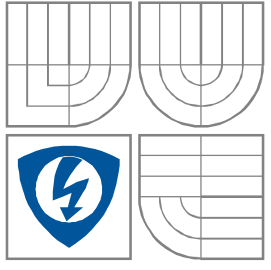


	<p>VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY</p>
	<p>FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ ÚSTAV RADIOELEKTRONIKY</p> <p>FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION DEPARTMENT OF RADIO ELECTRONICS</p>

ROZŠÍŘENÍ PROGRAMU PRO AUTOMATICKÉ VYHODNOCOVÁNÍ MOBILNÍCH DATOVÝCH KOMUNIKACÍ

T-SPEED TEST FOR UMTS SYSTEM

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. Jan Šmíd

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. Stanislav Hanus, CSc.

BRNO, 2007

LICENČNÍ SMLOUVA POSKYTOVANÁ K VÝKONU PRÁVA UŽÍT ŠKOLNÍ DÍLO

uzavřená mezi smluvními stranami:

1. Pan/paní

Jméno a příjmení: Bc. Jan Šmíd
Bytem: Pražská 1535, Náchod, 547 01
Narozen/a (datum a místo): 8. května 1984 v Náchodě

(dále jen „autor“)

a

2. Vysoké učení technické v Brně

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií
se sídlem Údolní 53, Brno, 602 00
jejímž jménem jedná na základě písemného pověření děkanem fakulty:
prof. Dr. Ing. Zbyněk Raida, předseda rady oboru Elektronika a sdělovací technika
(dále jen „nabyvatel“)

Článek 1

Specifikace školního díla

1. Předmětem této smlouvy je vysokoškolská kvalifikační práce (VŠKP):

- disertační práce
- diplomová práce
- bakalářská práce
- jiná práce, jejíž druh je specifikován jako
(dále jen VŠKP nebo dílo)

Název VŠKP: Rozšíření programu pro automatické vyhodnocování mobilních datových komunikací

Vedoucí/ školitel VŠKP: prof. Ing. Stanislav Hanus, CSc.

Ústav: Ústav radioelektroniky

Datum obhajoby VŠKP: _____

VŠKP odevzdal autor nabyvateli*:

- v tištěné formě – počet exemplářů: 2
- v elektronické formě – počet exemplářů: 2

2. Autor prohlašuje, že vytvořil samostatnou vlastní tvůrčí činností dílo shora popsané a specifikované. Autor dále prohlašuje, že při zpracovávání díla se sám nedostal do rozporu s autorským zákonem a předpisy souvisejícími a že je dílo dílem původním.
3. Dílo je chráněno jako dílo dle autorského zákona v platném znění.
4. Autor potvrzuje, že listinná a elektronická verze díla je identická.

* hodící se zaškrtněte

Článek 2

Udělení licenčního oprávnění

1. Autor touto smlouvou poskytuje nabyvateli oprávnění (licenci) k výkonu práva uvedené dílo nevýdělečně užít, archivovat a zpřístupnit ke studijním, výukovým a výzkumným účelům včetně pořizování výpisů, opisů a rozmnoženin.
2. Licence je poskytována celosvětově, pro celou dobu trvání autorských a majetkových práv k dílu.
3. Autor souhlasí se zveřejněním díla v databázi přístupné v mezinárodní síti
 - ihned po uzavření této smlouvy
 - 1 rok po uzavření této smlouvy
 - 3 roky po uzavření této smlouvy
 - 5 let po uzavření této smlouvy
 - 10 let po uzavření této smlouvy(z důvodu utajení v něm obsažených informací)
4. Nevýdělečné zveřejňování díla nabyvatelem v souladu s ustanovením § 47b zákona č. 111/ 1998 Sb., v platném znění, nevyžaduje licenci a nabyvatel je k němu povinen a oprávněn ze zákona.

Článek 3

Závěrečná ustanovení

1. Smlouva je sepsána ve třech vyhotoveních s platností originálu, přičemž po jednom vyhotovení obdrží autor a nabyvatel, další vyhotovení je vloženo do VŠKP.
2. Vztahy mezi smluvními stranami vzniklé a neupravené touto smlouvou se řídí autorským zákonem, občanským zákoníkem, vysokoškolským zákonem, zákonem o archivnictví, v platném znění a popř. dalšími právními předpisy.
3. Licenční smlouva byla uzavřena na základě svobodné a pravé vůle smluvních stran, s plným porozuměním jejímu textu i důsledkům, nikoliv v tísní a za nápadně nevýhodných podmínek.
4. Licenční smlouva nabývá platnosti a účinnosti dnem jejího podpisu oběma smluvními stranami.

