

Oponentní posudek disertační práce

Název disertační práce:	Hybrid Free-Space Optical and Visible Light communication Link
Doktorand:	Ing. Petr Pešek
Pracoviště:	Fakulta elektrotechnická, ČVUT v Praze
Studijní program:	P2612 Elektrotechnika a informatika
Studijní obor:	2601V010 Radioelektronika
Oponent:	doc. Ing. Lucie Hudcová, Ph.D., Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, VUT v Brně

1) Aktuálnost zvoleného tématu

Zvolené téma disertační práce je nadmíru aktuální s ohledem na vývoj trendů v telekomunikační oblasti. Neustále se zvyšující požadavky na přenosové rychlosti, objemy přenášených dat a dostupnost kvalitního připojení směřují k masivnímu rozvoji optických bezkabelových komunikací. Práce je tematicky zaměřená na FSO s ohledem na řešení problému poslední míle a VLC s ohledem na řešení problému posledního metru.

Bez nejmenší pochybnosti se jedná o velice aktuální a perspektivní téma.

2) Splnění sledovaných cílů disertace

Cíle předložené disertační práce jsou jasně definované v kapitole 3. *Objective of the thesis*. Tyto cíle byly rozděleny do 3 dílčích bodů, které jsou následující

- I) *Návrh a experimentální ověření funkčnosti outdoor optického reléového (přesměrovaného) FSO spoje jako řešení problému poslední míle s ohledem na vlastnosti atmosférického přenosového prostředí*
- II) *Analytický popis a vývoj indoor optického reléového VLC spoje*
- III) *Metodika návrhu a analýza hybridního optického bezkabelového spoje FSO/VLC pro řešení problému poslední míle a posledního metru*

Jednotlivé cíle disertační práce na sebe logicky navazují a vzájemně se doplňují. Pro dosažení definovaných cílů si autor určil 6 milníků, kterých je pro komplexní řešení disertační práce potřeba postupně dosáhnout.

Cíle předložené disertace považuji za splněné, jednotlivé výzvy jsou řešeny v rámci jádra disertace uvedeného v kapitole 4. *Achieved results*. Tato čtvrtá kapitola obsahuje 6 relevantních publikací zveřejněných v impaktovaných časopisech, kde je předkladatel disertační práce hlavním autorem, nebo spoluautorem.

3) Zvolené metody zpracování disertační práce

Předložená disertační práce je psána v anglickém jazyce, obsahuje 5 kapitol. Po přehledném představení problematiky optických bezkabelových spojů s doplněním o relevantní aktuální zdroje

v kapitole 1. *Introduction* následuje kapitola 2. *State of the art*, která na 16 stranách uvádí stávající stav problematiky z oblasti OWC a uvozuje následné vlastní jádro disertační práce.

Jádro disertace, které je prezentováno v kapitole 4. *Achieved results*, se skládá z 6 publikací zveřejněných ve vybraných impaktovaných časopisech. Každá publikace je uvedena v samostatné podkapitole, je doprovázená krátkým popisem s uvedením do souvislosti s cíli disertační práce.

Jednotlivé publikace byly vydány mezi lety 2015 až 2020, což rovněž svědčí o aktuálnosti tématu disertační práce. Ve čtyřech stěžejních případech je autor předložené disertační práce hlavním autorem, ve dvou případech je spoluautorem publikací. Všechny uvedené publikace mají IF vyšší než 1, tři z článků byly publikovány v časopise s IF vyšší než 3 a z toho dva v kategorii Q1.

4) Výsledky disertace

Posuzovaná disertační práce má několik významných výstupů a výsledků. Mezi ně můžeme započítat například

