

Arnošt Dudek, Zdeněk Vomočil

## DIAGNOSTIKA V DATOVÉ SÍTI JSPD

Klíčová slova: *Protokol X.25, Protokol Frame Relay, IP(Internet Protocol), bloková chybovost, bitová chybovost(BER-bit error rate)*

### ÚVOD

Jednotný systém přenosu dat (JSPD) Českých drah se skládá z datové sítě, dálkopisné sítě a ze systému elektronické pošty. Každá z uvedených částí má vlastní diagnostický systém. Diagnostika sítě je nástrojem, který minimalizuje dopad mimořádností v síti na koncového uživatele. Pod pojmem diagnostika v datové síti JSPD budeme chápat diagnostiku všech zařízení, která tvoří datovou síť, tzn. uzlů datové sítě a přenosových zařízení (modemů). Pojem uzel datové sítě bude dále dělen na uzel X.25, používající protokol X.25, popř. Frame Relay nebo oba najednou a směrovač (router), který umožňuje přenos více různých protokolů technikou „vnořování“ (encapsulation).

---

**Ing. Arnošt Dudek**, nar.1958. Absolvent Elektrotechnické fakulty ČVUT, obor automatizované systémy řízení. Systémový specialista ČD-DDC pro datové a dálkopisné sítě a systémy elektronické pošty podle doporučení ITU-T X.400.

**Ing. Zdeněk Vomočil**, nar.1958. Absolvent Elektrotechnické fakulty ČVUT, obor radioelektronické přístroje a zařízení. V DDC vedoucí dohledu a servisu jednotné sítě přenosu dat ČD.

Protokol je dohodnutý soubor pravidel a procedur pro řízení výměny dat mezi uživateli sítě. Definuje jak strukturu jednotlivých bloků, tak i stavové diagramy přechodů.

#### **DATOVÁ SÍŤ ČD**

Datová síť byla budována od roku 1989 jako síť s protokoly X.25 a X.3 (X.28, X.29) podle doporučení ITU-T (dříve CCITT). Rychlé rozšíření protokolů TCP/IP podle doporučení RFC u uživatelů, ke kterému došlo v posledních letech v souvislosti s nárůstem počtu lokálních sítí (LAN), vznik nového protokolu Frame Relay pro spolehlivé telekomunikační linky a orientace ČD na ekonomický systém SAP R/3, který používá standardně pro komunikaci protokoly TCP/IP, vedlo k rozšíření počtu protokolů, používaných v datové síti ČD.

V případě protokolu Frame Relay bylo možné doplnit protokol pouhou změnou konfigurace programového vybavení v používaných uzlech X.25. Zavedení protokolů TCP/IP si vyžádalo doplnění sítě směrovači (routery).

Vyhodnocování diagnostických údajů z jednotlivých zařízení je nemyslitelné bez existence řídicího střediska sítě, vybaveného výkonnými počítači. Počet diagnostikovaných prvků, připadajících na jedno řídicí středisko je však omezen, a to jak technicky výkonností počítače, tak schopnostmi obsluhy. Doporučovaný počet diagnostikovaných prvků se pohybuje v rozsahu 60 až 100 na jedno řídicí pracoviště. Po zahájení provozu datové sítě ČD bylo zřízeno pouze jedno řídicí středisko v Praze. V souvislosti se zvětšováním počtu diagnostikovaných prvků sítě vznikla od roku 1993 dvě další dohledová pracoviště, Olomouc a Plzeň. V roce 1996 vzniklo nově dohledové pracoviště v Pardubicích. Každé dohledové pracoviště má ve svém regionu podřízeny technické servisy, které provádějí na základě zjištěných diagnostických údajů údržbu všech účastnických přípojí vycházejících z uzlů datové sítě v jejich obvodu. Vzhledem k předpokládanému růstu počtu

zařízení mají být zřízeny další technické servisy a není vyloučeno ani vybudování nových dohledových pracovišť.

#### **POROVNÁNÍ PROTOKOLŮ X.25, FR A IP Z HLEDISKA DIAGNOSTIKY**

Každý z protokolů použitých v síti má jiné vlastnosti. Z hlediska sedmivrstvého modelu OSI je nutné si uvědomit, že protokoly X.25 a IP patří do třetí, tedy síťové vrstvy, protokol Frame Relay do druhé, tedy linkové vrstvy. Přiřazení protokolů k jednotlivým vrstvám je znázorněno v tabulce 1.

protokol ITU-T	vrstva	protokol CP/IP
	čtvrtá- transportní	TCP
X.25, X.75	třetí - síťová	IP
HDLc LAP-B (X.25) Frame Relay	druhá - linková	PPP, SLIP
G.703,V.24, V.35, X.21,	první - fyzická	G.703,V.24, V.35, X.21,

Tab.1 Protokoly jednotlivých vrstev

Dalším důležitým kritériem je pak rozlišení na spojované a nespojované protokoly. Z tohoto hlediska je pak:

- X.25 protokol spojovaný (přenos dat virtuálním kanálem v trase vytvořené při navazování spojení) s detekcí a korekcí chyb a řízením datového toku,
- IP protokol nespojovaný (každý směrovač v cestě rozhoduje o nejvhodnějším dalším směru) bez korekce chyb a řízení datového toku. Detekce chyby se u IP protokolu provádí pouze v hlavičce paketu a zabezpečení užitečných dat se ponechává až na protokolu TCP, tedy protokolu čtvrté vrstvy,
- Frame Relay protokol spojovaný s detekcí chyb. Korekce chyb se opět přenechává protokolům vyšších vrstev.