V Brně dne: 30. května 2008

.....
Nabyvatel

.....
Autor

ANOTACE

Tato práce se zabývá rozšířením měřicího programu pro datové přenosy v mobilních komunikacích o části, které provádí analýzu webových stránek pomocí HTTP protokolu, přijímají data z připojeného GPS přijímače a umožňují automatizované měření.

KLÍČOVÁ SLOVA

T-Speed, HTTP, web analýza, GPS

ABSTRACT

The thesis deals with adding new parts to program for measuring data rates in mobile communications. New program parts are used for analyzing web pages and HTTP protocol, receiving position data from GPS receiver and for creating automated measuring sequences.

KEYWORDS

T-Speed, HTTP, web analysis, GPS

Bibliografická citace mé práce:

ŠMÍD, J. *Rozšíření programu pro automatické vyhodnocování mobilních datových komunikací*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2008. 48 s. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Stanislav Hanus, CSc.

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma Rozšíření programu pro automatické vyhodnocování mobilních datových komunikací 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 30. května 2008

.....
podpis autora

Poděkování

Děkuji vedoucímu diplomové práce prof. Ing. Stanislavu Hanusovi, CSc. za účinnou metodickou, pedagogickou a odbornou pomoc a další cenné rady při zpracování mé diplomové práce. Zvláštní poděkování pak patří ing. Dušanu Sušilovi ze společnosti T-Mobil.

V Brně dne 30. května 2008

.....
podpis autora

Obsah

1. Úvod do UMTS	8
1.1 IMT-2000	8
1.2 Systém UMTS	8
1.3 Hlavní odlišnosti UMTS proti GSM	9
1.4 Architektura systému UMTS	10
1.5 Zpracování signálů v UMTS	10
1.6 Používané kanály.....	13
1.6.1 Logické kanály	14
1.6.2 Transportní kanály.....	14
1.6.3 Fyzické kanály.....	15
1.7 Přenos dat fyzickou vrstvou	16
2. Protokol HTTP	21
2.1 Úvod.....	21
2.2 HTTP dotazy	23
2.3 HTTP odpovědi	24
3 Protokol TCP	25
3.1 Úvod do TCP.....	25
3.2 Segment TCP.....	26
3.2.1 Hlavička TPC	26
3.3 Komunikace pomocí TCP	29
3.3.1 Spolehlivý přenos	29
3.3.2 Metoda Stop-and-Wait ARQ.....	29
3.3.3 Metoda s plovoucím oknem	30
3.3.4 Navázání spojení	31
3.3.5 Ukončení spojení.....	32
4. GPS NAVSTAR	33
4.1 Přehled.....	33
4.2 Dálkoměrná metoda navigace	34
4.3 Protokol NMEA 0183	36
5. Měřicí program	37
5.1 TSpeed.....	37
5.2 HTTP test	38
5.2 HTTP test	38
5.3 Sekvence 3G PMOP	45
6. Závěr	47
7. Použitá literatura	48
8. Seznam zkratek	49

1. Úvod do UMTS

1.1 IMT-2000

Již od počátku devadesátých let intenzivně pracují mezinárodní telekomunikační orgány na vývoji systémů třetí generace (3G), určených pro personální komunikaci. První iniciativy ITU (International Telecommunication Union) se objevili ještě před dokončením standardizace systémů 2. generace. Práce na tomto systému, původně označovaném jako FPLMTS (Future Public Land Mobile Telecommunication System), vyústily v obecně platná doporučení pro celosvětový standart IMT-2000 (International Mobile Telecommunications - 2000). Tato doporučení a požadavky se staly základem všech následně vyvíjených systémů. Zde jsou uvedeny některé požadavky na systém IMT-2000 :

- Zvýšení přenosových rychlostí současných systémů 2. generace na hodnoty až 2 Mbit/s pro mobilní stanice pohybující se rychlostí do 6km/h (tato rychlost bude dostupná pouze lokálně v centrech měst a obytných čtvrtích). Pro mobilní stanice pohybující se rychlostí do 120km/h, přenosové rychlosti 384kb/s v prostředí městské zástavby a 144kb/s mimo města.
- Celosvětová kompatibilita jak na uživatelské úrovni (mezinárodní roaming), tak na úrovni operátorů (spolupráce zařízení různých výrobců).
- Lepší využití rádiových frekvencí (vyšší spektrální účinnost modulací, účinnější zdrojové a kanálové kódování)
- Nezávislost vlastností a nabídky služeb IMT-2000 na použité technologii rádiového rozhraní, tzn. Použití vícemódových mobilních stanic.
- Bezproblémová konvergence služeb poskytovaných v pevných i mobilních sítích (uživatel by při komunikaci neměl poznat, kterou síť nebo technologii právě používá).
- Podpora služeb s přepínáním okruhů i přepínáním paketů.
- Podpora multimediálních služeb v reálném čase.
- Identifikace účastníka nezávisle na mobilním terminálu pomocí UIM (User Identification Module, obdoba SIM u GSM).
- Dostatečná flexibilita při zavádění nových služeb.

