

MONITOROVÁNÍ OPTICKÝCH TRAS AKADEMICKÉ POČÍTAČOVÉ SÍTĚ V BRNĚ

Ing. Vladimír Schindler

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Ústav telekomunikací, Purkyňova 118, 612 00 Brno, Česká republika

Email: xschin02@stud.feec.vutbr.cz

Článek se zaměřuje na principy monitorování a dohledu optických vláken a kabelů transmisí metodou a metodou OTDR, jež je použita v projektu „Akademická počítačová síť v Brně.“ Společně se na něm podílí Ústav výpočetní techniky Masarykovy univerzity a Centrum výpočetních a informačních služeb Vysokého učení technického v Brně.

1. ÚVOD

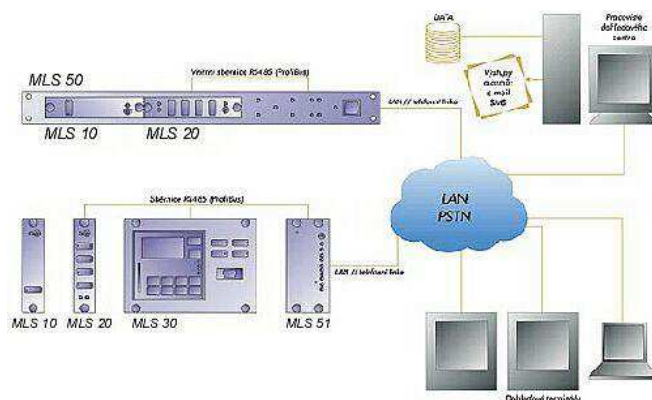
Od roku 1993 je ve výstavbě „Akademická počítačová síť v Brně“. Jedná se o vzájemné propojení brněnských středních a vysokých škol, důležitých státních institucí, ale i některých soukromých subjektů. Na tomto projektu se podílí Ústav výpočetní techniky Masarykovy univerzity a Centrum výpočetních a informačních služeb Vysokého učení technického v Brně. Přenosová rychlost se pohybuje v řádech jednotek až desítek gigabitů za sekundu. Aby bylo možné dosáhnout takto vysoké rychlosti a kvality přenosu, používají se jako přenosové médium optická vlákna. Vzhledem k expanzi akademické sítě a vzrůstajícím nárokům na kvalitu přenosu je nezbytné řešit aktuální problematiku monitorování a dohledu optických vláken a kabelů.

Tento článek se bude zabývat monitoringem optických vláken a kabelů a jeho použitím v reálném provozu. Bude zde popsán monitorovací linkový systém, který je založen na principu transmisí metody měření. Především však bude článek zaměřen na monitoring metodou OTDR, jež je součástí dohledových systémů RFTS (Remote Fiber Test System) firmy EXFO. Remote Fiber Test System, volně přeloženo jako vzdálený dohled optických vláken, byl popsán v technické specifikaci Bellcore již v roce 1995. Dohled optických tras systémem RFTS je založen na průběžné kontrole přenosových parametrů optických vláken. Oba dva systémy jsou nasazeny na sledování důležitých tras optické sítě.

2. MONITOROVACÍ LINKOVÝ SYSTÉM

Monitorovací linkový systém pracuje na principu transmisí metody (norma IEC 60 793-1-46), spočívající v trvalé kontrole úrovně pilotního signálu při průchodu optickým vláknem měřičem optického výkonu. Používá se pro kontrolu dálkových optických tras a kabelů v přístupové síti. Je možné jej aplikovat také při dohledu kabelů během výstavby telekomunikační sítě před nasazením přenosového systému. Systém detekuje a hlásí odchylky od

nastavené referenční hodnoty (IEC 60793-1C10A) a je zde zaručena ochrana přenášených dat a telekomunikačního provozu. Útlum je měřen kontinuálně a systém v reálném čase zaznamenává i rychlé útlumové změny, krátkodobé výpadky a přerušení řádů 0,1 s. Monitorovací linkový systém je rovněž schopen sledovat dlouhodobé změny útlumu vlákna. Měření jsou ukládána a zálohována v databázových souborech, které umožňují následné zpracování a statistiku. Přenosová trasa může být dohlížena prostřednictvím volného vlákna v kabelu, nebo je možné sledovat vlákno s provozem na jiné pilotní vlnové délce monitorovacího systému než je vlnová délka přenosového systému. Pro zavedení a vydělení těchto dvou vlnových délek do optického vlákna je použito spektrálně selektivních odbočnic (vlnových multiplexů). Obecné zapojení monitorovacího linkového systému je na obr. 1.