Nejde -li o protokol s korekcí chyb, přijaté rámce nebo pakety s chybným kontrolním součtem se zahazují.

Na úrovni druhé (linkové) vrstvy se používá:

- v síti X.25 protokol HDLC LAP-B, který je protokolem s detekcí a korekcí chyb,
- v síti IP protokol PPP nebo SLIP, který je protokolem s detekcí chyb.

Každý z protokolů představuje diametrálně odlišnou filosofii pokud jde o diagnostiku poruch z hlediska uživatele.

V případě X.25 a Frame Relay se předpokládá, že za diagnostiku chyb a jejich odstraňování odpovídá provozovatel sítě. Do řídicího střediska provozovatele sítě se přenášejí informace o všech mimořádných stavech. Koncový uživatel nemá možnost tato data běžným způsobem získat.

V případě IP sítě má koncový uživatel k dispozici standardní diagnostické prostředky ve formě programů, které mu umožňují zjistit stav sítě - průchodnost jednotlivých zařízení sítě (traceroute, ping). Bohužel má tento způsob diagnostiky ze strany uživatele negativní dopad na zátěž sítě, a proto se v době rutinního provozu sítě nedoporučuje používat. V případě X.25 sítě se počet chybně přenesených dat zjišťuje na užitečné zátěži. Užitečná zátěž jsou data obsahující informaci, která má pro uživatele významem a za kterou v případě placených služeb sítě platí. Standardní diagnostické prostředky v IP síti generují do sítě pakety libovolně definované délky, které však neobsahují žádná významná data z hlediska uživatele. V praxi tak může dojít k případu, že při přetížení některé linky v síti, které způsobí zpomalení odezvy u koncového uživatele, začne koncový uživatel testovat propustnost a dobu odezvy sítě a celou situaci tím ještě zhorší. I když koncový uživatel zjistí uvedenými nástroji problém s komunikací, nemá prakticky možnost vyvolat nápravu. IP síť byla totiž koncipována jako síť bez provozovatele s libovolnou možností komunikace mezi jednotlivými uživateli. Privátní forma této sítě (tzv. Intranet) je teprve ve stadiu zrodu. Privátní forma IP sítě se zavádí v současné době u ČD s přesně určeným provozovatelem a odpovídajícími diagnostickými nástroji.

## DIAGNOSTIKA CHYBOVOSTI LINEK

Při vyhodnocování chybovosti se používají pojmy bitová a bloková chybovost.

Bitová chybovost (BER - bit error rate) je definována jako poměr chybně přijatých bitů k celkovému počtu přijatých bitů. Chybný příjem bitu může být způsoben buď rušením na lince nebo chybou zařízení, připojeného k lince. Chybně přijaté bity se mohou vyskytovat náhodně nebo ve shlucích. Bitová chybovost se pohybuje u velmi kvalitních digitálních linek v hodnotách  $10^{-10}$  až  $10^{-8}$ . V praxi to tedy znamená jeden chybně přijatý bit na 10 až 0,1 miliard přenesených bitů. Bitová chybovost analogových linek používaných u ČD se pohybuje v rozsahu  $10^{-6}$  až  $10^{-4}$ , tedy jeden chybně přijatý bit na milión až 10 tisíc přenesených bitů.

Bitovou chybovost lze přímo měřit speciálními měřicími přístroji, tzv. testery. Vyhodnocení se provádí pro analogové linky podle doporučení ITU-T M.1020 a M.1025, pro digitální linky podle doporučení ITU-T G.821.

Vzhledem k tomu, že se při použití protokolů vyšších vrstev skládají bity do bytů (většinou 8 bitů) a dále do bloků více bytů (blok se nazývá rámeček nebo paket), má smysl definovat i blokovou chybovost. Pro blokovou chybovost platí:

$$p=1-(1-\text{ber})^{(\text{vb}+\text{vh})\cdot k}$$
$$b=1/p$$

kde:

- P pravděpodobnost výskytu chybného bloku
- ber bitová chybovost
- vb počet bytů užitečné zátěže v bloku
- vh počet bytů hlavičky protokolu
- k počet bitů v bytu

Převrácená hodnota b určuje, kolik rámců bude přeneseno, aniž by došlo k chybě.