1.2 Systém UMTS

Na vývoji systému splňujícího podmínky IMT-2000 se pracuje v několika regionech světa. Evropská unie (organizace ETSI) vyvíjí systém UMTS (Universal Mobile Telecommunication System). UMTS používá dvě technologie vícenásobného přístupu:

- TD-WCDMA (kombinace technik CDMA a TDMA), která je vhodná pro asymetrické vysokorychlostní datové přenosy
- W-CDMA (kombinace CDMA a FDMA), vhodná pro velkoplošné pokrytí a pro hovorové a střed rychlé symetrické datové služby, ale mnohem náročnější na regulaci výkonu na straně mobilního telefonu i základnové stanice

Pro systém UMTS bylo vyhrazeno 7 kmitočtových pásem v rozsahu 1885-2200 MHz. Jejich přesné kmitočtové rozsahy jsou uvedeny v tab.1.1. Dvě z těchto pásem byly vyhrazeny pro družicovou část systému MSS (Mobile Satellite Service). V roce 2000 byla ještě dodatečně pro UMTS vyhrazena další pásma 1710-1885 MHz a 2500-2690 MHz.

Tab. 1.1. Kmitočtová pásma systému UMTS

Pásmo	Kmitočtový rozsah [MHz]	Šířka pásma [MHz]	Technologie
1	1885-1900	15	DECT
2	1900-1920	20	TD-WCDMA
3	1920-1980	60	FD-WCDMA
4	1980-2010	30	MSS
5	2010-2025	15	TD-WCDMA
6	2110-2170	60	FD-WCDMA
7	2170-2200	30	MSS

1.3 Hlavní odlišnosti UMTS proti GSM

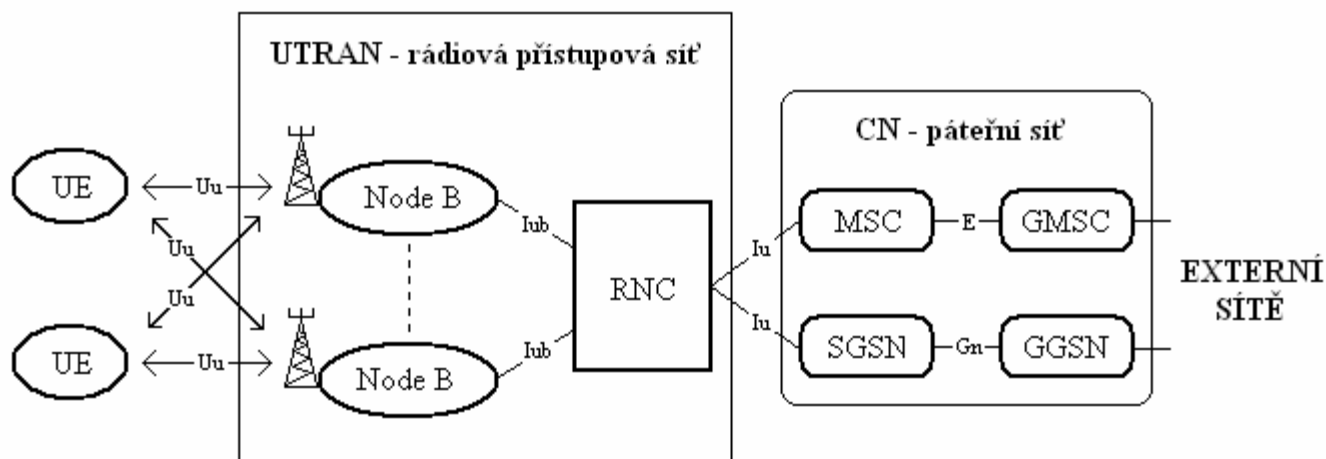
Hlavní odlišnosti systémů UMTS a GSM vyplývají z odlišných použitých technologií vícenásobného přístupu. Díky použití technologie CDMA u UMTS je v různých buňkách opakovaně využíván stejný kmitočet nosné. To má za následek, že se signál z jednoho UE (user equipment, obdoba mobilní stanice u GSM) může šířit několika přenosovými cestami zároveň k různým přijímačům. Tyto signály se mohou sloučit (např. v přijímači typu RAKE) a tím získáme kvalitnější signál v porovnání se signálem pouze z jednoho přijímače.