Obr. č. 1: Zapojení monitorovacího linkového systému

2.1. VÝHODY A PARAMETRY SYSTÉMU

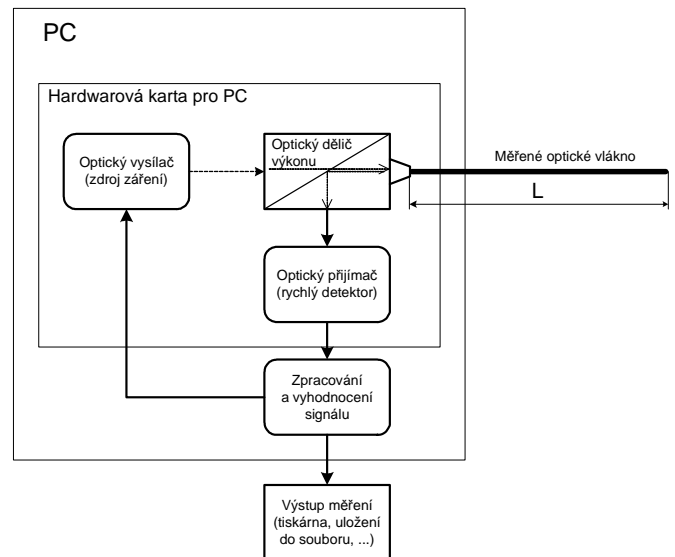
- Dohled volných i provozovaných vláken.
- Trvalá kontrola útlumu a continuity přenosové cesty.
- Schopnost zaznamenat velmi rychlé útlumové změny a přerušení.
- Dynamický rozsah až 55 dB (odpovídá cca 220 km trasy).

- Monitorovací vlnové délky 1310, 1550 nebo 1625 nm.
- Stavebnicový systém a provedení modulů s rozměry standardů LGX (Lucent Technologies) a průmyslových skříní 19" 1U nebo 3U.
- Zasílání poplachů ve formě e-mailů nebo textových zpráv na mobilní telefony.
- Administrace systému a přístup k informacím přes dohledové terminály standardními internetovými prohlížeči.

3. SYSTÉM RFTS

3.1. PRINCIP METODY OTDR

Metoda zpětného rozptylu, zvaná také optickou reflektometrií (Optical Time Domain Reflectometry), je metoda založená na měření optického výkonu, který je rozptýlen (Rayleighův rozptyl) v různých bodech vlákna zpět ke vstupnímu čelu vlákna. Z podstaty vyplývá, že touto metodou je možné měřit útlum vlákna, analyzovat útlum jak v celé délce, tak i v jednotlivých úsecích, zjišťovat podélnou homogenitu vlákna, útlum svárů a konektorů, délku vlákna a zároveň i lokalizovat poruchy. OTDR se používá rovněž ke zjišťování optické kontinuity trasy. Případné Fresnelovy odrazy na bodové poruše nebo na koncích vlákna jsou z hlediska měření útlumu nežádoucím jevem, ale jsou vhodné pro měření délky a lokalizaci poruch. Fresnelův odraz nastává při dopadu optického záření na rozhraní dvou prostředí s různým indexem lomu. Taková situace nastane v každém optickém konektoru nebo mechanické spojení a může se objevit i ve svařované spojení. Pro využití OTDR v technické praxi existuje v současné době řada různých dokonalých měřicích přístrojů. Obecné blokové schéma metody je na obr. 2.



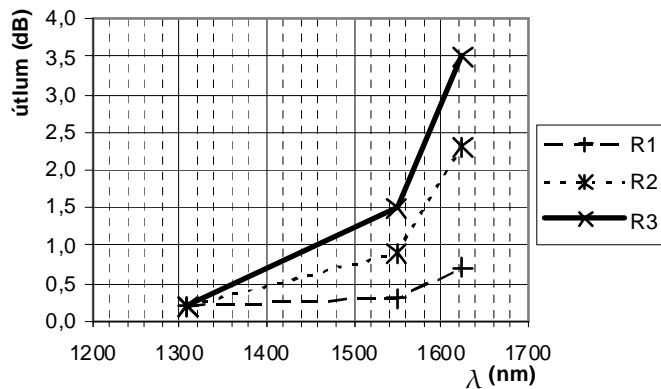
Obr. č. 2: Obecné blokové schéma metody OTDR

