

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION

STABILITA HIERARCHICKÉ AGREGACE PRO
INTERNETOVÉ TELEVIZNÍ VYSÍLÁNÍ

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

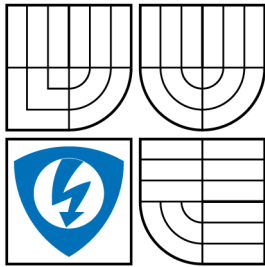
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. PETR OLIVKA

BRNO 2009



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY
A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV TELEKOMUNIKACÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND
COMMUNICATION
DEPARTMENT OF TELECOMMUNICATION

STABILITA HIERARCHICKÉ AGREGACE PRO
INTERNETOVÉ TELEVIZNÍ VYSÍLÁNÍ
STABILITY OF HIERARCHICAL AGREGATION FOR INTERNET TELECASTING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

BC. PETR OLIVKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

ING. RADIM BURGET

BRNO 2009

ZDE VLOŽIT LIST ZADÁNÍ

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT PRVNÍ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ZDE VLOŽIT DRUHÝ LIST LICENČNÍ
SMOUVY

Z důvodu správného číslování stránek

ABSTRAKT

Práce pojednává o Hierarchické agregaci a jsou zde popsány její jednotlivé části, komponenty a vlastnosti. V první části je také pojednáno o možnostech realizace. Druhá část je zaměřena na problém stability hierarchické agregace respektive na problém detekce poruchy Feedback target stanic ve struktuře Hierarchické agregace. Je navrženo, implementováno a otestováno programové řešení protokolu detekující poruchu Feedback target stanic v jazyce JAVA. Je zde odvozená závislost šířky pásma na rychlosti detekce poruchy právě v hierarchické agregaci a jsou diskutovány problémy při vyhodnocování poruchy.

KLÍČOVÁ SLOVA

Hierarchická agregace, JAVA, TTP, TTMP, Tree transmission monitoring protocol, Wireshark, UDP

ABSTRACT

This work is about Hierarchical aggregation and it describes its parts in the first part of this work. Next is described its parts, main features and properties in this first part. Document describes the possibilities of realization. Second part describes an analysis of the stability problem. Realizes the detection of failures of the Feedback target stations by the implemented protocol. The protocol is programatically realized in JAVA language and tested in the real environment. In this document it is described an function of bandwidth on the speed of failure detection. The issues of detection of failure on the feedback target manager machine are discussed in this document.

KEYWORDS

Hierarchical aggregation, JAVA, TTP, TTMP, Tree transmission monitoring protocol, Wireshark, UDP

OLIVKA, P. *Stabilita hierarchické agregace pro internetové televizní vysílání*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2009. 50 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Radim Burget.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Stabilita hierarchické agregace pro internetové televizní vysílání“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení § 152 trestního zákona č. 140/1961 Sb.

V Brně dne

.....

(podpis autora)

OBSAH

Úvod	13
1 Real-Time Transport Protocol/Real-Time Control Protocol	15
2 Hierarchická agregace	17
2.1 Prvky hierarchické agregace	17
2.1.1 Vysílač	17
2.1.2 Přijímač	18
2.1.3 Cíl zpětné vazby	18
3 Protokol pro správu stromu hierarchické agregace	19
4 Návrh protokolu Tree Transmission Monitoring Protocol	20
4.1 Popis činnosti	20
4.2 Obecná datová jednotka protokolu	21
4.3 Návrh datových jednotek pro protokol	22
4.4 Změna periody vysílání	23
4.5 Návrh programových prostředků využívajících protokol tree transmission monitoring protocol	23
4.6 Sledování síťového provozu	23
5 Optimalizace periody hlášení stanic	26
6 Implementace protokolu Tree transmission monitoring protocol	30
6.1 Proces pro Feedback target manager stanici	30
6.1.1 Struktura aplikace	30
6.1.2 Databáze Feedback target stanic	31
6.1.3 Grafické uživatelské rozhraní programu	32
6.2 Proces pro Feedback target stanice	32
6.2.1 Struktura aplikace	32
6.2.2 Grafické uživatelské rozhraní programu	33
7 Odvození závislosti šířky pásma na rychlosti detekce poruchy	36
7.1 Rychlost detekce poruchy	36
7.2 Vyhrazená šířka pásma	36
7.3 Poruchy při komunikaci	37

8	Návrh mechanismů pro zlepšení kvality vyhodnocování	41
8.1	Negativní vlivy působící na vyhodnocování	41
8.1.1	Vliv kolísání zpoždění	41
8.1.2	Vliv ztrátovosti paketů	42
8.2	Důsledky působení negativních vlivů na vyhodnocování	43
8.3	Eliminace vlivu na vyhodnocování	44
8.4	Zpracování statistických údajů negativních vlivů	44
9	Závěr	46
	Literatura	48
	Seznam symbolů, veličin a zkratk	49

SEZNAM OBRÁZKŮ

2.1	Srovnání klasické struktury sítě RTP/RTCP (a) a struktury hierarchické agregace (b)	18
3.1	Struktura TTMP paketu	19
4.1	Komunikace mezi FTM a FT	20
4.2	Diagram tříd představující obecný paket TTMP protokolu	21
4.3	a)typ datagramu pro odesílání hlášení z FT stanice, b) datagram pro signalizaci změny periody vysílání z FT	22
4.4	Výřez ze zachycené síťové komunikace mezi FT stanicí a FTM manažerskou stanicí (Wireshark)	24
4.5	Detail jednoho paketu z analyzáru síťového provozu Wireshark	24
4.6	Znázornění zapouzdření datagramu TTMP do ostatních síťových protokolů	25
5.1	Lineární nárůst síťového provozu s rostoucím počtem FT stanic	26
5.2	Závislost periody vysílání TTMP z FT na počtu FT stanic při použití principu dle 5.1	27
5.3	Závislost periody na počtu FT stanic při použití optimalizovaného algoritmu přepočtu periody T_{TTMP}	29
5.4	Provoz vznikly optimalizovanou periodou vysílání (orb. 5.3)	29
6.1	GUI programu spuštěném na FTM stanicí	34
6.2	Tabulka Feedback target stanic se záznamem o jedné FT stanicí s informacemi o IP adrese a čase posledního hlášení manažerské stanicí	34
6.3	GUI aplikace pro FT stanicí	35
7.1	Závislost šířky pásma B_{TTMP} na rychlosti detekce poruchy T_{err} pro $N = 1000$	37
7.2	Závislost šířky pásma B_{TTMP} na rychlosti detekce poruchy T_{err} pro více N (počet FT stanic ve stromu hierarchické agregace)	38
7.3	Derivace funkce z obrázku 7.2 pro různá N (počet FT stanic ve stromu hierarchické agregace)	38
7.4	Měření jitteru na skupině TTMP paketů směřovaných z FT stanice na FTM stanicí, pro $T_{TTMP} = 1[s]$	39
8.1	Simulace možné situace, kdy se pravidelně opakují velké hodnoty zpoždění, kde FTM stanice může vyhodnotit FT stanicí jako poruchovou, v případě, že dojde následující TTMP paket nebude doručen včas tj. před uplynutím doby definované vztahem 7.5, která se začíná počítat ihned po přijetí posledního paketu TTMP.	42

8.2	Simulace ztrátovosti paketů, kdy může dojít stejně jako na obrázku 8.1 k chybnému označení FT stanice jako poruchové v okamžicích, kdy paket není doručen a další není doručen před vypršením času definovaném v 7.5. Pro 1=doručený paket, 0=ztracený paket.	43
-----	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

SEZNAM TABULEK

- 8.1 Návrh tabulky pro záznam informací o jitteru. Z tabulky je možné odvodit periodicitu výskytů větších hodnot zpoždění. Hodnoty tabulky odpovídají přibližně situaci na obrázku 8.1 45

ÚVOD

V posledních letech se Internet stál velice dostupným a levným pro mnoho uživatelů. Na internetu je prakticky vše na dosah z pohodlí domova. V důsledku velké poptávky po službách Internetu vzrostly i rychlosti jakými mohou přistupovat koncoví uživatelé do sítě a s masivní poptávkou také klesly pořizovací ceny a následné náklady na provoz. Tento rapidní vývoj spustil rovněž velkou poptávku po nových službách jako audio a video vysílání, kdy by každý účastník mohl sledovat vybrané programy přímo on-line a podobně. K tomuto účelu byl vyvinut protokol RTP/RTCP jež slouží právě pro přenos multimediálních dat prostřednictvím Internetu. RTCP protokol [8] je přidruženým protokolem RTP protokolu pro přenos multimediálních dat. RTCP je zde doplňkovým protokolem jež slouží pro sběr signalizace od spotřebitele (příjemce multimediálních dat) směrem k vysílači. Problém vzniká právě při velkém počtu přijímačů a složité struktuře jejich spojení, kdy právě sběr signalizace se stává málo efektivním. V [1][2] je zkoumána optimalizace sběru signalizace jako slibná metoda, která zefektivní proces sběru dat, jež slouží například k vyhodnocení kvality příjmu, zjištění případné ztrátovosti paketů, získání informací o jitteru či možnosti interaktivní účasti koncového spotřebitele (příjemce vysílání) v podobě například hlasování do oblíbené hitparády videoklipů a podobně. Hierarchická agregace (HA), která je právě onou optimalizací při protokolu RTCP popsána v [1][2]

Princip HA je takový, že do struktury, kterou tvoří signalizační prvky v síti RTCP jsou zavedeny nové prvky, které se nazývají Feedback Target stanice (FT - cíl zpětné vazby). Dále existuje Root Feedback Target (RFT - hlavní cíl zpětné vazby). FT stanice a RFT potom tvoří hierarchickou strukturu - strom. Ke koncovým FT stanicím jsou připojeny přijímače RTP vysílání jež do stromu HA vysílají klasické Receiver Report (RR) zprávy jež jsou definovány protokolem RTCP. Hlavním principem HA stromu pak je přijímat RR reporty na nejnižší vrstvě stromu a agregovat informace z mnoha přijímačů do jiných zpráv a preposílat je do vyšších vrstev HA stromu. Následně další vrstvy HA stromu provádějí obdobnou činnost, až k RFT stanici. Výsledkem je, že síť přenáší informace s výrazně menším objemem a redundancí než u klasického protokolu RTCP. HA se tedy jeví slibnou metodou pro sběr signalizace s velkého počtu přijímačů.

Tato práce se zabývá problematikou hierarchické agregace v internetovém televizním vysílání. Tematicky je rozdělena do dvou částí, z níž první se zabývá problematikou sdružování monitorovacích informací v IPTV (internetové televizní vysílání) sítích od přijímačů směrem k vysílači respektive k manažerské monitorovací stanici. Čtenář zde bude seznámen s metodou hierarchické agregace, jejími výhodami a nevýhodami a možnostmi její realizace. Seznámením se s problematikou hierarchické agregace se čtenář dostane k druhé části práce, která rozvine tuto konkrétní část a

zaměří se na konkrétní návrh protokolu a jeho implementaci, který bude použit k monitorování tzv. FT stanic v systému hierarchické agregace. Tedy návrhem protokolu pro monitorování FT stanic začíná praktická část této práce. V této části bude naznačen způsob jak tento problém řešit a proběhne zde návrh takového protokolu. Rovněž zde jsou diskutovány problémy vzniklé během návrhu. Dále v textu pak tento teoretický návrh dojde praktickému ověření. Toto ověření bude konkrétní realizace funkčního prototypu tohoto protokolu v jazyce JAVA.

1 REAL-TIME TRANSPORT PROTOCOL/REAL-TIME CONTROL PROTOCOL

Tato dvojice protokolů sloužících pro přenos dat citlivých na časové zpoždění je v podstatě jediným standardem na trhu [2]. První z dvojice protokolů slouží pro transport multimediálních dat směrem od vysílací stanice k přijímací stanici, respektive přijímacím stanicím. Druhým z dvojice protokolů je protokol RTCP (Real-Time Control Protocol), jehož úkolem je přenos zpráv spojených s monitorováním, údržbou a celkovým řízením provozu multimediálního vysílání. Jako spojení se pro větší počty přijímačů používá technologie ASM (Any-Source Multicast), kde každá přihlášená stanice může být vysílačem. Tato technologie je podle [2] však náročná na strukturu směrování a klade značné požadavky na směrovací tabulky. Z tohoto důvodu existuje v podstatě zjednodušená verze ASM. V takovéto technologii je definován pouze jeden specifický vysílač a nároky na směrování jsou tak, při větším počtu přijímačů, výrazně menší oproti ASM. Technologie se nazývá SSM (Source-Specific Multicast). Pro RTP protokol je také definováno unicastové spojení, ovšem to je pro velké počty přijímačů zcela neefektivní co do použité režie a využitelnosti šířky pásma. Protokol RTCP je signalizačním protokolem a slouží pro přenos širokého spektra různých zpráv. V této práci se však zaměříme na konkrétní typy zpráv, jimiž jsou zprávy vysílané od vysílače k přijímačům tzv. SR (Sender reports) a zprávy odesílané od přijímače k vysílači RR (Receiver reports). Dle [2] se dá zjednodušeně činnost RTCP popsat jako výměna SR a RR zpráv, přičemž vysílač zasílá na všechny přijímače SR zprávy obsahující údaje o tom, kolik dat již bylo vysláno a podobně. SR zprávy jsou přijaty na přijímači stanice, kde jsou analyzovány a odpověďmi na tyto zprávy jsou RR zprávy, které mohou obsahovat informace, například o kvalitě příjmu jako jitter, ztrátovost a podobně.