Dalším důsledkem použití přístupu CDMA a požadavku vzájemné součinnosti mobilních systémů je nutnost používání různých procedur při handoveru. Narozdíl od GSM využívá UMTS tzv. měkký handover, kdy má UE spojení současně s několika základnovými stanicemi. Při pohybu UE se některá spojení ruší, jiná naopak vznikají. Dále se v UMTS používají ještě tzv. měkčí handover (pokud se UE pohybuje na rozhraní dvou sektorů, příslušícím jedné základnové stanici), handover mezi kmitočty (používá se za specifických podmínek, pokud je UE v hierarchické buňkové struktuře, jež používá jiný kmitočet v základních buňkách a v buňce deštníkového typu), handover mezi systémy (např. při přepínání UE mezi UMTS a GSM) a handover mezi módy (přepnutí mezi módy FDD a TDD).

Pokud více UE v buňce používá stejný nosný kmitočet, pro jednu UE se signály z ostatních UE jeví jako rušení a tím zhoršují jeho přenos. S každým dalším UE připojeným do buňky se zvyšuje úroveň rušení až UE nejvíce vzdálené od základnové stanice ztratí s touto stanicí spojení. Tím se sníží efektivní poloměr buňky, což vede ke snížení počtu UE v buňce, ale také zároveň ke snížení rušení v buňce. Díky této změně se mohou vzdálenější UE opět připojit k základnové stanici, efektivní poloměr buňky se zvětšil. Proces, při kterém se opakovaně mění efektivní poloměr buňky díky měnícím se hodnotám interferencí uvnitř buňky se nazývá dýchání buňky.

1.4 Architektura systému UMTS

Architekturu sítě je možné znázornit pomocí několika různých modelů, z nichž každý popisuje systém z jiného hlediska. Na obr. 1.1 je znázorněný model základní architektury systému UMTS.



Obr. 1.1. Architektura sítě UMTS

Model obsahuje dvě základní části. První z nich je pozemní rádiové rozhraní, označované jako UTRAN (UMTS Terrestrial Access Network). Přes tohoto rozhraní mohou jednotliví uživatelé přistupovat k UMTS síti pomocí uživatelských terminálů UE (User Equipment). Základnové stanice se zde označují Node B, mezi UE a Node B je definováno rozhraní U_u . Několik Node Bs je pod kontrolou jedné řídicí jednotky RNC (Radio Network Controller, obdoba BSC u GSM).

Druhou částí je páteřní síť CN (Core Network). Hlavní funkcí CN je spojování hovorů a směrování paketů. Existuje několik možných provedení CN, jednotným požadavkem však je dostatečná přenosová kapacita. Součástí této páteřní sítě jsou také databázové funkce a funkce síťového managementu. Mezi UTRAN a CN je definováno rozhraní I_{uc} .

Při zavádění systému UMTS bylo nutné respektovat stávající a velice rozšířený systém GSM s jeho rozšířeními GPRS a EDGE. Koexistenci obou systémů je možné znázornit pomocí složitějšího modelu zobrazeném na obr. 1.4 v [1], který však není pro naše potřeby důležitý.