3.2. ZÁSADY MONITOROVÁNÍ REFLEKTOMETRICKOU METODOU

Vlnová délka pro monitorování odpovídá pracovním vlnovým délkám dohlíženého vlákna. Jednovidová vlákna se proto monitorují na vlnových délkách v oblasti 1310 nm a 1550 nm. Čím vyšší je vlnová délka záření, tím více jsou vlákna, resp. kabel citlivé na mikroohyby a makroohyby. Vyplývá to ze spektrální závislosti radiačních ztrát (ztráty se zvyšují s rostoucí vlnovou délkou záření). Pro vyšší vlnové délky se zvětšuje průměr vidového pole. Pole vyšší vlnové délky zasahuje více do oblasti pláště, a proto záření může být snadněji vyvázáno vlivem mikroohybů a makroohybů z vlákna ven. Znamená to, že shodný ohyb se na vyšší vlnové délce projeví jako vyšší útlum.

Z výše uvedených zásad vyplývá, že pro monitorování jednovidových vláken je nejvhodnější vlnová délka téměř na samém okraji okna 1550 nm, přesněji řečeno vlnová délka 1625 nm.

Citlivost vlákna na ohyby je rovněž závislá na konstrukci vlákna, jinými slovy na tom, jaké je rozložení energie v příčném profilu vlákna. Více náchylná k ohybovým ztrátám jsou proto například vlákna s přizpůsobeným profilem indexu lomu (Matched Clad) - než vlákna s vnořeným profilem indexu lomu (Depressed Clad). Z obr. 3. je patrné, že útlum vlákna s rostoucí vlnovou délkou roste tím rychleji, čím je poloměr ohybu menší. $R1 > R2 > R3$.



Obr. č. 3: Závislost ohybových ztrát na vlnové délce

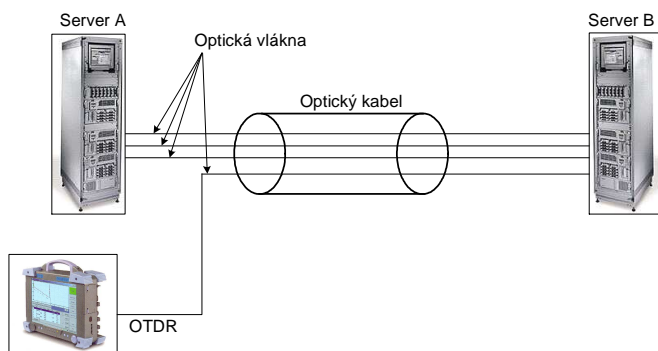
3.3. ZPŮSOB MONITOROVÁNÍ OPTICKÝCH VLÁKEN

Pokud chceme monitorovat přenosovou trasu, musíme se rozhodnout mezi dvěma metodami dohledu, z nichž každá má svoje klady a zápory.

3.3.1. DOHLED VOLNÝCH VLÁKEN

Protože při dohledu volných vláken je monitorovací systém nasazen na vláknech bez provozu, může tento způsob dohledu postihnout pouze ty změny na kabelové trase, které se dostatečně projeví i na charakteristice dohlíženého vlákna. Proto poruchy jednotlivého vlákna, které se projeví pouze na vlákne s provozem a nikoliv na volném vlákne, nemohou být tímto způsobem postihnuty. Protože však většina poruch na trase postihuje plný profil kabelu (hrubé deformace, přetržení kabelu, atd.), je nasazení tohoto systému vítaným pomocníkem při servisu sítě (zaměří přibližně 85 % případů přerušeni provozu). Schéma metody je znázorněno na obr. 4.

Nezanedbatelný je rovněž i fakt, že náklady na dohled volných vláken v kabelu jsou menší než u dohledu vláken s provozem, tzv. živých vláken.



Obr. č. 4: Zapojení dohledu volných vláken

3.3.2. DOHLED VLÁKEN S PROVOZEM

Monitorování vláken s telekomunikačním provozem poskytuje oproti dohledu volných vláken vyšší bezpečnost sítě. Mezi hlavní výhody monitorování živých vláken patří:

- Sledování postupných degradací vlákna, tzn. dohled skutečné, fyzické přenosové cesty
- Podchycení degradace přenosové cesty dříve, než degradaci zaznamená dohled přenosového systému SDH.
- Detekce nežádoucího vyvazování signálu z vlákna, tj. např. ochrana proti odposlechu provozu.

Jak již bylo uvedeno dříve, dohledový systém RFTS dokáže dříve a citlivěji postihnout zhoršení útlumové charakteristiky přenosové cesty než dohledový systém přenosového zařízení SDH (Synchronní Digitální Hierarchie). Je tomu zejména ze dvou důvodů.