SR a RR zprávy jsou periodicky odesílány a pro velký počet stanic by mohlo poměrně jednoduše dojít k zahlcení sítě. Standard RTCP s tímto samozřejmě počítá a proto jsou periody, intervaly, ve kterých se posílají SR a RR zprávy, přesně definovány vztahy dle [1].

T_{RR} představuje periodu vysílání zpráv přijímače RR a SR je periodou pro vysílání zpráv vysílače SR. PL_{RR} představuje délku zprávy RR a analogicky PL_{SR} je délka zprávy SR. Protože v průběhu jednoho sezení v RTP/RTCP je šířka přiděleného pásma neměnná a v SSM může existovat pouze jediný vysílač, je perioda vysílání přímo závislá na délce zprávy SR. Zároveň je-li v sezení pouze jediný přijímač je perioda T_{RR} rovněž závislá pouze na délce zprávy RR. BW_{RTCP} představuje rezervovanou šířku pásma pro protokol RTCP a je podle [8] stanovena jako 5 procent z celkové rezervované šířky pásma pro RTP/RTCP vysílání. Ze vztahu pro periodu

T_{RR} je zřejmé, že tuto délku ovlivňuje zejména počet přijímačů v RTP/RTCP sezení. V sítích, kde je veliký počet přijímačů je běžné, že perioda vysílání RR zpráv je v řádech desítek minut. Tato vlastnost je ovšem velice nevýhodná, co se týče možnosti například interaktivity mezi přijímačem a uživatelem, jinými slovy například při použití RTCP zpráv k odesílání určitých informací směrem od uživatele k vysílači (například hlasování v hitparádě hudebních klipů a podobně). Na druhou stranu, aby perioda vysílání zpráv RTCP nebyla příliš krátká a nezatěžovala zbytečně síťový provoz, byla nejkratší hodnota periody vysílání zprav stanovena na 5 sekund. Pro kompenzaci periody vysílání zpráv existují i jiné parametry, kterými se podrobně zabývá [2]. Tyto parametry byly stanoveny empirickým výzkumem sítě a zajišťují rovnoměrné rozložení vysílání těchto zpráv v čase. Těmito parametry se dále nebudeme zabývat.

2 HIERARCHICKÁ AGREGACE

Jako optimalizace protokolu RTCP byla v [2] představena metoda hierarchické agregace, která výrazně změní závislost velikosti periody vysílání zpráv RR (Receiver report) na počtu příjemců v IPTV (internetové televizní vysílání) sítích. Hierarchická agregace s sebou přináší do architektury sítě IPTV vysílání nový prvek, tzv. FT (Feedback target) stanice neboli cíl zpětné vazby či cíl signalizace. V síti prakticky existuje množina těchto FT stanic. Podle [1] se dá zavést formální popis sítě hierarchické agregace. Zavedeme tedy množinu příjemců o počtu m . Tyto příjemce přijímají multimediální data z vysílače s . Dále existuje množina tvořící stanice FT v síti a . Tato množina se dělí na dvě podmnožiny, podmnožinu aktivních a pasivních FT stanic, přičemž o aktivních a pasivních stanicích platí, skutečnost, že každá stanice je buď pasivní nebo aktivní. Aktivní FT stanice se aktivně podílejí na činnosti a tvoří celou strukturu HA, zatímco pasivní stanice pouze vyčkávají na aktivaci a neprovádějí tak žádnou činnost. Aktivní FT tvoří stromovou strukturu, jejímž kořenem je stanice RFT (Root Feedback Target) - kořenový cíl signalizace. Aktivní FT stanice přijímají RR (Receiver report) zprávy od příjemců a agregují je do zpráv RSI (Receiver Summary Information). Tyto RSI zprávy jsou dále přeposílány hierarchicky FT stanicí, která se nachází v nejbližší vyšší vrstvě stromu HA. Následující rovnice pak vyjadřují vztahy pro výpočet period zaslání jednotlivých zpráv za použití této architektury.

$$T_{SR} = \frac{PL_{SR}}{25\% \cdot BW_{RTCP}} [s] \quad (2.1)$$

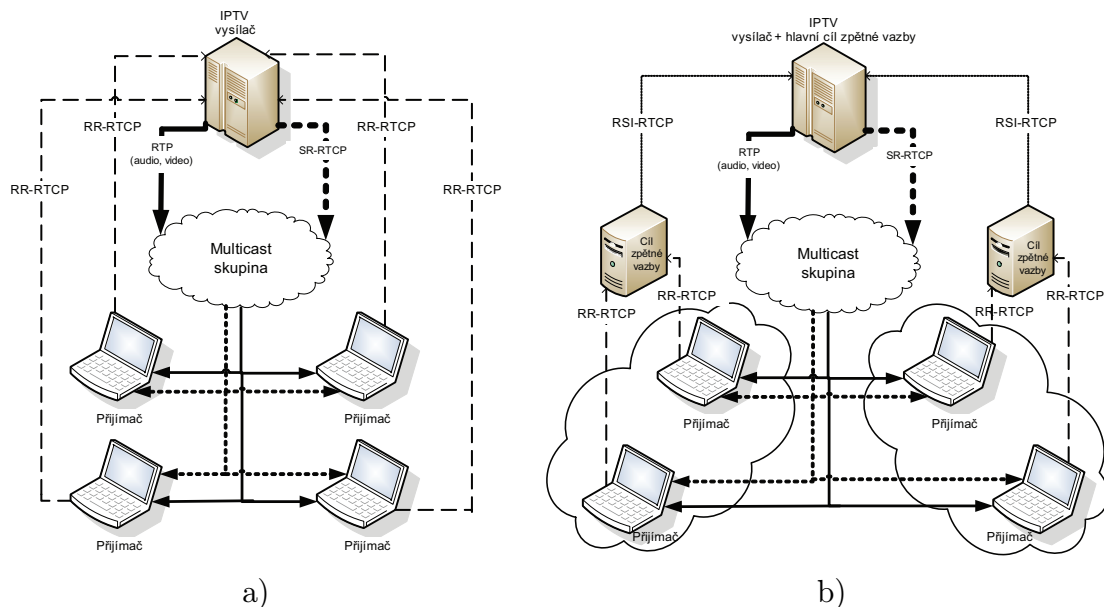
$$T_{RR} = \frac{PL_{RR} \cdot L_{FT}^H(n)}{75\% \cdot BW_{RTCP}} [s] \quad (2.2)$$

$$T_{RSI}^l = \frac{PL_{RSI} \cdot L_{FT}^{l-1}(n)}{25\% \cdot BW_{RTCP}} [s] \quad (2.3)$$

2.1 Prvky hierarchické agregace

2.1.1 Vysílač

Základní funkcí vysílače je odesílat multimediální data multicástové skupině. Jedná se většinou o aplikaci spuštěnou na serverovém stroji. Multimediální data jsou do sítě odesílána prostřednictvím protokolu RTP. V pravidelných intervalech prostřednictvím protokolu RTCP vysílá na všechny příjemce SR (Sender report) zprávy, které příjemce vyhodnocují a určitým způsobem na ně reagují.



Obr. 2.1: Srovnání klasické struktury sítě RTP/RTCP (a) a struktury hierarchické agregace (b)

2.1.2 Přijímač

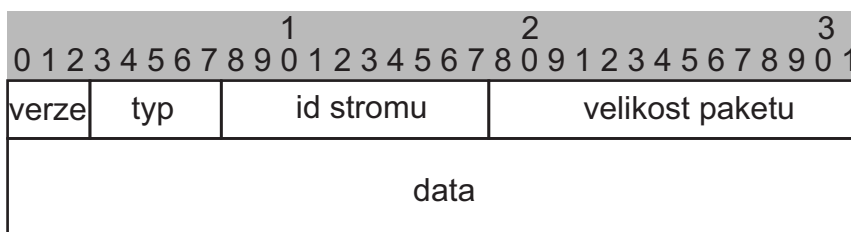
Přijímačem v takovéto multicástové skupině smí být jakýkoliv klient, který může přijímat multimediální data. Jedná se například o klasický desktop PC, nebo notebooky, nebo také různá mobilní zařízení typu PDA nebo moderní typy mobilních telefonů. Přijímač přijímá datové jednotky protokolu RTP, které nesou multimediální data. Zároveň také přijímá signalizaci SR od vysílače, následně tyto zprávy analyzuje a odpovídá na ně patřičným způsobem zprávami RR (Receiver reports) [1].

2.1.3 Cíl zpětné vazby

Hlavním úkolem stanice FT (Feedback target - cíl zpětné vazby) je sběr RR reportů od přijímačů. Tyto zprávy jsou FT stanicemi dále zpracovávány a jako RSI reporty jsou odesílány dále celou hierarchickou strukturou až k vysílači. RSI (Receiver summary information) zprávy jsou zprávami, které sdružují informace z RR zpráv přijímačů a obsahují informace o kvalitě příjmu a další statistické údaje multimediálního přenosu.

3 PROTOKOL PRO SPRÁVU STROMU HIERARCHICKÉ AGREGACE

Protokol TTP (Tree Transmission Protocol) je navržen právě pro strukturu hierarchické agregace a je dle [1] navržen nezávisle na použitých technologiích. Úvodem je nutno uvést, že tento protokol je ve fázi výzkumu a vývoje. Protokol TTP je navržen tak, aby byl zcela nezávislý na použitých technologiích, a aby byl snadno implementovatelný do stávajících IPTV systémů. Na obrázku je možno vidět základní hlavičku TTP paketu.



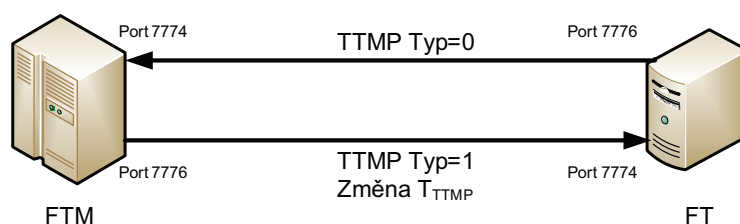
Obr. 3.1: Struktura TTP paketu

TTP je ve [2] popsán takto. První 3 bity hlavičky tvoří verze protokolu TTP. Máme tedy k dispozici až 8 verzí protokolu. Dalších 5 bitů je vyhrazeno pro typ paketu v hierarchické agregaci. Je tedy možno definovat až 32 různých typů. Deset bitů je rezervováno pro identifikátor stromu (id stromu), jelikož každá FT může obsluhovat potencionálně několik stromů, tedy různých vysílání, maximálně však 1024 stromů. Posledních 12 bitů bajtu hlavičky protokolu TTP představuje celkovou velikost paketu TTP. Velikost přenášeného paketu může tedy být až 2048 bajtů (16384 bitů). Jak je patrné z obrázku, hlavička TTP činí 32 bitů tedy 4 bajty.

4 NÁVRH PROTOKOLU TREE TRANSMISSION MONITORING PROTOCOL

Protokol TTMP (Tree Transmission Monitoring Protocol) monitorující prvky FT hierarchické agregace by měl zapadnout do celkového konceptu HA, tedy měl by obsahovat hlavičku TTP protokolu popsanou v předchozím textu a v [2]. Praktický návrh funkčních vývojových verzí aplikačních prostředků shrnutých do názvu této kapitoly bude implementován v jazyce JAVA. Principem činnosti tohoto protokolu je z FTM (Feedback Target Manager - Manažerská stanice cílů zpětné vazby) sledovat aktivitu FT stanic. Základním prvkem bude samozřejmě datová jednotka přenášející informace od FTM směrem k FT a naopak zprávy od FT stanic k manažerské stanici FTM.

4.1 Popis činnosti



Obr. 4.1: Komunikace mezi FTM a FT

Předpokládejme situaci, kdy se FT stanice úspěšně přihlásily k FTM stanici a jsou aktivní. Nyní je našim úkolem navrhnout procesy pro monitorování FT stanic po celou dobu trvání multimedialního vysílání v rámci jednoho HA stromu. Pro jednoduchost je tedy naší sledovanou dobou doba mezi přihlášením FT stanice a jejím regulérním odhlášením [1] od manažerské FTM stanice. Po tuto dobu budou FT stanice vysílat monitorovací pakety směrem k FTM stanici vždy s určitou periodou. Tato perioda je časově proměnná úměrně s velikostí HA stromu, tedy s počtem FT stanic v jednom stromu. Tuto adaptabilní schopnost by tento protokol měl mít z důvodu možného růstu počtu přijímačů (a tedy i počtu FT stanic) do značně velkých počtů. Je tedy nasnadě navrhnout takovýto princip časově proměnné periody vysílání monitorovacích paketů. Pro základní návrh nebude tedy tato skutečnost brána v úvahu. Pro jednoduchost v první fázi návrhu potřebujeme, aby FT stanice vysílaly paket, kterým se budou v pravidelných intervalech hlásit FTM stanici. Vysílání bude realizována protokolem UDP [9] z FT stanic směrem k FTM stanici, která

bude naslouchat na určitém portu. V základním návrhu bude FTM stanice tyto pakety pouze přijímat a nebude na ně muset žádným způsobem reagovat, bude tedy pouze naslouchat - monitorovat - dění v síti. Jejím úkolem bude zachytávat tyto specifické monitorovací zprávy z FT stanic a do své vlastní databáze HA stromu si bude zapisovat informace o tom, které z FT stanic jsou v pořádku, popřípadě které z nich mají poruchu. O tom, že některé stanice mají problém se dozví FTM tehdy, když se FT stanice nezahlásí do uplynutí dané doby. Po této době se stanice označí jako poruchová a FTM by tedy na tuto skutečnost měla patřičně reagovat. Z tohoto teoretického návrhu budeme vycházet v dalším textu a následně v praktické realizaci.