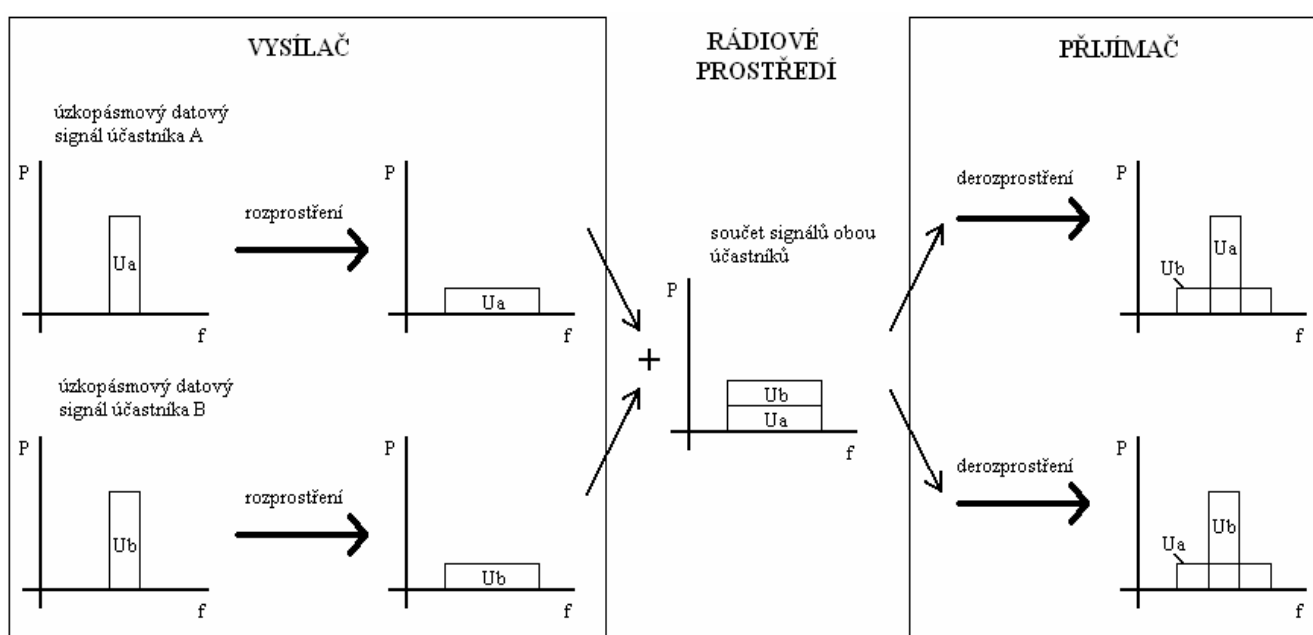
1.5 Zpracování signálů v UMTS

Systém UMTS používá na rozhraní UTRA pro rozlišení jednotlivých účastníků dvě techniky: W-CDMA (frekvenční a kódové rozlišení) a TD-CDMA (časové a kódové rozlišení). Kódové rozlišení spočívá v přidělení unikátní kódové sekvence každému účastníkovi. Touto sekvencí se kóduje datový signál účastníka a jelikož má sekvence

mnohonásobně širší spektrum než datový signál, spektrum signálu se po kódování také rozšíří. Tato technika se nazývá DS-SS (Direct Sequence Spread Spectrum). Rychlost sekvence se udává v chipech za sekundu, označuje se také jako chipová rychlost.

Rozprostřený širokopásmový signál má oproti původnímu úzkopásmovému několik výhod. Rozprostřením signálu se zvětší jeho šířka pásma a zároveň s tím klesne jeho spektrální výkonová hustota. Takový signál je velmi odolný proti rušení (jak úzkopásmovému, tak širokopásmovému) a obtížně detekovatelný, protože se v rádiovém prostředí projeví pouze jako nárůst šumu.

Na straně přijímače je použita stejná posloupnost pro derozprostření směsi signálů více účastníků z rádiového prostředí. Derozprostřením se ze směsi obnoví pouze signál účastníka, ostatní signály si zachovají charakter šumu.



Obr. 1.2. Přenos signálů systémem CDMA

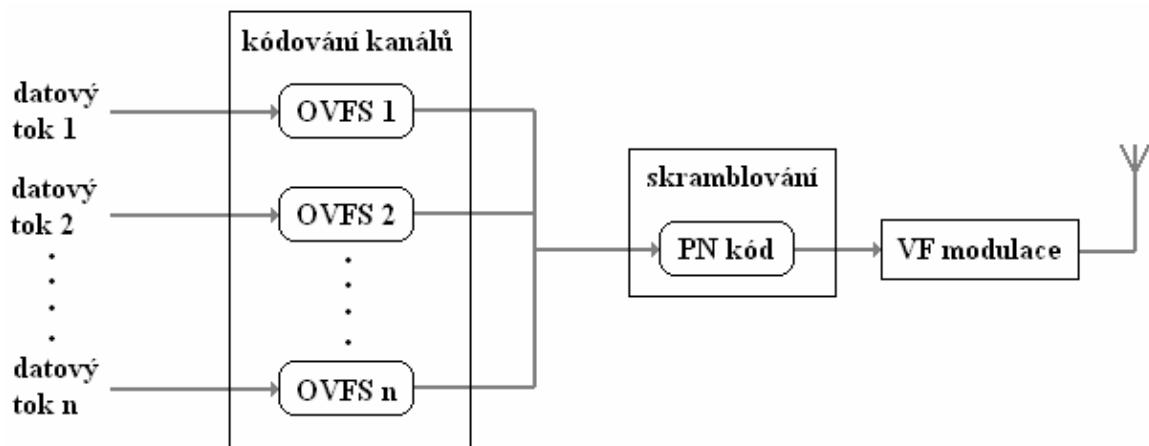
V systému UMTS se při zpracování signálů provádějí dvě základní operace:

- kódování kanálů (channelization) – v uplinku rozlišuje jednotlivé kanály jednoho UE, v downlinku pak jednotlivé uživatele, používají se OVFSF kódy z Walschova stromy (spreading factor 4 až 512)
- skramblování (scrambling) – v uplinku rozlišuje jednotlivé UE, v downlinku pak jednotlivé Node B, používají se pseudonáhodné kódy

Pozn.: Definice Walschových kódů a pseudonáhodných posloupností je přehledně uvedena v [1].