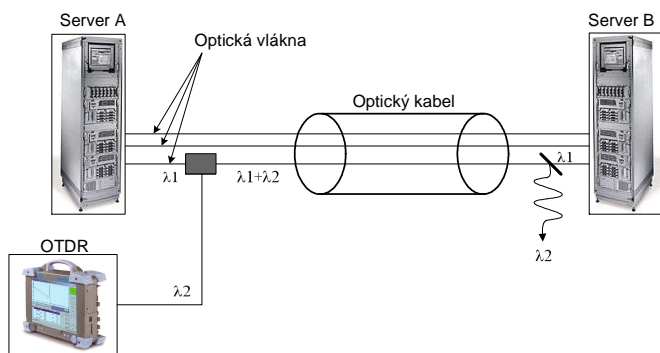
Práh detekce dohledového systému RFTS je cca 0,2 dB zatímco dohled SDH zařízení reaguje na změny cca 3 dB a více.

Pro monitorování živých vláken je pro monitoring využita vyšší vlnová délka než je vlnová délka přenosového systému. Dosáhne se tím větší citlivosti dohledu na ohyby a mechanické deformace vláken. Obvyklé je proto při přenosu na 1310 nm monitorovat na 1550 nm a při přenosu na 1550 nm monitorovat na 1625 nm.

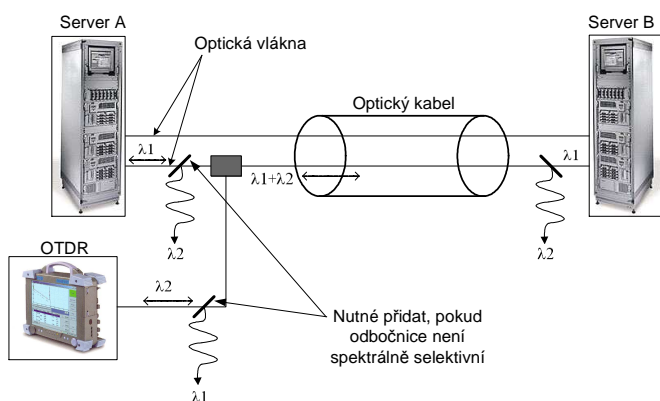
Při dohledu živých vláken je monitorovací signál sloučen na straně vysílače s přenášeným optickým signálem pomocí spektrálně selektivních součástek (multiplexorů, filtrů). Na straně přijímače je pak monitorovací signál odfiltrován, aby nedošlo k ovlivnění signálu na přijímači a zhoršení chybovosti přenosu.

Na obr. 5. je ukázán dohled na vlákne s provozem. Je zde využita WDM odbočnice, která rozděljuje a slučuje provozní a dohledovou vlnovou délku.

Na obr. 6. vidíme zapojení s odbočnicí, která není spektrálně selektivní a proto je zde nutné použít spektrálně selektivní filtry.



Obr. č. 5: Zapojení se spektrálním multiplexorem



Obr. č. 6: Zapojení s odbočnicí 1x2 a spektrálními filtry

3.4. EXFO FTB-400

Základní jednotka Univerzálního měřicího systému FTB-400 (obr. 7) je moderní platformou vyhovující nejnáročnějším požadavkům jak při instalaci a údržbě optických vláken a kabelů tak i při měření parametrů signálů systému DWDM (Dense Wavelength Division Multiplex – hustý optický vlnový multiplex). Základní jednotka může být konfigurována pro umístění dvou modulů shodných s přístroji nebo pro umístění sedmi modulů pro různé speciální měřicí aplikace.

Dvoumodulové provedení umožňuje kombinovat například moduly optického reflektometru s moduly přímé metody a vytvořit tak efektivní měřicí systém pro instalaci, závěrečná měření a údržbu optických kabelů. Sedmimodulové provedení lze využít pro měření jak základních útlumových parametrů vláken tak i dalších parametrů například PMD (Polarization Mode Dispersion – polarizační vidová disperze), parametry signálů DWDM (optický spektrální analyzátor, měřiče vlnových délek) a dále také pro automatizovaná měření kabelů s velkým počtem vláken nebo s páskovými vlákny (ribbony).

Dotykový displej a robustní provedení zaručuje možnost monitorování i za nepříznivých podmínek v terénu. Přenosnost a nízká hmotnost jej předurčuje k použití v terénu, ale dokáže se uplatnit i jako samostatný trvalý dohledový systém.

