

# Klasické a nové metódy prepojovania optických zhlukov v optických sieťach WDM

Miroslav Bahleda

## Úvod

S vývojom rôznych aplikácií neustále rastie aj potreba prenosu rôznych informácií rozličných veľkostí s vysokou spoľahlivosťou a kvalitou. Pozornosť dnes púta WDM (vlnovo delený multiplex), tzn. optické prenosové siete umožňujúce prenos rádov desiatky TB/s. Vlnovo delený multiplex umožňuje jedným a tým istým optickým vláknom prenos viacerých signálov, pričom každý signál je namodulovaný na inú nosnú (vlnovú dĺžku). Obrovskou výhodou je, že signál každej nosnej optickej môže byť prenášaný inou rýchlosťou a môže mať inú moduláciu, pretože jednotlivé nosné dĺžky nie sú od seba závislé.

V tomto článku sa budeme zaoberať novou metódou spínania, ktorá sa nazýva Just-In-Time (JIT) prepojovanie optických zhlukov dát (Optical Burst Switching OBS). Táto metóda prepojovania je určená práve pre optické siete WDM a je založená na princípe rezervovania spínača. K jej charakteristickým vlastnostiam patrí pomerne jednoduchá realizácia, jednoduchá technická implementácia a vysoká výkonnosť. Metóda je určená pre vysokorýchlostné optické siete s veľmi nízkou dobou oneskorenia.

## 1. Metódy prepojovania

V optických sieťach môžeme signál prepájať v spínačoch dvomi spôsobmi. V prvej – elektrickej podobe sa optický signál v spínači konvertuje na elektrický (O/E), spínanie sa uskutoční v elektrickej podobe, a tento signál sa potom spätne prevedie na optický (E/O). Druhou možnosťou je, že sa spínanie uskutoční len v optickej podobe. V tomto prípade hovoríme o plne optických sieťach. To znamená, že prenášané dáta zo zdroja k cieľu sú prenášané iba v optickej oblasti. Metóda prepojovania optických zhlukov (OBS) je určená práve pre plne optické siete. Vo všeobecnosti môžu byť signály prepojené v:

- priestore,
- v čase,
- vo frekvenčnej (resp. vlnovej) oblasti.

Vzájomná komunikácia medzi dvomi uzlami vo všeobecnosti môže byť uskutočnená na základe prepojovania:

- okruhov (kanálov),
- paketov.

To znamená, že prepojovanie okruhov môže byť uskutočnené v priestore, v čase alebo vo frekvencii. Rovnako aj prepojovanie paketov môže byť uskutočnené v priestore, v čase a vo frekvencii.

### 1.1 Prepojovanie kanálov

Pri optickom prepojení kanálov, tento kanál je stále obsadený počas celého spojenia. V tomto prípade rozlišujeme fázu zostavenia spojenia, fázu prenosu dát, a fázu uvoľnenia spojenia. Po vytvorení spojenia je celá prenosová kapacita kanála poskytovaná na prenos správy. Prenosová kapacita po vytvorení spojenia nie je závislá od zafarbenia siete. Prenosová cesta je zostavená pred sa-

motným prenosom optických dátových zhlukov. Signalizácia je zvyčajne prenášaná samostatným kanálom. Takúto signalizáciu nazývame mimopásmovou signalizáciou.

Zdrojová stanica, ktorá má dáta na prenos, inicializuje mimopásmovú signalizáciu samostatným kanálom v záujme určenia prenosovej cesty, pridelenia jednotlivých vlnových dĺžok na úsekoch prenosovej cesty a nastavenia spínačov. Keď je prenosová cesta zostavená, potom môžu byť jednotlivé dátové zhluky prenášané od zdrojovej stanice k cieľovej stanici. V tomto prípade je významný čas zostavenia cesty. Doba zostavenia spojenia pre optické dátové zhluky rastie so zvyšovaním počtu úsekov (resp. s počtom spínačov). Doba spojenia je závislá od zafarbenia siete.

V prípade, že nie je voľná vlnová dĺžka na výstupe ktoréhokoľvek uzla, potom je požiadavka na toto volanie odmietnutá a následne stratená. Uvedený uzol však o tom vyšle správu k zdrojovému uzlu. V tomto prípade prepojovania existuje spätná väzba.