- Analýza vlastností atmosférického přenosového prostředí s ohledem na míru atmosférické turbulence pro FSO spoje včetně šumové analýzy systému
- Experimentální ověření funkce a porovnání přenosových vlastností single a dual-hop FSO spoje v turbulentním prostředí
- Komplexní analýza funkce optického reléového VLC spoje v uzavřeném prostoru
- Experimentální porovnání indoor VLC spojů s přesměrováním Amplify-and-Forward (AF) a Decode-and-Forward (DF) se spojením VLC bez optického reléového pojítka a spojením NLOS využívajícím odrazy od okolí
- Metodika návrhu indoor VLC spoje pro dosažení vyšších přenosových rychlostí včetně vyššího dosahu optického spoje pro řešení problému posledního metru
- Návrh VLC linky pro provoz v multi-user režimu včetně experimentálního ověření funkčnosti systému
- Syntéza dílčích výsledků práce vedoucí k návrhu hybridní linky FSO/VLC jako řešení problému poslední míle/posledního metru včetně experimentálního ověření funkčnosti a definicí vhodné modulace s ohledem na přenosovou rychlost a spektrální účinnost modulace

Dosažené výstupy práce a publikované výsledky bezesporu přispěly k rozvoji v oblasti optických bezkabelových komunikací.

5) Význam pro praxi a další rozvoj dané oblasti vědy

Optické bezkabelové systémy (FSO, VLC) se stávají součástí běžných komunikačních sítí a systémů. Předpokládá se, že do budoucna bude tento typ bezdrátové komunikace kvůli svým výhodám zaujímat stále důležitější, až nenahraditelnou úlohu. Je proto nezbytné věnovat velkou pozornost rozvoji nejen dnes již klasickým FSO a VLC systémům, ale i jejich modifikovaným verzím obsahujícím indoor a outdoor optické reléové pojítka.

Předložená disertační práce se přesně zaměřuje na tuto aktuální a perspektivní problematiku s důrazem na experimentální ověření funkčnosti systému. Syntéza práce shrnutá v hybridním FSO/VLC komunikačním systému pro řešení problému poslední míle/posledního metru je jedním z řešení poptávky po vyšších přenosových rychlostech a lepší dostupnosti spoje. O významnosti předložených modelů, analýz a výsledků svědčí i početné citace, které reflektují potřebu řešení této problematiky v daném čase. Práci jako celek s ohledem na praktické využití výsledků považuju za velmi přínosnou pro oblast optických komunikací a komunikačních sítí.

6) Splnění podmínek samostatné tvůrčí vědecké práce – publikační výstupy doktoranda

Publikační činnost doktoranda je rozsáhlá. Kromě zmiňovaných 6 článků publikovaných v časopisech s impaktním faktorem, je autorem, nebo spoluautorem 4 konferenčních článků, které mají přímou souvislost s tématem disertační práce. Doktorand je také spoluautorem 3 impaktovaných článků a 4 konferenčních příspěvků indexovaných na Web of Knowledge, které přímo nesouvisí s disertační prací, ale věnují se také optickým komunikacím.

Podle databáze Web of Knowledge je h-index doktoranda 7, celkový počet citací je 115, bez autocitací je to 103.

Disertační práce bez pochyby splňuje podmínky pro samostatnou tvůrčí vědeckou práci.

7) Otázka k disertační práci

Jedním ze současných trendů v OWC je i Underwater Communication. Jaký přístup k návrhu optimálního optického spojení typu point-to-point byste zvolil? Jsou výstupy a poznatky z Vaší disertační práce dostatečně univerzální a aplikovatelné i na vodní prostředí? Uvažujte mořskou vodu v otevřeném oceánu s minimální turbulentní činností a vysokou čistotou bez znatelných známek fytoplanktonu.

8) Závěrečné zhodnocení

Posuzovanou disertaci považuji za velmi zdařilou, včetně práce s referencemi. K práci nemám prakticky žádné zásadní výhrady. Drobné nedostatky v textu práce neovlivňují kvalitativní stránku předložené práce. Vše podstatné je v textu vysvětleno, nebo je použitý vhodný odkaz na zdroj informací.

Jádro předložené disertační práce leží v 6 publikacích zveřejněných ve významných impaktovaných časopisech. Všechny z uvedených publikací považuji za velmi přínosné pro další rozvoj oblasti zabývajících se problematikou FSO a VLC, o čemž svědčí i řada citací těchto publikací.

Na základě výše uvedených skutečností předloženou disertační práci jednoznačně

doporučuji

k obhajobě.

V Brně 14. 8. 2020

doc. Ing. Lucie Hudcová, Ph.D.