4.2 Obecná datová jednotka protokolu

Datovou jednotkou rozumějme paket sloužící výše popsaným účelům, tedy k nesení monitorovacích informací směrem od FT stanic k manažerské FTM stanici, která tyto pakety vyhodnocuje. Programově může datová struktura diagramu, sloužícího našim účelům, vypadat například jako na obrázku.



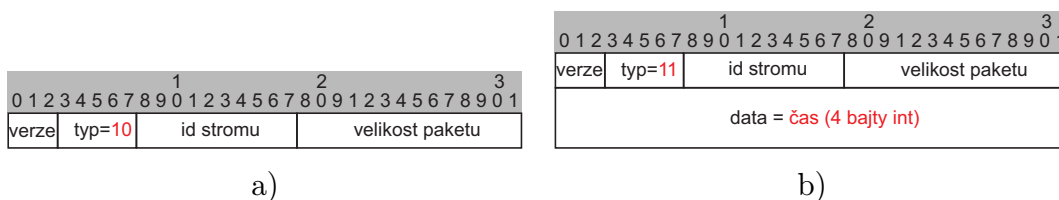
Obr. 4.2: Diagram tříd představující obecný paket TTMP protokolu

Datová třída, zobrazená výše, respektive atributy této třídy [10], vycházejí z

obecného tvaru protokolu TTP, tedy ver představuje verzi protokolu TTP, type nese informaci o typu paketu v systému hierarchické agregace, trend představuje jedinečný identifikátor stromu HA, length je počet bajtů přenášeného paketu. První čtyři atributy tvoří hlavičku protokolu a atribut data představuje datovou část paketu. V části Operations jsou pak definovány operace pro práci s daty jednotlivých instancí třídy. Z této obecné definice můžeme nadále vycházet při návrhu konkrétních datových struktur odesílaných z FTM stanice nebo z FT stanice.

4.3 Návrh datových jednotek pro protokol

Na obrázku 4.3 je znázorněna hlavička TTP datagramu. K našemu účelu použijeme dva typy datagramů. Jednak definujeme typ datagramu, jimiž se FT stanice hlásí manažerské stanici FTM a typ pro paket odesílaný z FTM stanice, který bude potřeba na úpravu periody vysílání hlášení z FT (Feedback target) stanic, což je zdůvodněno dále v textu. Na obrázku a) je vidět paket, který bude sloužit pro hlášení FT stanic stanici FTM (Feedback target manager), na obrázku b) je pak znázorněn schematicky paket, řídící periodu vysílání paketu z obrázku a). Pro datagram vysílaný z FT stanice (obrázek a) je volena v poli typ hodnota 10, naopak pro paket vysílaný z FTM stanice, vždy při změně periody vysílání jsme volili podobu paketu z obrázku b), který je definován hodnotou 11 v poli typ. Obsah pole data obou paketů jsou rovněž různá. V případě, kdy se stanice pravidelně ohlašuje, nejsou žádná data v TTP datagramu zapotřebí, jelikož všechna data pro identifikaci hlášené FT stanice již máme k dispozici v hlavičce TTP datagramu (id stromu, verze TTP, typ) nebo jsou obsažena v hlavičce UDP datagramu (IP adresa FT stanice popřípadě FTM stanice). Naopak je tomu u datové jednotky odesílané z FTM stanice, kdy je zapotřebí informovat FT stanice, že došlo ke změně počtu FT stanic obsluhovaných FTM stanici a proto je potřeba změnit periodu vysílání.



Obr. 4.3: a)typ datagramu pro odesílání hlášení z FT stanice, b) datagram pro signalizaci změny periody vysílání z FT

4.4 Změna periody vysílání

U předpokladu, že bychom zůstali u návrhu, kdy se stanice periodicky hlásí FTM a tato perioda vysílání TTMP paketů není proměnná z počtem FT stanic, vyhneme se tak větší složitosti celkového návrhu a tedy i návrhu co se týče datových jednotek. Tato skutečnost však sebou nese jistá omezení, na která nemůžeme přistoupit. Pakliže bychom nechali kontaktní periodu, kdy FT stanice odesílají na manažerskou stanici své hlášení, může při velkém počtu stanic provoz vzniklý zasíláním těchto reportů spotřebovat značnou část síťového provozu. Tato situace je samozřejmě zcela nežádoucí, jelikož se jedná o signalizaci a není zde vhodné, aby tato signalizace spotřebovala v některých případech i větší část než je samotný multimediální provoz.

Při řešení této situace se nabízí možnost periodu odesílání měnit v závislosti na počtu FT stanic které FTM v rámci HA (Hierarchické agregace) obsluhuje. Tedy jinými slovy volit takový algoritmus, kdy na počátku určíme, jaké procento z přidělené šířky pásma může spotřebovat provoz monitorování FT stanic a v průběhu celého multimediálního sezení udržovat tento provoz v mezích přidělené šířky pásma.

4.5 Návrh programových prostředků využívajících protokol tree transmission monitoring protocol

Navrhovaný protokol (Tree transmission monitoring protocol), respektive mechanismy, je třeba prakticky ověřit, proto jsou implementovány funkční vývojové verze programů, které využívají protokol TTMP právě k monitorovacím účelům. Byly vytvořeny dva procesy. Jeden proces je spuštěn na FTM (Feedback target manager) stanici a jeho primárním úkolem je sběr specifických paketů vysílaných FT stanicemi. Dalším procesem je proces spuštěný na FT (Feedback target) stanici, vysílající tyto pakety prostřednictvím protokolu UDP respektive TTP na adresu FTM stanice. Tomuto programovému návrhu je věnována celá následující kapitola.

4.6 Sledování síťového provozu

Pro stanovení vhodné periody, respektive algoritmu, který tuto dobu bude měnit v závislosti na počtu aktivních FT stanic, je nezbytné mít alespoň rámcově představu o tom, jak velké provozy této signalizace mohou reálně vznikat. Pro toto sledování byl použit softwarový analyzátor síťového provozu Wireshark [7] (dříve Ethereal).

No. -	Time	Source	Destination	Protocol	Info
1	0.000000	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
2	0.001762	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
7	1.006291	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
8	2.020786	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
9	3.022719	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
10	4.009571	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774
11	5.030251	10.0.0.3	10.0.0.2	UDP	Source port: 7776 Destination port: 7774

Obr. 4.4: Výřez ze zachycené síťové komunikace mezi FT stanicí a FTM manažerskou stanicí (Wireshark)

Na obrázku 4.4 je možno sledovat část síťové komunikace mezi testovací FTM stanicí (IP adresa 10.0.0.2) a jednou FT stanicí (IP adresa 10.0.0.3). Pro komunikaci tohoto účelu byly zvoleny porty 7776, jako odchozí z FT stanice a port 7774, jako příchozí FTM stanice (port, na kterém naslouchá stanice FTM hlášením FT stanic). Dle sloupce Time je vidět, že perioda, s jakou se FT stanice hlásí FTM stanici, je cca 1 sekunda. Sloupce Source a Destination představují IP adresy zdrojové, respektive cílové stanice. Sloupec Protocol je typ použitého síťového protokolu, v našem případě používáme pro tato hlášení protokol UDP, jehož obsahem je právě protokol TTP navržené podoby z [1], naplněn daty dle naší potřeby. V posledním sloupci Info je pak zobrazeno číslo zdrojového portu a číslo cílového portu.

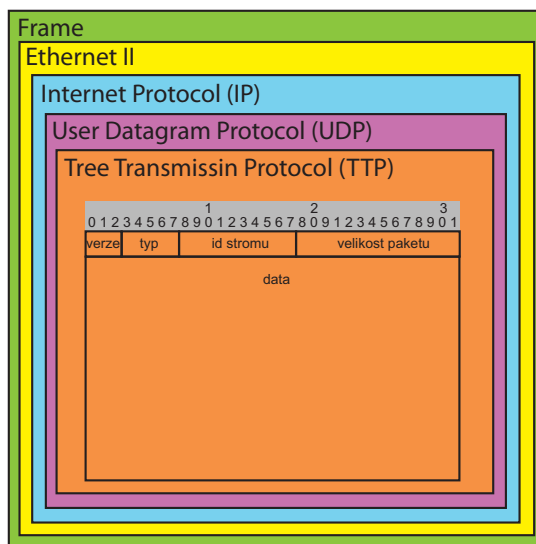
Při detailním zobrazení kteréhokoliv rámce z tohoto setu, je možné zjistit kolik bajtů představuje kompletní rámec v této síti.

Frame 21 (50 bytes on wire, 50 bytes captured)
Ethernet II
Internet Protocol, Src: 10.0.0.3 (10.0.0.3), Dst: 10.0.0.2 (10.0.0.2)
User Datagram Protocol, Src Port: 7776 (7776), Dst Port: 7774 (7774)
Data (8 bytes)

Obr. 4.5: Detail jednoho paketu z analyzáru síťového provozu Wireshark

Z obrázku 4.5 je zřejmé, že rámec je velikosti 50 bajtů, což odpovídá i teoretickým hodnotám po sečtení. Celý rámec se skládá z několika vnořených datových jednotek různých typů jako Ethernet II [11], IP (Internet Protocol) [12], UDP (User Datagram Protocol) [9] a TTP protokol. Na obrázku 4.6 je graficky znázorněno zapouzdření těchto rámců.

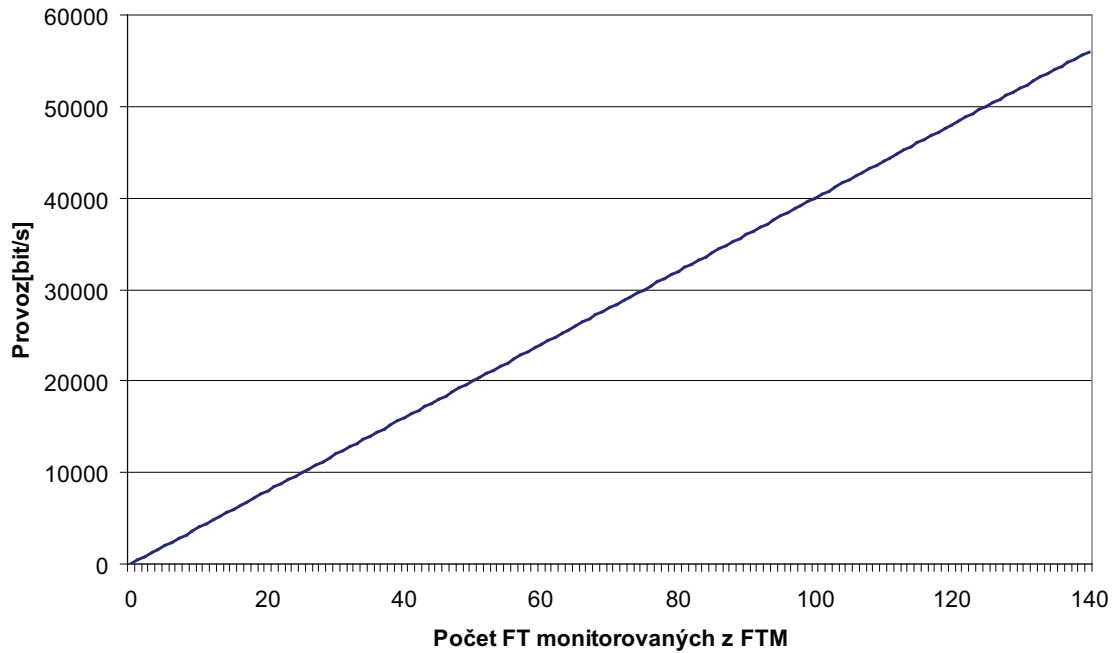
Analýzou jsme tedy zjistili, že velikost datové jednotky přenášející TTP datagram o velikosti 8 bajtů (maximální velikost datagramu pro účely monitoringu), je 50 bajtů, za předpokladu, že se jedná o síť stejného typu (klasická IP síť a přenos pomocí UDP datagramů [9]). Z hodnoty okolo padesáti bajtů můžeme vycházet při simulaci provozu při zvětšujícím se počtu FT stanic.