Blokové schéma zpracování signálů v uplinku u systému UMTS je uvedeno na obr. 1.3, pro downlink je schéma obdobné, jednotlivé operace jsou však prováděny v opačném pořadí.

Node B používá v downlinku k rozlišení jednotlivých účastníků všechny dostupné OVFS kódy (jejich počet závisí na používaném SF), přenos v downlinku je tedy omezen počtem kódů. V uplinku vysílá každá UE unikátním skramblovacím kódem. Jelikož tyto kódy nejsou vzájemně ortogonální, s každým dalším účastníkem vzrůstá hodnota interferencí v rádiovém prostředí. Přenos v uplinku je tedy omezen celkovou úrovní interferencí.

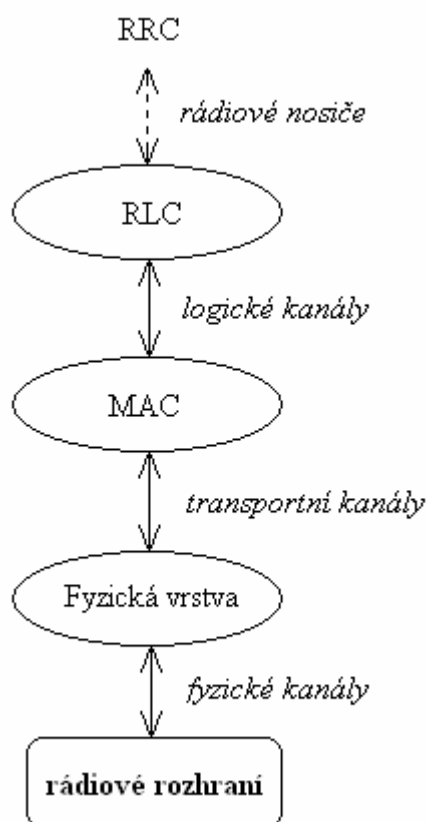


Obr. 1.3. Zpracování signálů v uplinku

1.6 Používané kanály

V UMTS je definováno několik typů kanálů pro přenos mezi různými vrstvami podle modelu ISO/OSI, viz obr. 1.4.

- Logické kanály – jsou definovány na rozhraní mezi vrstvami MAC a RLC, rozdělují se podle typu přenášených dat na řídicí a provozní
- Transportní kanály – používají se mezi fyzickou a MAC vrstvou pro multiplexování signálů služeb a umožňují přenos s proměnnou bitovou rychlostí
- Fyzické kanály – vysílají datové signály přes rádiové rozhraní, jsou přesně definovány pomocí parametrů rádiových kanálů (kmitočet nosné, šířka pásma, použitý kód)



Obr. 1.4. Používané kanály v systému UMTS

1.6.1 Logické kanály

Broadcast Control Channel (BCCH), (downlink). Vysílá pro UE informace související s buňkou, jako např. rádiové kanály okolních buňek.

Paging Control Channel (PCCH), (downlink). Používá se pro přenos pagingových zpráv.

Dedicated Control Channel (DCCH), (uplink nebo downlink) Může existovat v obou směrech. Vytváří se, pokud UE provádí připojení k síti.

Common Control Channel (CCCH), (uplink nebo downlink). Přenáší řídicí informace. Používá se, pokud není vytvořen kanál DCCH.

Shared Channel Control Channel (SHCCH), (obousměrný). Tento kanál se vyskytuje pouze při TDD přístupu. Obsahuje informace o řízení sdíleného kanálu.

Dedicated Traffic Channel (DTCH), (uplink nebo downlink). Přenáší uživatelská data.

Common Traffic Channel (CTCH), (downlink) Pro přenos specifických informací skupině UE.

1.6.2 Transportní kanály

Dedicated Transport Channel (DCH), (uplink nebo downlink). Používá se pro přenos dat a řídicích informací. Podporuje rychlé změny přenosové rychlosti a měkký handover.

Broadcast Channel (BCH), (downlink). Vysílá identifikační informace buňky a sítě všem UE v buňce.

Forward Access Channel (FACH), (downlink). Přenáší menší datové bloky pro UE, které jsou registrované v systému.