### 1.2 Prepojovanie paketov

Pri metóde prepojovania paketov je správa rozdelená na niekoľko paketov. Každý z týchto paketov má rovnakú dĺžku a obsahuje riadiaci údaj (záhlavie) a užitočnú informáciu. Riadiaca informácia musí obsahovať adresu cieľa. V prípade prepojovania paketov odlišujeme dva možné spôsoby prenosu. Ak sú všetky pakety tej istej správy prenášané tou istou prenosovou cestou, hovoríme o obsluhu paketov virtuálnym kanálom, resp. o prenose s logickým spojením. Ak sú pakety tej istej správy prenášané rôznymi cestami, hovoríme o prenose bez virtuálneho kanála, resp. o prenose bez logického spojenia (alebo aj o datagramovej prevádzke).

Pri optickom prepojení paketov riadiaca informácia je spojená s prenosom užitočných dát a táto informácia tvorí záhlavie paketu. V každom uzle je záhlavie paketu oddelené od dátového zhluku v záujme určenia výstupu v danom uzle. Na určenie ďalšieho úseku smerom k cieľovej stanici sa používa smerovací protokol a protokol pridelenia vlnovej dĺžky pozdĺž fyzickej prenosovej cesty. Riadiaci obvod spínača WDM nastaví spínač do požadovaného smeru a zároveň pridelí výstupnú vlnovú dĺžku pre ďalší úsek prenosu (vlnová konverzia). Počas tohto obdobia procesu musí byť dátový zhluk uložený v pamäti.

Ak nie je možné dosiahnuť v ľubovoľnom uzle výstup, údaje sú uvoľnené a následne stratené. O tom, že dáta sú odmietnuté, daný uzol neinformuje zdrojovú stanicu. Ide teda o prenos bez spätného potvrdzovania.

### 1.3 Optické prepojovanie dátových zhlukov Just-in-Time

Prepojovanie optických dátových zhlukov (OBS) spôsobom Just-in-Time (JIT) je metóda, ktorá sa využíva na prepojovanie optických zhlukov dát. Prepojovanie zhlukov ako protiklad k prepojení okruhov či paketov naznačuje, že sieť umožňuje prepojenie dát variabilnej veľkosti dĺžky. Signalizácia just-in-time znamená, že signalizačné správy sú posielané veľmi tesne pred



samotnými zhlukmi dát. Táto signalizácia je mimopásmová, čo znamená, že signalizačné správy a optické dátové zhluky sú prenášané samostatnými kanálmi. Signalizačné správy každého dátového zhluku podstupujú elektro-optickú konverziu v každom uzle. Avšak optické dátové zhluky prechádzajú od zdroja až do cieľa stále transparentne (len v optickej podobe).

Táto metóda prepojovania kombinuje vhodné vlastnosti metódy prepojovania kanálov a metódy prepojovania paketov, to znamená mimopásmovú signalizáciu (oddelený riadiaci kanál od dátových kanálov) a explicitnú spätnú väzbu potvrdzovaním. Tento spôsob prepojovania je navrhnutý pre veľmi nízko oneskorený simplexný prenos optických dátových zhlukov cez optické siete WDM.

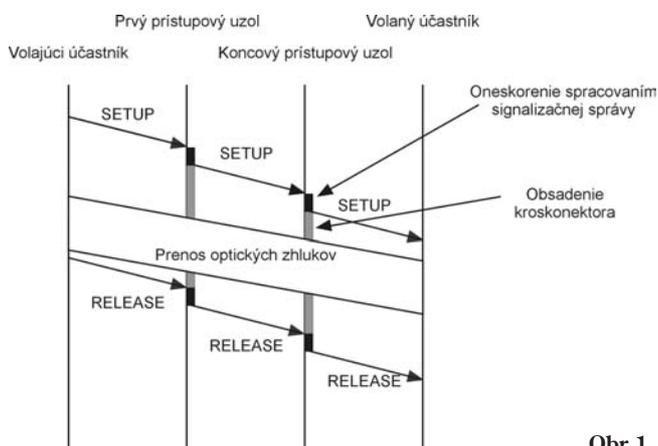
Hlavným rozdielom medzi metódou prepojovania optických zhlukov dát a metódou prepojovania kanálov je, že v prípade prepojovania kanálov, je tento kanál stále obsadený počas spojenia, aj keď sa po ňom práve neprenášajú informácie. Rozdiel medzi prepojením optických zhlukov a prepojením paketov je, že signalizačná správa je oddelená od užitočných dát. To znamená, že pri prepojení zhlukov sa využíva mimopásmová signalizácia samostatným kanálom, kedy signalizačná správa a užitočné dáta sú prenášané rôznymi kanálmi, resp. rôznymi prenosovými cestami. Signalizačná správa je odoslaná tesne pred užitočnými dátami, pričom jej hlavnou úlohou je zostaviť spojenie na prenos týchto dát. Prenos signalizačných správ si vyžaduje optoelektronickú konverziu v každom uzle, pretože z danej signalizačnej správy uzol zisťuje požiadavky na určenie smeru a nastavenie spínača, na rozdiel od optických dát, ktoré prechádzajú sieťou transparentne.