Obr. 4.6: Znázornění zapouzdření datagramu TTMP do ostatních síťových protokolů

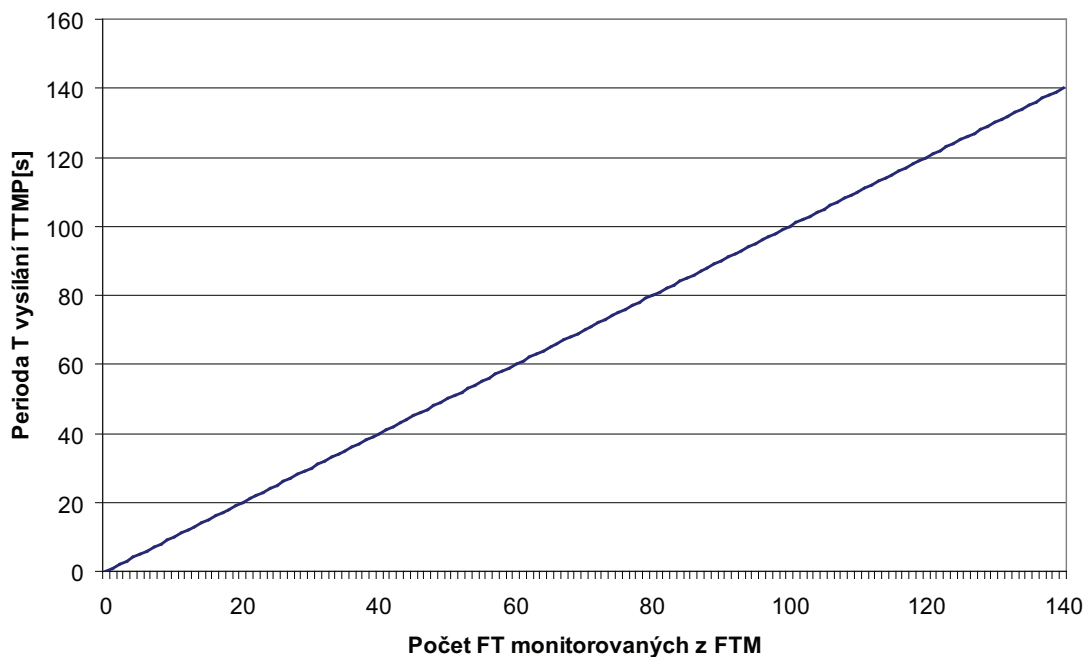
5 OPTIMALIZACE PERIODY HLÁŠENÍ STANIC

V předchozím textu byla provedena analýza síťového provozu testovacích programů stanice FTM a na stanice FT, která odesílá na FTM ve vteřinových intervalech hlášení o svém stavu, tedy ohlašuje se manažerské stanici.



Obr. 5.1: Lineární nárůst síťového provozu s rostoucím počtem FT stanic

Obrázek 5.1 představuje závislost bitového toku v rámci monitorování FT stanic, tedy přenesený datový objem směrem k FTM stanici, na počtu FT obsluhovaných manažerskou stanicí. Je zřejmé, že tato závislost je lineární a datový provoz roste úměrně s počtem FT stanic. Například při počtu krajních hodnot, které jsme pro simulaci zvolili, tedy 140 FT, představuje velikost datového toku směrem k FT stanici 56 kbit/s, což při úvaze, že máme pro služby vyhrazenou šířku pásma $B_w = 1$ Mbit/s, představuje jen pro hlášení FT stanic takřka 6 procent z celkové šíře pásma. Při poměrně velkém počtu FT stanic by tento provoz mohl natolik vzrůst, že by to bylo nežádoucí a mohla by nastat teoreticky situace, kdy dojde k zahlcení linky. Tento stav je nežádoucí a musí být vhodně řešen. V předchozím textu byl nastíněn možný způsob, jak takovému nárůstu předejít. Je možné periodu vysílání TTP paketu směrem z FT stanice měnit v závislosti na počtu FT stanic obsluhovaných FTM. Příkladem může být jednoduchý algoritmus, který na základě počtu n FT



Obr. 5.2: Závislost periody vysílání TTMP z FT na počtu FT stanic při použití principu dle 5.1

stanic v kompetenci FTM prodlouží periodu vysílání n krát.

$$T_{\text{TTMP}} = T_{\text{TTMP1}} \cdot n, \quad (5.1)$$

kde T_{TTMP} je perioda odesílání TTMP paketu z FT stanice, n je počet FT stanic monitorovaných z FTM a T_{TTMP1} je konstanta představující délku periody při jedné stanici FT tedy 1s - tato výchozí hodnota byla zvolena. Z obrázku je zřejmé, že tímto postupem docílíme konstantního datového toku TTMP paketů vysílaných FT stanicemi. Tedy při velikosti paketu 50 bajtů (400 bitů) bude tok představovat 400bit/s. Ovšem ani toto řešení není zcela vhodné, jelikož se tím podstatně prodlužuje perioda T_{TTMP} úměrně s počtem FT stanic v HA. Mohli bychom se teoreticky při velmi vysokém počtu FT dostat až na velmi dlouhé periody hlášení FT stanic, kdy celý tento monitorovací systém postrádá smysl, jelikož o FT stanicích by měl být co nejaktuálnější přehled. Z toho důvodu byla navržena optimalizace tohoto algoritmu, tak aby zasílání TTMP paketů na FTM bylo co nejčastější, tedy aby perioda byla co nejkratší s ohledem na vyhrazenou šířku pásma a počet FT stanic obsluhovaných stanicí FTM.

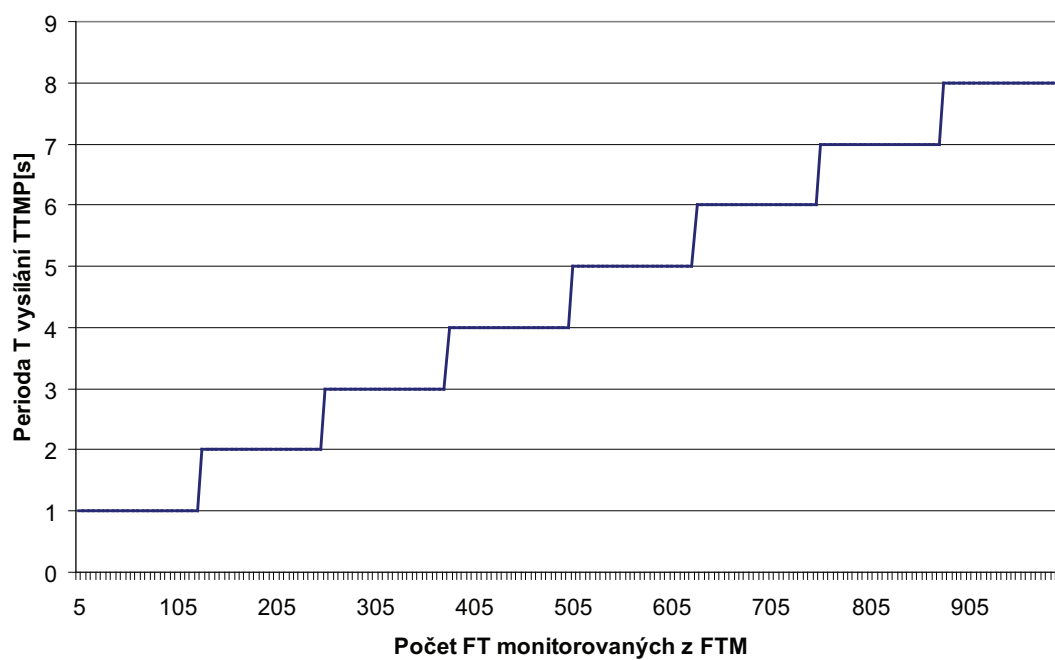
Stanovíme-li podmínku, že síťový provoz této signalizace nepřekročí 5% z celkové šířky pásma a zároveň bude toto pásmo vyhrazené pro signalizaci využito v maximální míře tj. v takové, aby FT stanice posílaly svá hlášení v co nejkratším

možném čase s ohledem na výše uvedenou podmínku nepřekročení daného síťového provozu. Mějme výchozí hodnotu periody $T_{\text{TTMP}} = 1\text{s}$. Dále máme k dispozici omezenou šíři pásma, která může být využita pro účel monitorování FT stanic označenou jako B_{MAX} , která tvoří 5% z celkové šíře přenosového pásma multimediálního sezení. PL představuje délku jednoho paketu. Tato délka je závislá na použité technologii resp. na použitém síťovém protokolu a podobně (velikost datagramu je dána velikostí celého síťového rámce obrázek 4.6). Proměnným vstupním parametrem algoritmu přepočtu periody vysílání paketů je počet FT stanic značený n . Přepočet, respektive kontrola periody, je inicializována vždy, když dojde ke změně počtu FT stanic, tedy ke změně n . Algoritmus kontroly a přepočtu periody vychází z výpočtu velikosti síťového provozu generovaného FT stanicemi vysílajícími TTMP pakety směrem k manažerské stanici. Jednoduše tedy dojde k výpočtu využití šířky pásma podle 5.2 těmito pakety a následně ke kontrole, zdali je či není překročena maximální dovolená šířka pásma. Pakliže ano, dojde k nastavení, tedy k prodloužení periody o jednu sekundu, jak ukazuje výraz 5.3, kde T_{TTMPold} představuje velikost periody před nárůstem počtu FT stanic, tedy před výpočtem nové periody (ke změně nemusí zpravidla dojít při každém přepočtu - kontrole). Tento uvedený případ je pro rostoucí n , v případě, že počet FT stanic klesá, je nutno kontrolu provést rovněž. Není to však nezbytné, ale pokud by došlo k výraznému poklesu počtu FT stanic, mohli bychom se dostat do situace, kdy by perioda vysílání paketu TTMP byla zbytečně dlouhá pro relativně malý počet stanic.

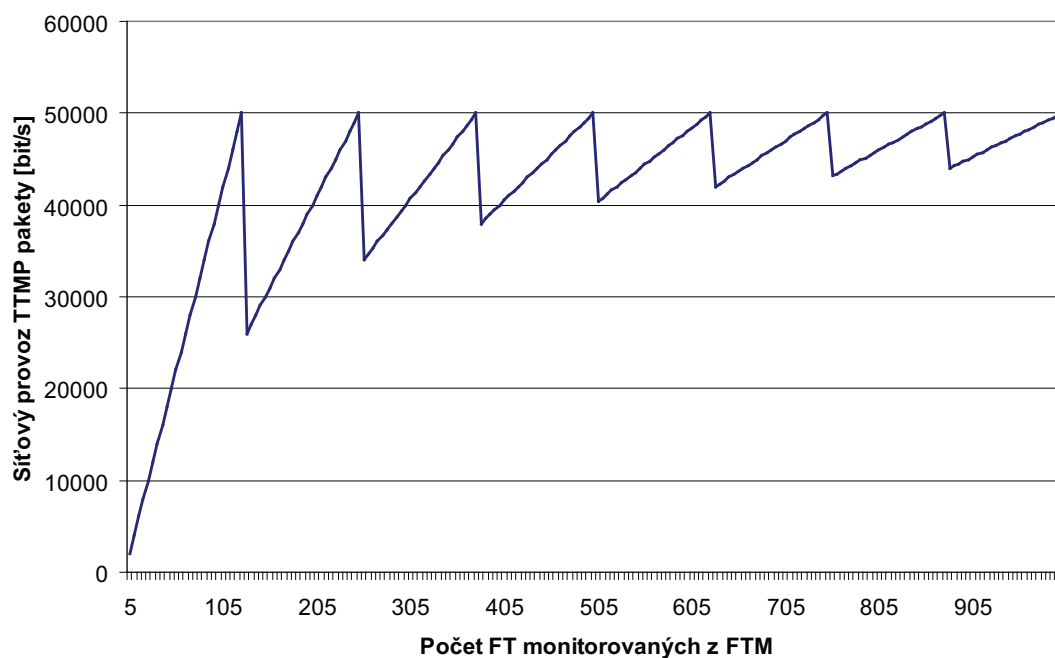
$$B_{\text{TTMP}} = \text{PL} \cdot n \quad (5.2)$$

$$T_{\text{TTMP}} = T_{\text{TTMPold}} + 1[\text{s}] \quad (5.3)$$

Na obrázku 5.3 je znázorněna změna periody vysílání paketů TTMP v závislosti na počtu FT stanic v rámci manažerské stanice FTM přepočtenou dle algoritmu pracujícího podle 5.2 5.3. Jsou zde patrné skokové změny periody. Tyto zlomy označují hodnoty, kdy došlo k nárůstu síťového provozu této signalizace na míru rovnou B_{MAX} a perioda byla prodloužena. Na následujícím obrázku 5.4 je znázorněn průběh tohoto provozu. Ve srovnání s předchozím grafem jsou zde patrné skokové změny, které rovněž souvisejí se skokovou změnou periody. Výhodou tohoto návrhu je vlastnost, kdy teoreticky nemůže dojít k překročení stanovené hranice B_{MAX} . Tento teoretický model ukazuje průběh periody a síťového provozu pro počet FT stanic od 1 do 1000. Pro větší počty těchto stanic by průběh byl podobný s tím, že by se neustále prodloužovala perioda. Ve srovnání s prvotní koncepcí prosté změny vysílací periody (5.2) je zde dosaženo podstatného zkrácení této periody, řádově 100x, a to dokonce i při větším počtu FT monitorovaných FT stanic v řádech 10x.



