyvinuté firmou Atmocom označeného DAOS 4 byla instalována na Obilném trhu v Brně mezi budovami MU a nemocnicí. V dnešní době se výzkum a vývoj optické komunikace ve volném prostoru na UREL (OptaBro) zaměřuje na:

- **„Mobilní optický spoj“** (vliv a využití kouře na trase, experimenty s dýmovnicemi)

Projekt VI20192022173: Bezpečnostní výzkum České republiky 2015-2022, MV ČR.

<https://www.vut.cz/vav/projekty/detail/30306>

- **Vývoj komunikace mezi drony** a pozemními roboty pomocí širších optických svazků (cca 20 úhlových stupňů) a robustní optická komunikace pro platformy UxV.

(Projekt VK02010158 Ministerstva vnitra ČR - 2 VS OPSEC - 2. veřejná soutěž.)

<https://www.vut.cz/vav/projekty/detail/37983>

- **Persistent Eye in the Sky from Laser Powered Drones.** Jedná se o vývoj napájení (a komunikace) dronů po optickém svazku ze země.

(Projekt European Defence Agency; Spolupráce Sol.One (Belgium), Royal Military Academy (Belgium), Brno University of Technology, The Lunar Grid (Luxembourg), University of Ljubljana (Slovenia) and Universidad Politécnica de Madrid (Spain).)

Začne někdy po prázdninách.

- **Difrakční jevy ve vysílání optického svazku**

Disertace (Ing. Juraj Poliak, Ph.D.)

Optimal intensity distribution in a laser beam for FSO communications

Disertace (Ing. Peter Barčík, Ph.D.)

- **Technologie pro snímání optického komunikačního systému ve volném prostoru.**

Disertace (Ing. Petr Skryja, Ph.D.)

- **Charakteristika turbulentní atmosféry pro horizontální a vertikální trasu**

Habilitace (doc. Lucie Hudcová)

- **Komplexní model FSO spoje**

Habilitace (prof. Otakar Wilfert)

Pozn.: Pro omezený počet stran není zde možné zmínit všechny oblasti výzkumu, jejich výsledky a autory.

V zahraničí se výzkum a vývoj FSO komunikace orientuje na výzkum komunikace v **kosmu**, ve **vodním** prostředí i v **turbulentní a prašné** atmosféře. Co se týká kvalitativních parametrů spojů, v DLR (Německo) ověřili, že u FSO spoje v atmosféře při vzdálenosti hlavic spoje 3 km lze dosáhnout přenosové rychlosti 1.75 Tbit/s. Výsledek byl publikován vedoucím projektu a naším absolventem doktorského studia **Dr. Jurajem Poliakiem**.

Pro stanovení kvality komunikace však nestačí znát pouze přenosovou rychlost a vzdálenost mezi hlavicemi. Je potřeba ještě definovat maximální povolenou chybovost spoje BER a požadovanou pravděpodobnost dostupnosti spoje P_{av} . Jen pro představu uvádím, že u současných FSO spojů lze při délce spoje 3 km očekávat komunikační rychlost řádu nižších stovek Tb/s a chybovost BER < 10^{-9} . Pravděpodobnost dostupnosti například v brněnské lokalitě se dosahuje $P_{av} > 99,9$ a při hybridním uspořádání až 99,999%.

Původně pro optickou komunikaci v atmosféře představoval zásadní problém útlum mlhou, atmosférický šum vyvolaný turbulencí atmosféry („rychlé úniky“) a šum vyvolaný refrakcí svazku na teplotních nehomogenitách („pomalé úniky“). Výzkum týkající se FSO spojů se soustředil na zkoumání atmosférických jevů (statistický model) a výkonové parametry aktuálních prvků spoje (stacionární model). Stacionární model spoje spočívá ve zvažování energetických parametrů vysílače, citlivosti přijímače a dané vzdálenosti hlavic s vyloučením atmosféry. Statistický model spoje spočívá na statistických vlastnostech atmosféry ve zvolené lokalitě umístění. Pro pravděpodobnost dostupnosti $P_{av} > 99,9$ je potřebná výkonová rezerva spoje např. v lokalitě města Brna asi 35 dB. Syntézou stacionárního a statistického modelu vznikne komplexní model, který ukáže, jaká bude **kvalita komunikace** při **daných parametrech** použitých prvků a **zvolené lokalitě** umístění spoje.

Další vývoj si vyžádal změnu využívaného optického pásma. V souvislosti se změnou optického pásma z 850 nm na výhodnější pásmo 1550 nm se snížil vliv atmosféry na přenos, zvýšila se výkonová rezerva (a s tím související kvalita komunikace) a zvýšila se bezpečnost práce s laserovým zařízením. Výrobu námi vyvinutých hlavic převzala **firma Miracle** a bylo možno sestavit spoj v hybridním uspořádání. Pro optickou větev se ukázal jako největší problém zachytit a udržet správný směr optických svazků, zejména při použití optických vláken.

U FSO spojů byly požadovány nejen vysoká jemnost, rychlost a nepřetržitost směřování hlavičky, ale také mechanicky/teplotně stabilní konzoly a budovy.

V přednášce budou zvolené oblasti rozebrány podrobněji a nastíněn bude směr budoucího výzkumu a vývoje optické skupiny OptaBro:

- FSO v turbulentní a prašné atmosféře
- Přesné zaměřování optického svazku
- Spolupráce s mobilními platformami
- Hybridní optické sítě
- Kvantová komunikace
- Optický přenos energie
- Sjednocení komunikace a přenos energie jedním svazkem

Mezi nejrychleji se rozvíjející témata v oblasti FSO patří téma, které spojuje optický systém, přenášející data a zároveň přesně určuje polohu protistanice a podle potřeby ji i napájí.