Hodnoty, vypočtené pro nejpoužívanější velikosti bloků, jsou uvedeny v následující tabulce:

vb	vh	p		b		b	
		ber=10 <sup>-8</sup>	ber=10 <sup>-6</sup>	ber=10 <sup>-4</sup>	ber=10 <sup>-8</sup>	ber=10 <sup>-6</sup>	ber=10 <sup>-4</sup>
128	8	1,09E-04	1,09E-02	1,03E-00	91912	920	10
256	8	2,11E-04	2,11E-02	1,90E-00	47349	474	5
1024	8	8,26E-04	8,22E-02	5,62E-00	12113	122	2
1500	20	1,22E-03	1,21E-01	7,04E-00	8224	83	1

Z tabulky je zřejmé, že délka bloku se velmi výrazně projevuje na pravděpodobnosti vzniku chyby a na dosavadních analogových linkách je výhodnější používat kratší bloky. Při použití kratších bloků se však zase negativně projevuje nárůst podílu služebních bitů v hlavičce, které se nepodílejí na přenosu uživatelsky užitečné informace.

V případě použití protokolu s korekcí chyb (X.25) dochází ke korekci chyby ihned mezi dvěma uzly datové sítě. U protokolů bez korekce chyb odpovídají za odstranění chyby koncová zařízení. O tom, který protokol má menší přenosové zpoždění z hlediska koncového uživatele, se doposud vedou mezi zastánci obou typů protokolů spory.

#### DIAGNOSTIKA V ZAŘÍZENÍCH DATOVÉ SÍTĚ

Diagnostika chybně přijatých bloků je většinou součástí firemního programového vybavení dodávaného se zařízeními datové sítě a nasbírané údaje se přenášejí do řídicího střediska datové sítě. V uzlech použitých v datové síti ČD jsou k dispozici následující diagnostické údaje:

##### - protokol Frame Relay

Počet chybně přijatých rámců - čítač, který je zvětšen o jedničku po příjmu rámce s chybným kontrolním součtem nebo při příjmu rámce, který neobsahuje přesný počet bytů.

Celkový počet přijatých rámců - z podílu počtu chybně přijatých rámců a celkového počtu přijatých rámců lze vypočítat praktickou blokovou chybovost navazující linky.

Informace o počtu rámců, které byly zahozeny v důsledku přeplnění vnitřních vyrovnávacích pamětí uzlu - k této situaci

může dojít při nestejně rychlosti příchozí a odchozí linky z uzlu nebo při poruchách na odchozí lince.

- protokol X.25

*Odmítnutí rámce* - v případě, že neodpovídá pořadové číslo vyslaného nebo přijatého rámce.

*Chybný rámec* - přijat rámec s chybným kontrolním součtem

*Krátký rámec* - méně než stanovený počet bytů mezi křídelnými značkami rámce

I v tomto případě je k dispozici celkový počet přenesených rámců nebo bytů a lze tedy vyhodnotit chybovost jednotlivých linek v síti.

Výše uvedené údaje jsou k dispozici provozovateli sítě. Kromě toho je součástí doporučení ITU-T X.25 tabulka diagnostických kódů, které se týkají příčin ukončení spojení. Tyto kódy se přenášejí ke koncovému uživateli. Koncový uživatel je tedy např. informován kódem 64 o tom, že cílové místo je obsazeno.

V routerech lze získat pro každý použitý protokol odpovídající diagnostické údaje. Pro protokoly X.25 a Frame Relay jsou k dispozici údaje o chybných rámcích obdobně jako v uzlech X.25. Dále jsou v routerech k dispozici tyto informace (uvedeny pouze informace, které mají diagnostický význam z hlediska sítě):

- protokol PPP

*vstupní a výstupní přenosová rychlost*

*počet chyb kontrolního součtu*

*přetečení nebo podtečení vyrovnávacích pamětí routeru*

- protokol IP

*počet chyb kontrolního součtu (pouze hlavičky)*

*chybný počet skoků* - byla překročena doba života IP paketu, tzn. počet průchodů routeru (paket „zabloudil“ v síti)

*počet aktualizací linkové databáze* - může být poměrně důležitým diagnostickým údajem po dokončení výstavby sítě,

neboť udává, kolikrát byla v důsledku nějaké změny v síti (např. výpadek linky) aktualizována databáze stavů linky.

#### **ZÁVĚR**

V zařízeních používaných v datové síti ČD je k dispozici dostatek diagnostických nástrojů ke sledování provozu sítě. Účinek těchto technických nástrojů se však může projevit pouze ve spojení s vyškolenými operátory, kteří jsou schopni získané diagnostické informace správně interpretovat a ve spolupráci s fungujícím technickým servisem zajistit spokojenost koncových uživatelů datové sítě ČD.

Praha, říjen 1996

Lektoroval: Ing. Zdeněk Kaufmann

ČD - DDC S14