Obr. 5.3: Závislost periody na počtu FT stanic při použití optimalizovaného algoritmu přepočtu periody T_{TTMP}



Obr. 5.4: Provoz vzniklý optimalizovanou periodou vysílání (orb. 5.3)

6 IMPLEMENTACE PROTOKOLU TREE TRANSMISSION MONITORING PROTOCOL

Tato část práce je věnována implementaci samotného protokolu v programovacím jazyce JAVA [4], za použití jiných podpůrných technologií [3], které jsou popsány dále v textu. Pro demonstrační a praktické účely byly implementovány dvě samostatné části, z nichž jedna z nich je programem spuštěným na FTM manažerské stanici a druhý z nich je program spuštěný na FT stanici. Oba tyto programy spolu komunikují prostřednictvím zpráv ve formě navržených TTMP paketů a využívají síťového protokolu UDP a budou popsány samostatně v následujících částech.

6.1 Proces pro Feedback target manager stanici

Koncepce procesu spuštěného na manažerské stanici vychází z úkolu, který tato práce pojímá a řeší. FTM stanice má za úkol stanovit, jestli nějaká z FT stanic, patřících do její kompetence, je v poruše či nikoliv. Toto byla hlavní myšlenka a úkol. Při návrhu bylo postupováno dekompoziční metodou návrhu, kdy byl základní problém rozebrán na menší a jednodušeji řešitelné celky.

6.1.1 Struktura aplikace

Jednotlivé celky této aplikace jsou programově řešeny jako samostatná vlákna a jsou celkem tři. První z nich je hlavním vláknem, které má na starosti sběr informací z FT stanic. Toto vlákno naslouchá na portu 7774, kde očekává příchozí pakety. Na tento port však obecně a prakticky mohou přijít jakékoliv pakety, které mají v hlavičce v poli pro cílový paket nastaven port 7774. V předchozím textu, kde byl navrhován datový paket pro tuto signalizaci, jsme zajistili řešení tohoto problému tím, že pakety mají v hlavičce TTP své pole, které je vyhrazeno pro typ paketu. Celý tento protokol pracuje se dvěma typy paketů. Jedním z nich je i paket hlášení (specifika těchto paketů byla zmiňována dříve v textu). Schema komunikace, čísla portů a typy paketů, které jsou vyměňovány mezi FTM stanicí a FT stanicemi, znázorňuje obrázek 4.1. Toto vlákno kromě příjmu paketů od patřičných FT stanic také zajišťuje, po každém příjmu TTMP paketu, zápis, případně obnovu dat v tabulce FT stanic, která je udržována v rámci sezení FT stanice a bude podrobně popsána v následující části. Toto vlákno tedy zajišťuje hlavní činnost celého procesu monitorování, ale vedle něj ještě musely být implementovány další dvě, které vykonávají jiný potřebný kód. Potřeba vláken při návrhu byla jasnou volbou, jelikož bylo zapotřebí všechny tyto úkony provádět paralelně. Druhým důležitým vláknem resp.stanicí, které se o této změně (pakliže k ni došlo) musí nějakým způsobem dovědět, jsou FT stanice,

kterých se tato informace týká. Zde je tato informace k FT stanicím transportovaná ve formě specifických TTMP paketů nesoucích informaci o čase, který má být nastaven pro opakování vysílání, tedy tyto pakety nesou ve svých datech informaci o nové periodě vysílání T_{TTMP} . Tyto pakety jsou rozesílány při změně periody na všechny FT stanice ve formě UDP datagramů. Na obrázku 4.1 je tato komunikace znázorněna jako komunikace ve směru od FTM stanice k FT stanici, se zdrojovým portem 7776 a cílovým portem 7774. Posledním vláknem, které je implementováno je spíše obslužné vlákno pro vyhodnocení a zobrazení informací o FT stanicích. Vlákno se stará o sběr informací z tabulky FT stanic a o pravidelnou obnovu tabulky, která je zobrazena uživateli. Zároveň je určeno zdali je stanice v poruše či nikoliv. Tato informace je zjištěna z aktuální periody hlášení a z časového razítka jednotlivých FT stanic (záznamů v tabulce popsané v následující kapitole). Porucha stanice nastane, když se stanice neohlásí v pravidelném intervalu a na obrázku 6.2 by toto bylo znázorněno jako červený řádek. V případě, že stanice je v pořádku, tedy pravidelně se hlásí, je tento řádek označen zeleně.

6.1.2 Databáze Feedback target stanic

Při příjmu hlášení z FT stanic ve formě TTMP datagramů je zapotřebí informace z těchto datagramů nějakým způsobem vhodně zpracovat. Pro stanovení toho zdali je FT stanice v poruše či nikoliv je vycházeno z času posledního zahlášení FT stanice manažerské stanici. Je tedy nutné udržovat přinejmenším informace o posledním příjmu TTMP paketu každé FT stanice co se času týče. Tedy nabízí se vytvoření jednoduché tabulky, v níž každý záznam představuje záznam o jedné FT stanici a ve sloupci je tedy časové razítko (timestamp) jednotlivých TTMP paketů. Pro schopnost určení a vyhledávání v tabulce je definován klíč pro vyhledávání, tzv. primární klíč tabulky. Tento klíč je volen jako IP adresa, respektive IP adresa vyjádřená pomocí hashovací funkce. Při příchodu hlásícího TTMP paketu je kontrolována tabulka na existenci záznamu z této stanice (podle primárního klíče), pokud tento záznam neexistuje, vzniká nový záznam s patřičným klíčem a časovým razítkem. Pakliže takový záznam již v tabulce existuje, je obnoveno jeho časové razítko jakožto čas, kdy byl tento paket přijat. Na obrázku 6.2 je programová implementace tabulky Ft stanic s jedním záznamem. K udržování informací je použit databázový stroj HSQLDB. Tabulka je v současné verzi programu pro FTM stanici vytvářena a udržována v paměti z rychlostních důvodů. Databáze HSQLDB byla volena i z toho důvodu, že je velice rychlá a ve spojení s tabulkou, která je vytvářena pouze v paměti docílíme extrémní rychlosti, což může být přínosem v budoucnu při dalším případném rozšiřování. Jelikož při vytváření bylo bráno v potaz také již zmíněné případné rozšíření, byla volena pro jednoduchost implementace pomocí SQL jazyka,

jehož dotazy jsou snadno rozšiřitelné a do tabulky je tak možno případně přidat další informace. V tabulce na obrázku 6.2 je také graficky znázorněna informace o stavu FT stanice.

6.1.3 Grafické uživatelské rozhraní programu

Na obrázku 6.1 je hlavní okno programu spuštěného na manažérské stanici. Dominantním prvkem je zde 6, což je okno pro různá hlášení. Zobrazují se zde například informace o hlášeních FT stanic nebo o případných chybách. Po spuštění programu je možné tlačítkem 4 zahájit naslouchání TTMP paketům z FT stanic. Tlačítkem 5 je možno zobrazit tabulku s aktuálními stanicemi, které se hlásí FTM stanici a jejich stavem (zelené nebo červené záznamy), viz obrázek 6.2. Další prvky slouží k simulaci velkého počtu FT stanic a k zobrazení různých informací. Počet FT stanic je možné měnit a pro potřeby přepočtu periody je tento počet nastavován ovládacím prvkem 1. Počet FT stanic je možné volit od 1 do 1000 a tato informace je zobrazena v 2. Při změně počtu FT stanic dochází k přepočtu periody vysílání TTMP paketů a tato informace je zobrazena v 3.

6.2 Proces pro Feedback target stanice

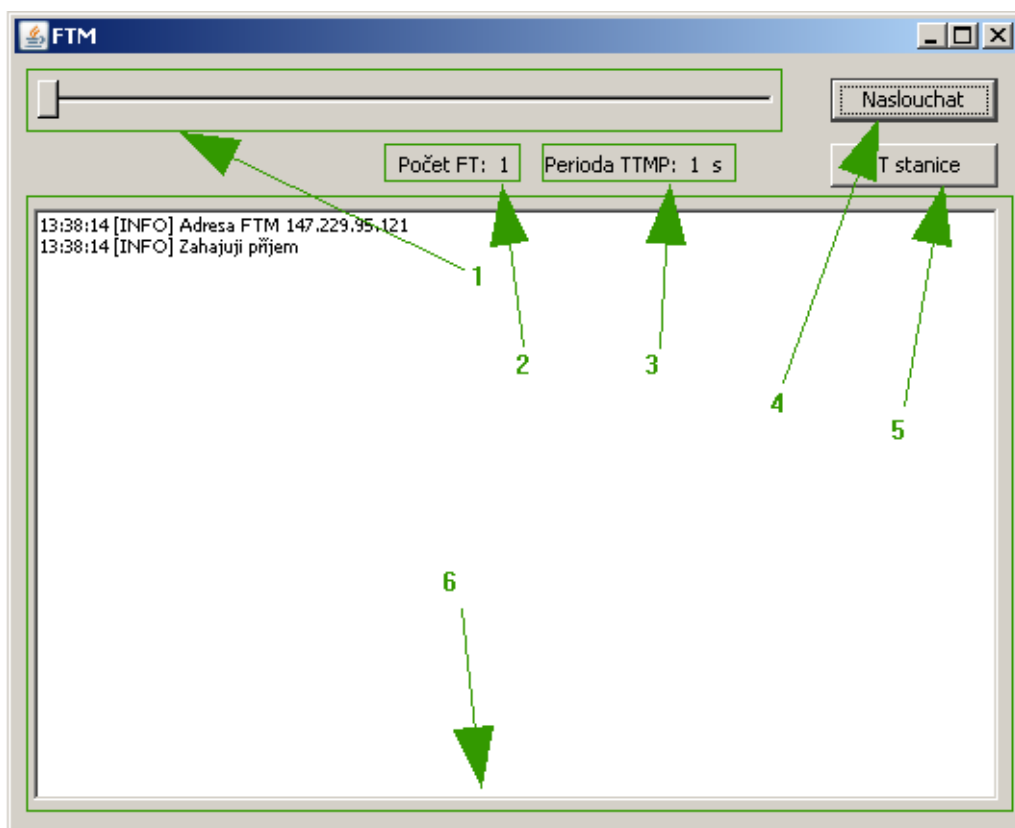
V předchozích kapitolách byl tedy popsán program, který sbírá informace o FT stanicích. K posílání paketů FTM stanici byl vyvinut program, který toto obsluhuje. Tento program je tedy spuštěn na FT stanici a zajišťuje pravidelné posílání paketů TTMP typu 10 na adresu FTM stanice, která pakety zachytává a zpracovává. Aplikace je zpracována, podobně jako aplikace pro FTM stanici, ve formě vláken, které pracují paralelně (v případě více jádrového CPU).

6.2.1 Struktura aplikace

Prvním z vláken je hlavní vlákno, které obstarává pravidelné zasílání specifických paketů na adresu FTM stanice. Pakety jsou zasílány na cílový port 7774 a jako zdrojový port mají nastaven port 7776, viz obrázek 4.1. O tom, jak často jsou tyto pakety zasílány na FTM stanici, rozhoduje druhé vlákno, které naopak naslouchá na portu 7774 a čeká na příchod specifického TTMP paketu (typu 11), který nese informaci o nové periodě vysílání. V případě, že dojde k příjmu paketu na tento port FT stanice (komunikace znázorněna na obrázku 4.1), je ovlivněna perioda vysílání vysílacího vlákna podle hodnoty, která je přijata v paketu ze stanice FTM.