Táto metóda spojovania je navrhnutá pre vysokorychlostné siete s veľmi malým oneskorením. Pri tejto metóde na rozdiel od metódy prepojovania paketov nie sú potrebné vyrovnávacie pamäte v každom uzle, kde sa ukladá informácia počas spracovania signalizácie. Spínače sú konfigurované len na veľmi krátky čas, potrebný akurát na prenos optického zhluku. Ďalším rozdielom v porovnaní s metódou prepojovania paketov je, že táto metóda umožňuje prenos širšieho rozsahu dĺžky zhluku od veľmi krátkych paketov až po veľmi dlhé (čo je v podstate prepojovanie kanálov).

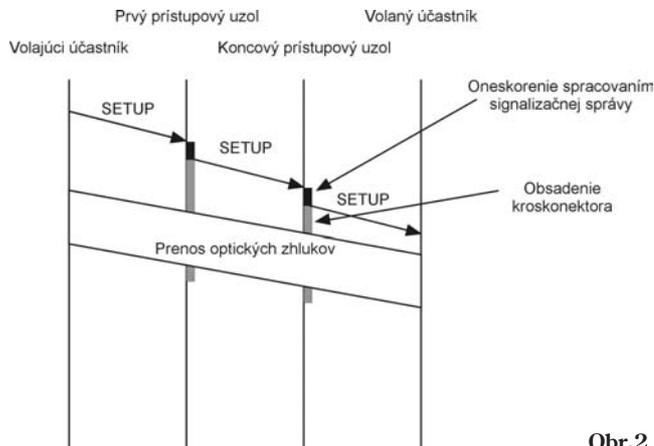
V prípade že nie je možné vybudovať spojovaciu cestu, pretože nie sú v ľubovoľnou uzle voľné prostriedky, prichádzajúca požiadavka je odmietnutá. Daný uzol informuje zdrojovú stanicu odoslaním signalizačnej správy.

### 3. Signalizačná architektúra JIT

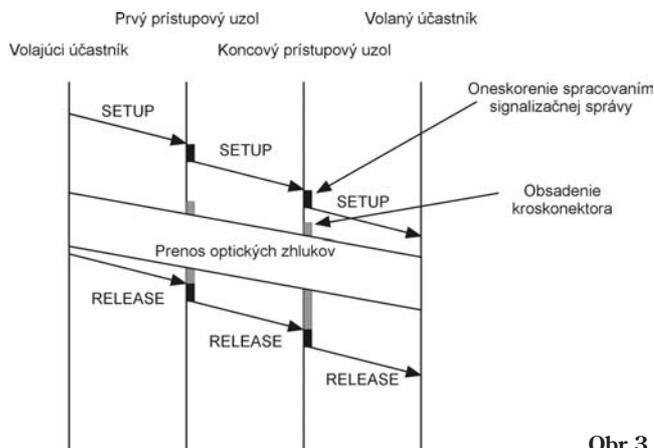
Optické prepojovanie zhlukov JIT je charakterizované tým, že signalizačné správy sú poslané tesne pred prenosom dát, aby zostavili spojenie pre prenos týchto zhlukov. Základom tejto metódy je eliminácia, resp. minimalizácia čakacej doby potrebnej na vybavenie v uzle. Spínacie elementy sú v spínači nastavené tesne pred prichádzajúcim zhlukom, ihneď po prijatí prvej signalizačnej správy. Na základe návrhu eliminácie tohto času rozoznávame rozdielne návrhy:



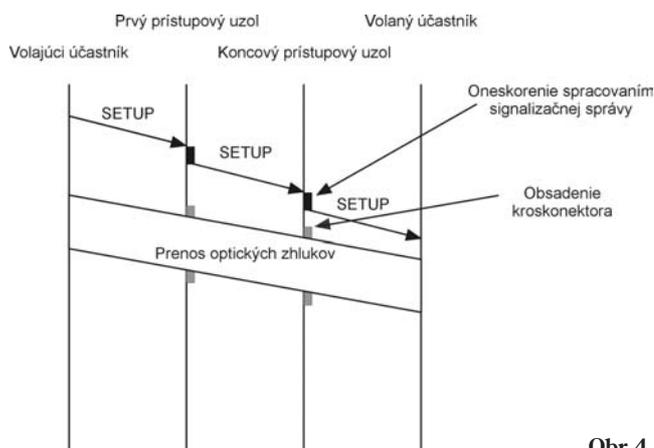
Obr.1



Obr.2



Obr.3



Obr.4

Explicitné zostavenie spojenia a explicitný rozpad spojenia. Spínacie elementy spínača sú nastavené ihneď po prijatí signalizačnej správy setup, rozpad spojenia. Uvoľnenie spínača sa uskutočňuje až po prijatí správy release (obr. 1).

Explicitné zostavenie a odhadovaný rozpad spojenia. Správa setup nesie informáciu o trvaní zhluku. Týmto spôsobom je spínaču určené, kedy má dôjsť k jeho uvoľneniu, takže nie je potrebné prenášať správu release (obr. 2).

Odhadované zostavenie a presný rozpad. Tento spôsob je presným opakom predošlého spôsobu. Zostavenie spojenia sa neuskutočňuje ihneď po prijatí správy setup, ale odhadne sa podľa toho, ako dlho bude trvať vybudovanie spojenia. Na ukončenie spojenia je potrebné poslať správu release (obr. 3).

Odhadované zostavenie spojenia a odhadovaný rozpad spojenia. Začiatok aj koniec zhluku sú predikované na základe informácií obsiahnutých v signalizačnej správe setup (obr. 4).

Z obrázkov je zrejme, že jednotlivé metódy sa navzájom líšia dobou obsadenia spínača pri prenose toho istého zhluku optických dát.



Najkratšie obsadenie spínača dosahuje posledný návrh, keď sa odhaduje čas zostavenia a aj ukončenia spojenia. Je to tiež preto, že v signalizačnej správe je už informácia o odhadovanom čase spojenia a aj o dĺžke trvania zhluku.

### Záver

Klasické metódy prepojovania, ktoré bežne poznáme, dnes už nevyhovujú rastúcemu trendu prenosu informácií prostredníctvom optických médií. Čoraz viac sa sústreďuje pozornosť na nové progresívne návrhy. Jedným z takýchto návrhov je aj metóda prepojovania optických zhlukov, ktorá bude mať zrejme uplatnenie. Je totiž vhodná pre prenos s veľkými rýchlosťami, ktoré bežné optické vlákna dnes dosahujú a pre veľmi malé oneskorenie. Touto metódou sa zaoberajú viaceré výskumné strediská, predovšetkým v USA. Simulácie v reálnych sieťach dokázali, že táto metóda je vysoko výkonná, výkonnejšia ako prepojovanie kanálov či prepojovanie paketov.

### Literatúra

- [1] WEI, J. Y., PASTOR, J. L., RAMAMURTHY, R. S. AND TSAI, Y.: „Just-in-Time Optical Burst Switching For Multiwavelength Networks“.
- [2] ROUSKAS, R. N., PERROS, H. G., STEVENSON, D.: „A just-in-Time Signaling Architecture for WDM Burst-Switched Networks“. IEEE Communication Mag., February 2002.
- [3] BLUNÁR, K., DIVIŠ, Z.: „Telekomunikačné siete. Part I, Žilinská univerzita v Žiline. Vydavateľstvo ŽU, december 2000.

**Ing. Miroslav Bahleda**

**Žilinská univerzita  
Veľký diel, 010 01 Žilina**