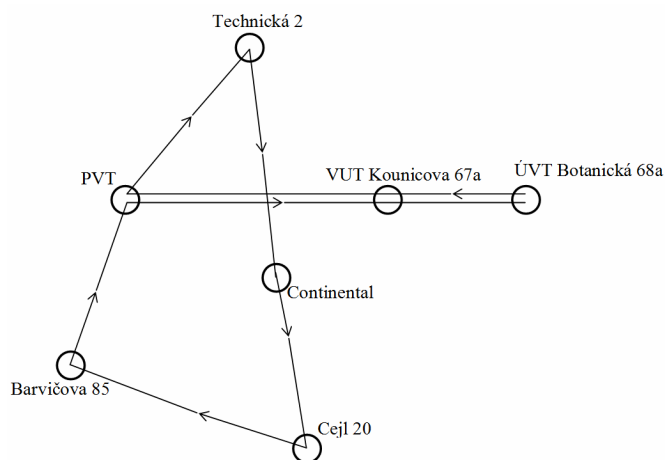


Obr. č. 7: FTB-400 s optickými přepínači FTB-9100

4. MONITOROVÁNÍ OPTICKÝCH TRAS

Monitorování optických tras se provádí především při jejich budování, aby byly zaručeny parametry i po její dostavbě. Další neméně důležité měření musí být provedeno před samotným spuštěním provozu na optické trase. Toto měření se většinou provádí z obou konců trasy metodou OTDR a dokáže odhalit místa, kde jsou na konektorech zvýšené odrazy a předejít tak budoucím problémům při provozu.

V projektu Akademické počítačové sítě v Brně je v současné době trvale monitorována z důvodu omezených finančních prostředků pouze jedna optická trasa. Pomocí obou výše popsaných metod je nepřetržitě sledována optická trasa o celkové délce cca 26,5 km zobrazená na obr. 7.



Obr. č. 7: Schéma monitorované trasy

Monitorovaná optická trasa prochází sedmi uzly. Začíná a končí na počítačovém sále Ústavu výpočetní techniky na ulici Botanická 68a, kde je připojena na Monitorovací linkový systém. Jednotka MLS 10 pracuje jako zdroj optického záření vlnové délky 1550nm, které je vysláno do optického vlákna, jenž vede celou trasu podél vlákna, na kterém je vlastní provoz. Jedná se tak o monitoring volného vlákna. Na konci je záření zachyceno v optickém přijímači MLS 20. pomocí komunikační a řídicí jednotky MLS 50A jsou nastaveny limitní hodnoty útlumu. Pokud se útlum dostane mimo limitní hodnoty, vygeneruje řídicí jednotka zprávu o alarmu, kterou pomocí GSM brány rozešle jako SMS pověřeným pracovníkům. Zároveň přepne optický switch MLS 90 na měření pomocí FTB 400 a dá reflektometru pokyn, aby provedl měření. Naměřené hodnoty reflektometrem jsou uloženy a připraveny k dalšímu posouzení pověřenými pracovníky.

5. ZÁVĚR

Článek se zaměřil na seznámení čtenáře s metodami monitoringu optických vláken a kabelů. Byla v něm představena transmisní metoda dohledu, která díky nižší ceně představuje základní model dohledu optické sítě. Dále byla v článku popsána reflektometrická metoda měření, která je v současné době představuje nejpřesnější model měření parametrů optických vláken. Také byl představen nejvíce používaný optický reflektometr EXFO FTB-400. Vzhledem k tomu, že se přenosové rychlosti přenášené optickými vlákny neustále zvyšují, je nutné zajistit, aby i přenosové médium včetně všech spojek a konektorů mělo správné parametry.

Článek také popsal reálné zapojení dohledových systémů při sledování konkrétní optické trasy v Akademické počítačové síti v Brně.

LITERATURA

- [1] SCHINDLER, V. *Systém dohledu optických vláken*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2004. 58 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miloslav Filka CSc.
- [2] SCHINDLER, V. *Dohled optických vláken a kabelů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2003. 40 s. Vedoucí ročníkového projektu 2 doc. Ing. Miloslav Filka CSc.

- [3] DAVID, I., KUCHARSKI, M., BLAŽEK, V., *Monitorování optické kabelové trasy*. In. Měření a údržba sdělovacích kabelů XXXII. DT
- [4] FILKA, M., *Přenosová média*. Skripta Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2003.
- [5] User Guide FTB-400.
<http://exfo.com/en/index.aspx>