6.2.2 Grafické uživatelské rozhraní programu

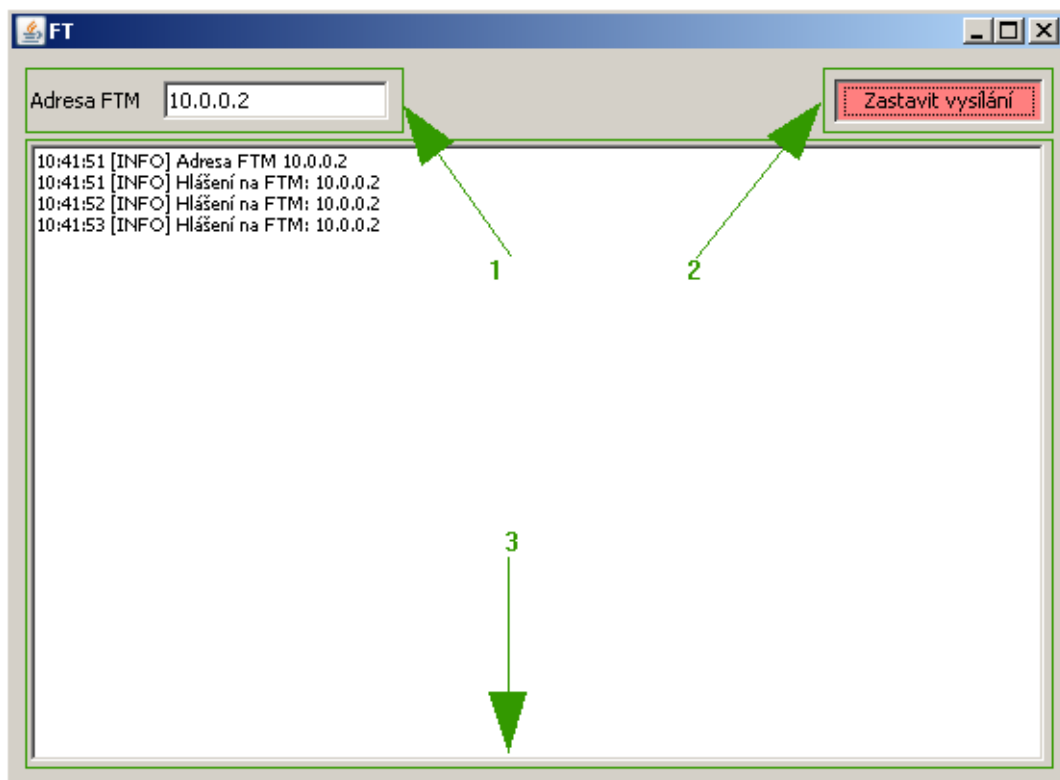
Grafické rozhraní je velice jednoduché. Skládá se ze tří komponent, z nich první (označeno jako 1) je vstupní pole pro zadání IP adresy manažerské stanice FTM. Dalším ovládacím prvkem je tlačítko 2, které slouží pro zahájení vysílání na FTM stanici. Poslední komponentou je opět kontejner pro zprávy z komunikace mezi FTM a FT stanicí. Zapisují se zde informace o zasílání zprávy na FTM stanici nebo například informace o změně periody vysílání v případě, že dojde k příjmu paketu informujícím o situaci, kdy je potřeba změnit tuto dobu.



Obr. 6.1: GUI programu spuštěném na FTM stanici

HASH_IP	IP	TS
167772162	10.0.0.2	2008-12-07 08:46:50.046

Obr. 6.2: Tabulka Feedback target stanic se záznamem o jedné FT stanici s informacemi o IP adrese a čase posledního hlášení manažérské stanici



Obr. 6.3: GUI aplikace pro FT stanici

7 ODVOZENÍ ZÁVISLOSTI ŠÍŘKY PÁSM NA RYCHLOSTI DETEKCE PORUCHY

7.1 Rychlost detekce poruchy

Při implementaci vývojových verzí programů, které využívají pro svou komunikaci TTMP protokol a simulují tak funkci FTM stanice při monitorování svých cílů zpětné vazby respektive FT stanic, bylo stanoveno, že rychlost detekce poruchy je dána délkou právě nastavené periody vysílání TTMP paketů směrem na manažérskou FTM stanici. Tato rychlost je tedy přímo úměrná periodě T_{TTMP} . Slovně by se tato závislost dala vyjádřit tak, že v případě, že aktuální perioda vysílání paketů, kterými se FT stanice pravidelně hlásí hlavní stanici FTM, je například 5 s, potom rychlost s jakou je detekována na FTM stanici porucha jedné FT stanice je právě 5 s (7.1). Tuto dobu označme T_{err} . Jestliže se cíl zpětné vazby neohlásí FTM stanici do doby T_{err} , je označena jako chybná respektive ve výpadku (v poruše) (7.2).

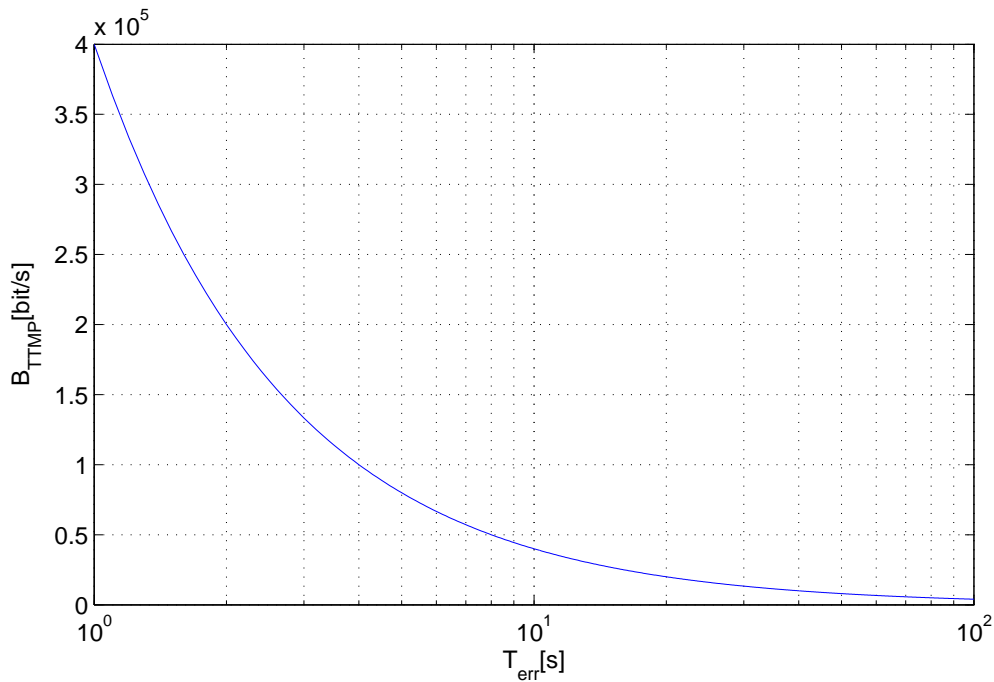
$$T_{\text{err}} = T_{\text{TTMP}} \quad (7.1)$$

$$T_{\text{err}} > T_{\text{TTMP}} \rightarrow \text{chyba} \quad (7.2)$$

7.2 Vyhrazená šířka pásma

Pro monitorování cílů zpětné vazby (FT stanic) je vyhrazena šířka pásma B_{TTMP} . Tato šířka pásma je stanovena jako část z celkové šířky pásma pro multimediální vysílání signalizaci a další režii spojenou s vysíláním. V předchozím textu jsme určili šířku pásma B_{TTMP} pro monitorovací účely v části 5 % z celkové B . Závislost šířky pásma na rychlosti detekce poruchy FT stanice je funkcí rychlosti detekce poruchy (7.3), kterou vyjadřuje 7.4, kde N je počet FT stanic ve stromu hierarchické agregace, a PL je délka TTMP paketu (400 bitů). PL i N jsou konstantní. Závislost lze graficky pozorovat na obrázku 7.1. Z průběhu je vidět, že s rostoucí dobou, za jakou je system schopen detekovat poruchu, klesá nárok na šířku pásma B_{TTMP} , která je nutná k přenosu monitorovacích paketů protokolu TTMP. Z tohoto výsledku pro nás může plynout několik závěrů. Mame-li k dispozici větší prostředky co se týká šířky pásma můžeme, bude rychlost detekce poruchy relativně krátká. Na druhou stranu, v případě, že z nějakých důvodů nepotřebujeme zjištění poruchy na FT stanici tak rychle, je možné si dovolit prodloužení této doby na nějakou únosnou mez, za cenu uvolnění části vyhrazeného pásma.

$$B_{\text{TTMP}} = f(T_{\text{err}}) [\text{bit/s}] \quad (7.3)$$



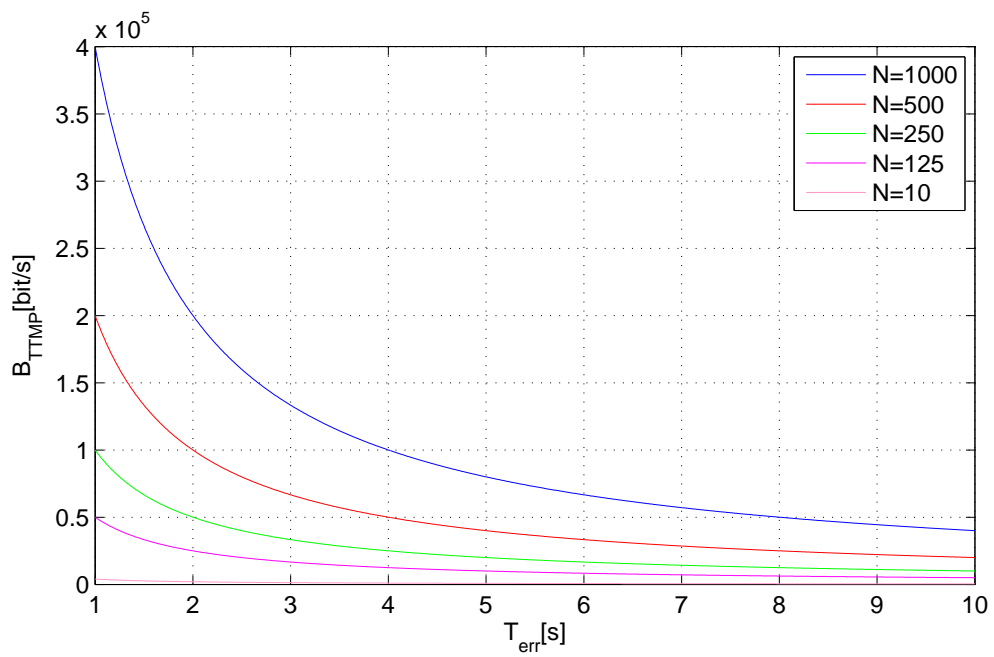
Obr. 7.1: Závislost šířky pásma B_{TTMP} na rychlosti detekce poruchy T_{err} pro $N = 1000$

$$B_{TTMP} = \frac{N \cdot PL}{T_{err}} [bit/s] \quad (7.4)$$

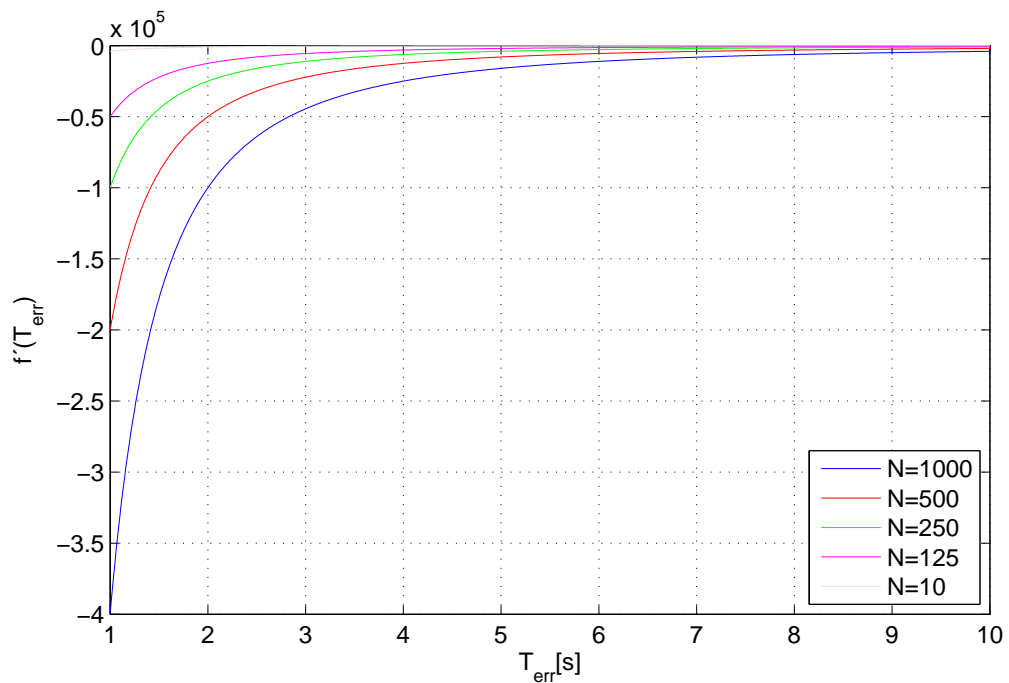
Na obrázku 7.2 je znázorněna závislost šíře pásma na rychlosti detekce poruchy pro několik případů N tj. počtu FT stanic ve stromu hierarchické agregace. Z 7.2 tedy plyne, že pro menší počty FT stanic (tedy N) je nárok na šířku pásma menší. Průběh v oblasti nižších časů T_{err} je méně strmý, kdežto pro velká N je v oblasti $T_{err} \in \langle 1; 3 \rangle$ patrný prudký vzestup hodnot B_{TTMP} . Na obrázku 7.3 je pak znázorněna derivace funkce z obrázku 7.2 tak, aby byla patrna změna v oblasti krátkých časů T_{err} .

