Pozemní aplikace distribuované vláknové senzoriky

29.8.2025 - | CESNET

Proč optické vlákno?

V posledních letech se využití optických vláken stalo pro senzorické aplikace významným tématem, a to jak na prestižních akcích, jakou je například konference Optical Fiber Communication (OFC), tak také v publikacích z oblasti průmyslu a politiky, včetně dokumentů Evropské komise (EK) či Národní vědecké nadace (NSF).Tento článek se nezabývá detailním rozborem nejnovějších technologií ani využitím sofistikovanýchvlastností světla pro detekci změn v okolí optického vlákna nebo metodami založenými na umělé inteligenci. Neřeší ani medicínské či kontrolní aplikace optických senzorů.

Věnuje se naopak pozemnímu využití v telekomunikačních a datových sítích,konkrétně dvoum standardním technologiím, kterými jsou:

- **Distribuované akustické senzory (DAS)**: Technologie vycházející z principů dobře známého optického reflektometru v časové oblasti (OTDR), který si můžeme představit jako radar. Používá se dnes velmi často a představuje de facto standard. Její nevýhodou je však generování velkého objemu dat, obvykle v řádu terabajtů denně.
- **Stav polarizace (SoP)**: V prostředí Národních sítích pro výzkum a vzdělávání (NREN) jde možná o méně známou technologii, založenou na principu využívaném například u antireflexních slunečních brýlí nebo polarizačních filtrů pro objektivy fotoaparátů. Používá se méně často, produkuje však mnohem menší množství dat. Přesné zaměření poruchy ale není snadné.

Pozemní a podmořské aplikace

Datové optické sítě můžeme rozdělit na **pozemní** a **podmořské**. My se budeme věnovat těm prvním, tedy pozemním aplikacím a jejich uživatelům.Podmořské optické sítě a jejich využití pro senzoriku je na první pohled atraktivnější. Zahrnuje například akustické monitorování a záznam zpěvu velryb nebo řešení kritických incidentů, jako je přerušení kabelů a potenciální sabotáže, které se v posledních letech dostaly do centra pozornosti mezinárodní bezpečnosti.

Pozemní aplikace mohou působit méně efektně. Zpěv ptáků lze slyšet i bez drahých senzorů a monitoring je možné provádět pomocí dronů nebo elektrických čidel. Přesto mají **pozemní senzorové systémy zásadní výhodu**, protože dokážou průběžně sledovat vibrace i teplotní změny podél již existujících optických vláken a tím „zabezpečit vše“.

Distribuovaná vláknová senzorika pro pozemní aplikace a uživatele (DFS-TAU, akronym pro Distributed Fibre Sensing for Terrestrial Applications and Users)

Oblast zájmu / obor	Možné aplikace DFS	Potenciální skupiny uživatelů
Výzkum a vývoj	Experimenty, ověřování nových principů, prototypy	Akademické instituce, výzkumné laboratoře, průmyslový výzkum
Telekomunikace	Monitoring teploty, vibrací, stavu vláken a přenosových systémů; detekce narušení	ISP, národní výzkumné a vzdělávací sítě (NREN)

Oblast zájmu / obor	Možné aplikace DFS	Potenciální skupiny uživatelů
Stavebnictví, Smart Cities	Strukturální monitoring mostů, tunelů, budov a kritické infrastruktury	Vládní, civilní a vojenské agentury; stavební a údržbové společnosti
Energetika, voda, plyn	Detekce netěsností, sledování teploty, detekce narušení	Provozovatelé vodárenských, ropných a plynárenských soustav
Distribuce energie	Monitoring elektráren a rozvodných sítí; detekce narušení	Energetické společnosti

Případ použití DFS na ocelových kolech

Ačkoli je pod dálnicemi a železničními tratěmi uloženo mnoho optických vláken, aplikace DFS se obvykle nepoužívají ke kontrole jízdních řádů vlaků. V souladu se slavnou knihou „Tři muži ve člunu“ od Jerome Klapky Jerome si však dovolíme tvrdit, že jakýkoli nástroj, který přispívá k přesnosti odjezdů a příjezdů vlaků, je velmi užitečný, a to i v tomto století. DFS dokáže s vysokou přesností detekovat a zaznamenávat zatížení kol i rychlost projíždějících vlaků. Kromě toho může doplňovat stávající bezpečnostní systémy rozpoznáním směru pohybu, a tím pomoci předcházet například smrtelným vlakovým nehodám.

V říjnu 2024 byl DFS testován v testovacím centru Výzkumného ústavu železničním v rámci aktivit společnosti PROFiber Networking EU. Výsledky byly velmi slibné – systém úspěšně rozlišil průjezdy různých vlakových souprav. Použitá technologie vycházela z principů DAS a byla založena na **nízkonákladových koherentních laserech a elektronice**. Tuto variantu můžeme vnímat jako cenově dostupnější alternativu DAS, známou také jako **Distributed Vibration Sensing (DVS)**.

Zjednodušeně lze říci:

- **DVS** odpovídá nekoherentnímu přenosu s amplitudovou modulací,
- **DAS** je analogií k moderním vysokorychlostním přenosům využívající pokročilé modulační formáty a digitální zpracování signálu (DSP).

Další možnosti využití DFS v pozemních aplikacích jsou popsány v odborných studiích (viz odkazy 1–4).

Optické senzorové systémy pro pozemní aplikace sice nejsou tak známé jako ty podmořské, jejich potenciál je však velký. Některé skupiny uživatelů oceňují především schopnost systému vydávat výstrahy a detekovat narušení, jiné se zaměřují na analýzu a zpracování získaných dat. Tento obor se navíc rychle rozvíjí. Aktuální výzkum i výsledky prezentované na konferencích, včetně OFC 2025, se stále více zabývají aplikacemi pozemního snímání, jako je monitorování deformací silnic a železnic, detekce úniků kapalin a plynů či rozvoj konceptu inteligentních měst.

Optická vláknová senzorika by neměla být chápána jako úzce specializovaná disciplína nebo exkluzivní aplikace pro vybrané instituce. Stejně jako internet před několika desetiletími má optická vláknová senzorika potenciál stát se široce dostupným a výkonným nástrojem s dopadem napříč celou společností.

Článek byl připravený ve spolupráci s Janem Radilem ze sdružení CESNET a Chrisem Athertonem z GÉANTU.

https://www.cesnet.cz/novinky/pozemni-aplikace-distribuovane-vlaknove-senzoriky-277