Paging Channel (PCH) (downlink). Tento kanál vysílá signalizační zprávy pro UE, jako např. příchozí hovor, SMS zpráva, datová relace nebo nutnost přeregistrování UE.

Random Access Channel (RACH), (uplink). Používá se k přenosu požadavků UE na služby. Pro všechny UE v buňce existuje jeden kanál (tzn. velký počet kolizí).

Uplink Common Packet Channel (CPCH), (uplink). Stejný jako RACH, používá však proceduru, která zabraňuje kolizím při náhodném přístupu. Umožňuje rychlé řízení výkonu.

Downlink Shared Channel (DSCH) (downlink). Může ho sdílet několik uživatelů. Používá se pro přenos dat, která mají burstový charakter (proměnná přenosová rychlost), např. prohlížení webových stránek. Podporuje rychlé řízení výkonu.

1.6.3 Fyzické kanály

Primary Common Control Physical Channel (PCCPCH) (downlink). Tento kanál vysílá identifikační údaje buňky a informace pro řízení přístupu k buňce. Má konstantní datovou rychlost.

Secondary Common Control Physical Channel (SCCPCH) (downlink) Tímto kanálem se přenáší FACH s řídicími informacemi a PACH pagingový kanál. Podporuje proměnné datové rychlosti.

Physical Random Access Channel (PRACH) (uplink). Umožňuje vysílat bursty dat systémem náhodného přístupu. Využívá se při registraci do sítě.

Dedicated Physical Data Channel (DPDCH) (uplink nebo downlink). Používá se pro přenos uživatelských dat.

Dedicated Physical Control Channel (DPCCH) (uplink nebo downlink). Přenáší řídicí informace. Obsahuje pilotní bity a bity nutné pro činnost systému a řízení výkonu.

Physical Downlink Shared Channel (PDSCH) (downlink). Přenáší řídicí informace pro UE.

Physical Common Packet Channel (PCPCH). Tento kanál je určen pro přenos paketových dat s potvrzením přijetí. Je sdílen více uživateli a používá speciální přístupovou metodu pro nastavení počáteční výkonové úrovně.

Synchronisation Channel (SCH) Užívá se pro synchronizaci UE v buňce a při vyhledávání buňky.

Common Pilot Channel (CPICH) Vysílají ho všechny node B. Obsahuje pilotní signál, podle kterého UE určují buňku s nejlepším signálem a dekodují skramblovací kód.

Acquisition Indicator Channel (AICH) Nese informace o datovém kanálu DCH, který může UE použít pro komunikaci s node B.

Paging Indication Channel (PICH) Poskytuje informace pro UE, nutné při „idle módu“, kdy UE vyčkává na pagingové informace ze sítě.

CPCH Status Indication Channel (CSICH) Vyskytuje se pouze v downlinku. Přenáší informace o stavu CPCH. Může přenášet relativně menší data.

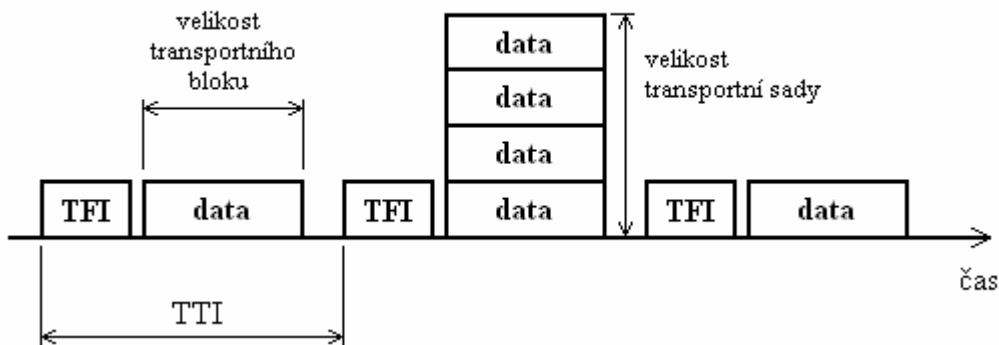
Collision Detection/Channel Assignment Indication Channel (CD/CA-ICH) Používá se pouze v downlinku. Signalizuje, zda má UE aktivně přiřazený komunikační kanál.