7.3 Poruchy při komunikaci

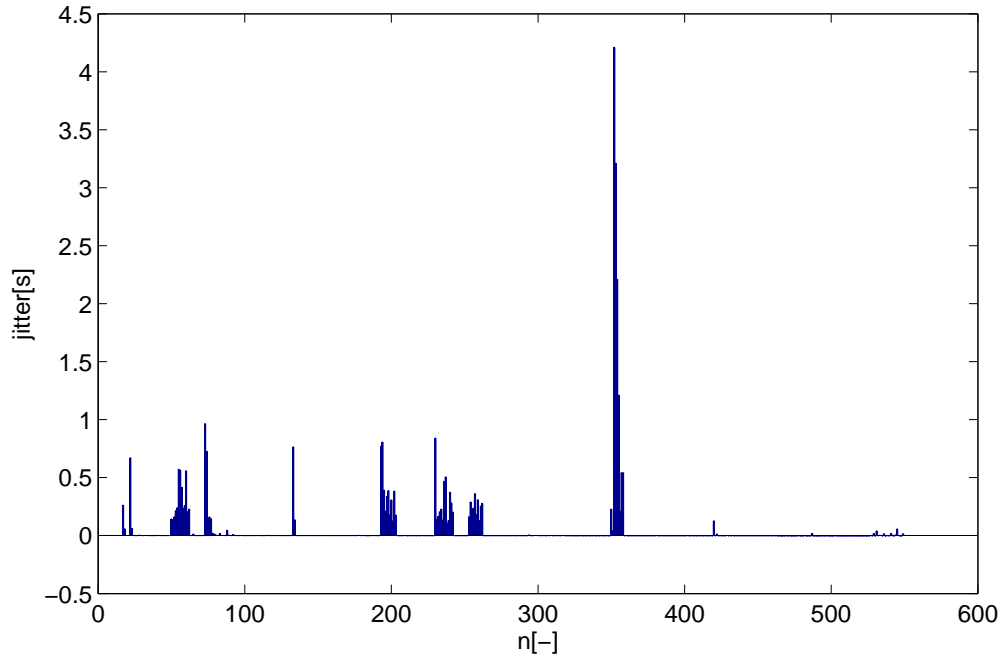
Tak jako v jiných aplikacích i zde dochází k různým druhům poruch, lépe řečeno je nutné s nimi počítat, ať už v menší nebo ve větší míře. V předchozím textu bylo zmíněno, že protokol TTMP je typu UDP tedy není spojově orientovaný a nelze zaručit doručení paketu TTMP k cílové stanici FTM. Dojde-li k situaci, že paket, kterým se FT stanice pravidelně hlásí, nebude doručen k cílové stanici, může dojít (za předpokladu, že takových výpadků bude větší množství za sebou) k vyhodnocení chyby na straně FT stanice manažérskou stanicí FTM, která očekává pravidelné hlášení. Toto hlášení v důsledku výpadku nedorazilo a tak je FT označena jako poruchová. K podobnému vyhodnocení může dojít i v následku jitteru - tedy proměnnému kolísání



Obr. 7.2: Závislost šířky pásma B_{TTMP} na rychlosti detekce poruchy T_{err} pro více N (počet FT stanic ve stromu hierarchické agregace)



Obr. 7.3: Derivace funkce z obrázku 7.2 pro různá N (počet FT stanic ve stromu hierarchické agregace)



Obr. 7.4: Měření jitteru na skupině TTMP paketů směřovaných z FT stanice na FTM stanici, pro $T_{\text{TTMP}} = 1[\text{s}]$.

zpoždění. Mějme situaci kdy je perioda hlášení stanic FT nastavena na interval 1 s, tedy, že každá FT stanice ve stromu hierarchické agregace vysílá co jednu vteřinu jeden TTMP paket na adresu hlavního cíle zpětné vazby (FTM). Je-li vše v pořádku, přijme FTM stanice co vteřinu jedno hlášení od každé FT stanice v HA. Dojde-li například od jedné stanice ke zpoždění některého z paketů TTMP, může nastat situace, že tento paket přijde (v horším případě nedojde vůbec) pozdě resp. v době kdy je již stanice označena za poruchovou. Tuto situaci ilustruje graf 7.4, kde je měřen na skupině paketů jitter. Je zde vidět že hodnota jitteru se pohybuje okolo nuly (v sekundách), místy tento jitter vzroste a jeho hodnoty se pohybují do 1 s, tedy v rámci tolerance. Pro eliminování větších hodnot jitteru bychom mohli například k době, za kterou FTM vyhodnotí cíl zpětné vazby za poruchový, připočít nějakou rezervu. Stanovíme-li, že doba za kterou by měl TTMP paket dorazit (resp. interval s jakým je paket očekáván na FTM stanici) bude

$$T_{\text{err}_{\text{new}}} = T_{\text{TTMP}} + 0,5 \cdot T_{\text{TTMP}}, \quad (7.5)$$

kde T_{TTMP} je perioda s jakou vysílají FT stanice své pakety TTMP na manažérskou FTM stanici. Vztah 7.5 tedy jednoduše vyjadřuje, to že doba, za kterou FTM stanice označí FT jako poruchovou bude o 50 % větší než je doba T_{TTMP} . V případě $T_{\text{TTMP}} = 1[\text{s}]$ by pak $T_{\text{err}_{\text{new}}}$ nabývalo hodnoty $1,5[\text{s}]$.

Napříč rezervě, která byla stanovena ve vztahu 7.5 je i přesto možné, že vlivem extrémních hodnot jitteru dojde i k překročení nově stanovené hodnoty, za kterou je FT označena jako poruchová. Situaci opět ilustruje 7.4, kde v oblastech okolo $n = 350$ je patrné zpoždění několika paketů až o 4 s. I přesto, že FTM stanice rozhodne, že je FT v poruše - i když tomu tak ve skutečnosti nemusí být - nejedná se v tomto případě o kritickou situaci, v případě že víme, že zpoždění je krátkodobého charakteru (nejde o výpadek spojení) a tedy je zřejmé, že se stanice v příštím intervalu opět zahlásí. Tímto tedy bylo poukázáno na možné stavy a poruchy, které se běžné vyskytují v praxi a je nutné, spíše než je eliminovat (což lze v mnoha případech pouze z těží), s nimi počítat a vyhnout se tak možným následkům. Na takové krátkodobé výpadky můžeme reagovat různě. V některých případech je možné je ignorovat, jelikož ve skutečnosti nemusí jít o skutečné výpadky, ale pouze o zpoždění větší než vyhodnocovací úroveň zpoždění a nebo je možné tyto nestandardní jevy nějakým způsobem statisticky zpracovávat a nadále vyhodnocovat. Je možné například, že výsledkem měření bude pravidelně se opakující výpadky, což může vést například k zahlcení některých síťových prvků na cestě směrem od FT stanice k FTM stanici. Rovněž pomocí statistických údajů lze zjistit, jaká FT stanice je výloženě problémová a nadále tento stav vhodně řešit. Touto problematikou se zabývá následující text.

8 NÁVRH MECHANISMŮ PRO ZLEPŠENÍ KVALITY VYHODNOCOVÁNÍ

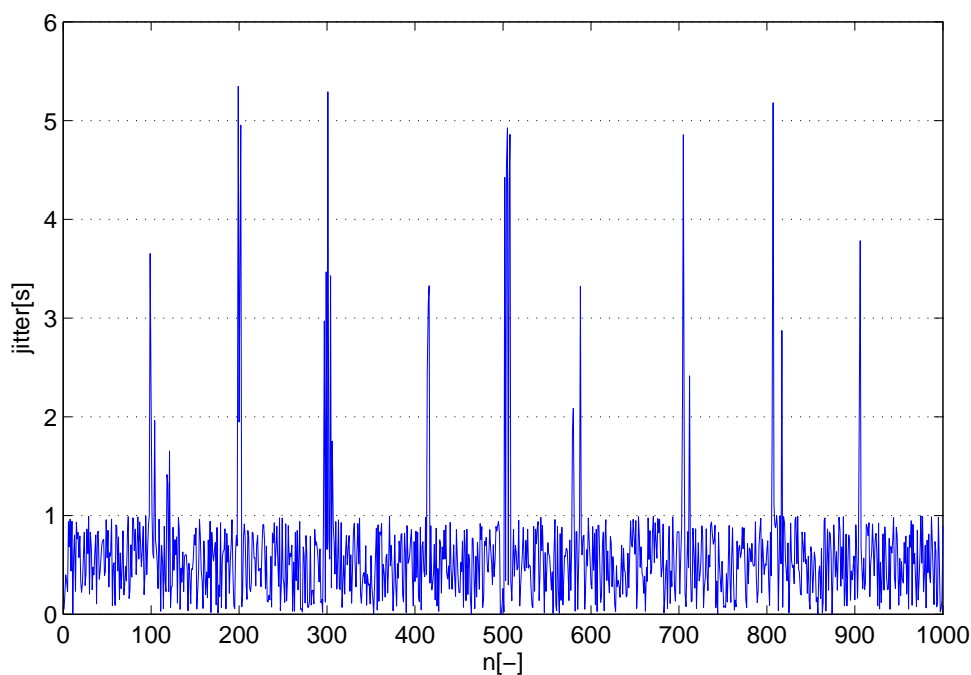
V předchozím textu byly zmíněny některé jevy, jež ovlivňují kvalitu vyhodnocení zda je FT stanice v poruše či nikoliv. Pro zlepšení procesu vyhodnocování je lépe zavést určité mechanismy, které budou počítat s těmito negativními vlivy a eliminovat tak jejich přímý vliv na vyhodnocení popřípadě statisticky zpracovávat data o těchto vlivech, která mohou být následně využita k dalšímu zlepšení kvality vyhodnocení. Tyto mechanismy jsou zařazeny jako vylepšení stávajícího protokolu TTMP.

8.1 Negativní vlivy působící na vyhodnocování

Negativními vlivy, které přímo působí na kvalitu vyhodnocování jsou například vliv jitteru (kolísání zpoždění), který byl uveden v předchozí kapitole nebo vliv ztrátovosti paketů. Je zřejmé, že vlivů působících na kvalitu vyhodnocování FTM stanice je několik, ale za významné můžeme považovat tyto dva a proto budou v textu dále rozebrány.

8.1.1 Vliv kolísání zpoždění

Kolísání zpoždění je jev, který doprovází mnoho síťových aplikací. Jedná se v podstatě o kolísání zpoždění, tedy o proměnnou velikost zpoždění v čase. Mnoho aplikací je imunních vůči konstantnímu zpoždění, mnohým aplikacím zpoždění jakéhokoliv druhu ani nevadí. Avšak v případě, že se jedná a zpoždění jehož velikost se více či méně mění, bývá tento jev značný problém například v aplikacích pro vysílání a příjem videa tzv. on-line nebo v aplikacích IP telefonie a podobně. Problém může nastat i zde, při vyhodnocování skutečnosti zda je stanice FT v poruše či nikoliv. Toto rozhodování (jak již bylo definováno v předchozím textu) provádí hlavní manažerská stanice zpětné vazby FTM, která na základě skutečnosti, že se všechny stanice FT, které jsou v rámci HA definovány, pravidelně hlásí svými TTMP pakety daného typu právě na adresu FTM stanice, která tyto pakety přijímá a analyzuje. Na obrázku 7.4 a 8.1 ilustrují situace proměnné hodnoty zpoždění v čase. Obrázek 7.4 je výsledkem reálného měření jitteru po určitou dobu, kdy došlo k zachycení asi 550 paketů u kterých se následně analyzovala doba odeslání a doba příjmu a došlo k výpočtu jitteru. Kromě vcelku malých hodnot zpoždění je zde cca okolo $n = 350$ výrazná špička jež může mít, za podmínek popsaných v předchozím textu, negativní vliv na vyhodnocování FTM stanicí. Výsledek měření poukazuje na to, že tyto špička byla spíše výjimkou a tedy tato situace pro správný chod protokolu TTMP nepředstavuje větší

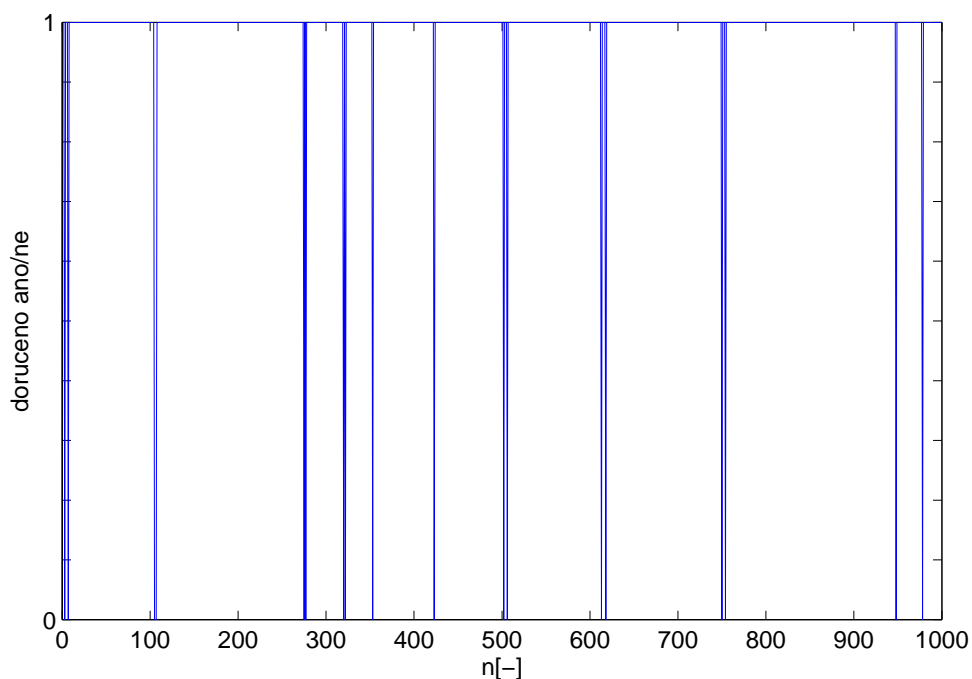


Obr. 8.1: Simulace možné situace, kdy se pravidelně opakují velké hodnoty zpoždění, kde FTM stanice může vyhodnotit FT stanici jako poruchovou, v případě, že dojde následující TTMP paket nebude doručen včas tj. před uplynutím doby definované vztahem 7.5, která se začíná počítat ihned po přijetí posledního paketu TTMP.

problém. Dalším výskytem může být například pravidelný výskyt relativně větších hodnot zpoždění, což už může představovat větší problém a simulace je uvedena na obrázku 8.1.

8.1.2 Vliv ztrátovosti paketů

Ztrátovost paketů je obecně stav, kdy nedojde k doručení vyslaného paketu ze zdrojové stanice příjemcem tohoto paketu. Příčin vzniku ztráty paketů může být mnoho. Mezi nejvýznamnější patří například porucha na fyzické lince mezi příjemce a odesilatelem, která obvykle způsobí trvalé ztráty. Dále se může jednat například o ztrátu paketů z důvodů zahození paketů některým ze směrovacích prvků na cestě mezi odesilatelem a příjemcem paketu. Toto zahození může způsobit například zahlcení daného směrovače nebo zatoulání paketu na cestě k příjemci. Ke ztrátě paketů může dojít také zahozením paketů některým z firewallů v důsledku nesprávně nastavených pravidel či politiky firewallů. Problém firewallu však není předmětem této práce. Na obrázku 8.2 je znázorněna ztrátovost paketů. Pro set čítající cca 1000 paketů je



Obr. 8.2: Simulace ztrátovosti paketů, kdy může dojít stejně jako na obrázku 8.1 k chybnému označení FT stanice jako poruchové v okamžicích, kdy paket není doručen a další není doručen před vypršením času definovaném v 7.5. Pro 1=doručený paket, 0=ztracený paket.

zde zobrazena skutečnost zda byl určitý paket přijat svým příjemcem (v případě aplikace TTMP) či nikoliv. Svislá osa pak zobrazuje stav 0=nepřijato a 1=přijato. Z globálního hlediska tedy můžeme prohlásit, že ztrátovost paketů na obrázku 8.2 je náhodná a není nijak výrazná. Tato míra ztrátovosti pro TTMP nepředstavuje větší problém. Problém by mohl nastat při velké ztrátovosti kdy již poměr mezi doručenými a odeslanými pakety klesne pod hranici přijatelnosti a nasazení TTMP by zde postrádal smysl.

8.2 Důsledky působení negativních vlivů na vyhodnocování

Výše probrané vlivy, které jsou ať už ve větší či menší míře přítomny v podstatě v každé síťové aplikaci mají na výsledek vyhodnocení stejný vliv. Působením těchto vlivů se může stát, že FTM stanice na základě buď zpožděného nebo nedoručeného paketu, kterým se FT stanice pravidelně ohlašuje, vyhodnotí danou FT jako poruchovou. U obou těchto negativních činitelů záleží v jaké míře se vyskytují na daném

spojení a tedy jak moc na aplikaci působí.

8.3 Eliminace vlivu na vyhodnocování

Oba dříve popsané vlivy působí na systém se stejným výsledkem. Tyto vlivy nejde zcela eliminovat tím spíše je vhodné přizpůsobit aplikaci tak, aby působení těchto vlivů měly na vyhodnocování minimální vliv. Protokol TTMP je svou koncepcí na tyto vlivy připraven a dokáže se s nimi v určité míře vypořádat. Tato vlastnost spočívá v opakovaném hlášení FT stanic. FT stanice se neustále v daném intervalu hlásí manažérské FTM stanici. Interval s jakým odesílají své hlášení je dán algoritmem pro výpočet periody hlášení, která je přímo úměrná počtu FT stanic ve stromu Hierarchické agregace a vyhrazené šířky pásma, která je určena právě pro protokol TTMP. Například vlivem jitteru, který je ilustrován obrázkem 7.4 a 8.1 sice stanice FTM označí danou FT stanici jako poruchovou, ale jen pro daný okamžik. Pro další situace, kdy již bude jitter na přijatelné úrovni bude vyhodnocování správné. Stejná situace platí pro ztrátovost paketů. Jestliže bude úroveň ztrátovosti relativně malá, platí stejné pravidlo jako v případě jitteru. Pakliže dojde ke ztrátě paketů a následně bude další paket doručen v pořádku je to v pořádku a stanice bude vyhodnocena jako ne poruchová.

8.4 Zpracování statistických údajů negativních vlivů

Ačkoliv vlivy popsané výše v textu působí negativně na vyhodnocování FTM stanice, je možné je i využít ve prospěch aplikace. Výskyty jevů resp. hodnoty negativních jevů takové, že dojde k vyhodnocení stanice jako poruchové, nesou určité informace, které je možné statisticky zpracovat a využít. Například je možné zaznamenat výskyty špiček zpoždění jako na obrázku 7.4 nebo 8.1. Z těchto údajů je možné sestavit rozhodnutí zda je tento jev náhodný nebo deterministický a je tedy možné další výskyt předpokládat a například ignorovat. Konkrétně je možné výskyty takových anomálií logovat do předem připravených tabulek, například do tabulek na bázi HSQLDB. Podobně jako se v TTMP zaznamenávají data o příchozích paketech z FT stanic, by bylo možné zaznamenat četnost popřípadě další informace o výskytech takto nebezpečných jevů. Následně lze z těchto údajů statisticky odvodit další výskyty či jiné důležité údaje a na jejich základě připravit systém, tak aby vhodně zareagoval. Taková tabulka může vypadat například jako 8.1, kde jsou po řádcích zaznamenávány informace o jednotlivých extrémních hodnotách jitteru. Z tabulky je zřejmé a možné odvodit periodicitu výskytu větších hodnot. na tuto skutečnost je možné reagovat tak, že aplikaci vhodně přizpůsobíme, tak že vyčká například delší

paket číslo	velikost zpoždění [s]
100.	3,7
201.	5,4
299.	5,38
420.	3,4
500.	4,9
582.	3,2
710.	4,89
810.	5,25
900.	3,8

Tab. 8.1: Návrh tabulky pro záznam informací o jitteru. Z tabulky je možné odvodit periodicitu výskytů větších hodnot zpoždění. Hodnoty tabulky odpovídají přibližně situaci na obrázku 8.1

dobu a nebo vyhodnocení nebude přikládat význam. Obdobná tabulka by se dala vytvořit pro sběr informací o výpadcích spojení resp. ztrátě paketů a podobně. Na základě statistických údajů pak lze špatnému vyhodnocování předcházet a některé další údaje využít i případně pro další aplikace.

9 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá problematikou zabezpečení a zajištění stability pro přenos signalizace od IPTV přijímačů. Konkrétně zde byl navržen protokol pro monitorování FT (Feedback target) stanic ve stromu hierarchické agregace. Bylo zde navrženo jak samotného protokolu, tak podpůrných programových prostředků pro simulaci, které tyto stanice monitorují za předpokladu, že FT se pravidelně hlásí FTM stanici vysíláním TTMP paketů, které jsou svým datovým obsahem specifické pro tuto činnost. To bylo podníceno návrhem datových jednotek, které vycházejí z teoretické koncepce v [2]. K monitorování bylo využito dvou typů datových jednotek, přičemž obě mají hlavičku TTP, pro snadnou implementaci v celé koncepci Tree transmission protocol. K praktické implementaci protokolu bylo použito programovacího jazyka JAVA, kde byly navrženy dva programy. Program spuštěný na FTM stanici (manažerská část), která sbírá informace o FT stanicích a proces, který je spuštěn na každé FT stanici. Tento proces periodicky vysílá pakety a hlásí se tak FTM stanici. Aby nevznikal příliš velký a zbytečný provoz způsobený konstantní periodou hlášení a případným rostoucím počtem FT stanic, bylo nutno navrhnout a optimalizovat algoritmus změny periody. Výsledkem je, že datový tok generovaný FT stanicemi vysílajícími hlášení, je konstantní, respektive nedostane se nad stanovenou hranici. Jak již bylo zmíněno, hlášení jsou zpracovávána FTM stanicí. Tato stanice pakety, přesněji informace z nich, zapisuje do své tabulky v databázi, která je realizována pomocí databázového stroje HSQLDB. Právě tento stroj byl zvolen z mnoha jiných, kvůli svým výborným vlastnostem, hlavně co se týče rychlosti. Je-li udržována tabulka FT stanic a jejich doba posledního hlášení, můžeme jednoduše detekovat poruchu FT stanice tak, že procházíme tabulku a podle časové značky a znalosti, kdy se stanice měla nejpozději hlásit zjistíme, že se neohlásila buďto vůbec nebo se zpožděním. V další části je rozebrána problematika závislosti šířky pásma, která je využita právě provozem vzniklým přenosem monitorovacích informací, na rychlosti detekce poruchy. Závislost pro různé počty FT stanic ve stromu H_a je diskutován s samostatných kapitolách. V návaznosti na předcházející text byly probrány problémy, které mohou nastat při vyhodnocování poruchy FT stanice a byly zde navrženy a diskutovány mechanismy jejich kompenzace. Část mechanismu pro kompenzaci negativních vlivů na vyhodnocování FTM stanicí toho, zda je FT stanice v poruše či nikoliv, je navržena jako nástavba TTMP protokolu, který byl navržen a představen v předchozím textu.

Budoucí rozvoj této práce může spočívat v optimalizaci a případném zrychlení celého kódu aplikací. Zároveň by měla být věnována pozornost simulacím, popřípadě testům aplikací v reálném prostředí s využitím některých ze simulačních nástrojů. Co však je považováno za důležité, je rozvoj aplikace, co se týče univerzálnosti

kódu, kdy by cílem mělo být přepracování vývojové verze protokolu a aplikací do nějaké formy, například obecně použitelné knihovny pro snadnou implementaci v celé koncepci HA. Další rozvoj práce by mohl spočívat na vývoji optimalizací, které byly diskutovány v poslední části práce.

LITERATURA

- [1] Radim Burget, Dan Komosny, Jakub Muller, Milan Simek *Tree Transmission Feedback: Scalable Signaling for IPTV Systems*. Faculty of Electrical Engineering and Communication, University of Technology, Brno, Czech Republic
- [2] Radim Burget *Přenos signalizace pro internetovou televizi*. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Vysoké učení technické, Brno, 2008
- [3] Blaine Simpson, Fred Toussi *Hsqldb User Guide*. 2008,
<http://hsqldb.org/web/hsqldbDocsFrame.html>
- [4] Sun Microsystems, Inc. *JavaTM Platform, Standard Edition 6 API Specification*. 2008,
<http://java.sun.com/javase/6/docs/api/>
- [5] T. S. Eugene Ng, Hui Zhang *Towards Global Network Positioning*. Department of Computer Science, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA 15213
- [6] Frank Dabek, Russ Cox, Frans Kaashoek, Robert Morris *Vivaldi: A Decentralized Network Coordinate System*. MIT CSAIL, Cambridge, MA
- [7] Ulf Lamping, Richard Sharpe, NS Computer Software and Services P/L Ed Warnicke, *Wireshark^R User's Guide*. 2008,
<http://www.wireshark.org/download/docs/user-guide-a4.pdf>
- [8] H. Schulzrinne a kol. *RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications (RFC 3550)*. 2003,
<http://tools.ietf.org/html/rfc3550>
- [9] J. Postel *RFC768 - User Datagram Protocol*. 1980,
<http://www.faqs.org/rfcs/rfc768.html>
- [10] Object Management Group *UML 2.0 Diagram Interchange RFP*. 2001,
<http://www.jeckle.de/files/DiagramInterchange01-02-39.pdf>
- [11] IEEE Computer Society *IEEE 802.3-2005*. 2005,
http://standards.ieee.org/getieee802/download/802.3-2005_section1.pdf
- [12] Information Sciences Institute, University of Southern California *Internet Protocol Specification*. 1981,
<http://www.ietf.org/rfc/rfc0791.txt>

SEZNAM SYMBOLŮ, VELIČIN A ZKRATEK

HA	hierarchická agregace
RTCP	Real-Time Control Protocol
ASM	Any-Source Multicast
RTP	Real-time Transport Protocol
SR	Sender Report
RR	Receiver Report
SSM	Source-Specific Multicast
FT	Feedback Target
PDA	Personal Digital Assistant
RSI	Receiver Summary Information
ICMP	Internet Control Message Protocol
FTM	Feedback Target Manager
TTP	Tree Transmission Protocol
TTMP	Tree Transmission Monitoring Protocol
UDP	User Datagram Protocol
HA	Hierarchická agregace
IP	Internet Protocol
SQL	Structured Query Language