1.7 Přenos dat fyzickou vrstvou

Před samotným vysíláním signálu rádiovým rozhraním je nutné provést některé úpravy datového toku, jak je to v datových komunikacích běžné:

Nejprve je nutné namapovat logické datové kanály do transportních. Toto mapování je závislé na více faktorech, jako jsou typ služby (přenos řeči, přenos videosignálu, prohlížení webových stránek), zatížení společných kanálů, úroveň interferencí v rádiovém prostředí, objem přenášených dat. Podle těchto parametrů poté RNC provádí výběr příslušného transportního kanálu tak, aby bylo dosaženo co největší přenosové rychlosti a co nejmenší úrovně interferencí. Z uvedeného vyplývá, že jeden logický kanál může být mapován do více transportních kanálů. Přesné mapování logických kanálů do transportních je uvedeno v [1].

V transportních kanálech jsou data rozdělena do sad transportních bloků, které se dále dělí na jednotlivé transportní bloky o délce 10 ms. Údaj o velikosti sady a velikosti transportního bloku, spolu s dobou přenosu a informacemi o chybovém zabezpečení tvoří tzv. transportní formát (TF). Doba mezi příchody dvou sad transportních bloků se nazývá Transition Time Interval (TTI), udává se v milisekundách a její hodnota může být 10, 20, 40, 80 ms. Každý takový interval začíná informacemi o použitém transportním formátu (TFI – Transport Format Indicator), druhou část tvoří samotná data (obr 1.5).



Obr. 1.5. Přenos bloků dat transportní vrstvou

Takto vytvořený datový tok přichází do fyzické vrstvy, kde je kanálově kódován. Pro každý transportní blok jsou přidána data chybového zabezpečení CRC a výsledná sada dat je rozdělena na segmenty o velikosti určené velikostí kódového bloku pro kanálové kódování. Nad každým takovým segmentem je následně provedeno konvoluční nebo turbo kódování. Velikost kódovacího poměru závisí na typu kanálu a nabývá hodnot 1/2 nebo 1/3. V uplinku je následně tento datový tok přizpůsoben (doplněním bitů) na segmenty o délce celočíselného násobku 10 ms. Dále je provedeno prokládání a další segmentace na bloky o

délce přesně 10 ms. V posledním kroku je provedeno přizpůsobení přenosové rychlosti na správnou velikost pro rádiový rámeček. Výsledné transportní toky mohou být poté multiplexovány do jediného kanálu CCTrCH (Coded Composite Transport CHanel), čímž je umožněno uživateli používat více služeb najednou.

Po kanálovém kódování jsou vytvořené transportní kanály mapovány do fyzických. Každému transportnímu kanálu je přiřazen jeden fyzický kanál, pouze kanály FACH a PCH mohou sdílet jediný fyzický S-CCPCH.

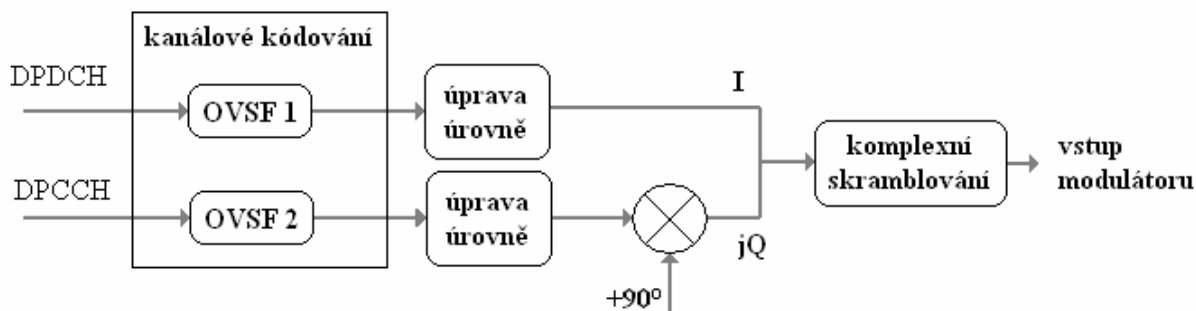
Fyzické kanály se dělí na rámce a následně na timesloty. Každý rádiový rámeček má délku 10 ms obsahuje 15 timeslotů, čemuž odpovídá délka 667 μ s pro každý timeslot. Z dříve uvedené chipové rychlosti rozprostíracího kódu v UMTS (3,84 Mchip/s) vyplývá, že každý timeslot obsahuje přesně 2560 chipů, přičemž počet datových bitů se může měnit v závislosti na spreading factoru.

Základními kanály pro komunikaci mezi UE a node B jsou DPDCH (přenos uživatelských dat) a DPCCH (přenos řídicích informací). Zpracování obou kanálů se v uplinku a downlinku liší:

V uplinku jsou oba kanály vysílány současně, každý je však rozprostřen jiným OVFS kódem. Zatímco přenosová rychlost DPCCH je konstantní (vždy je použit SF = 256), v kanálu DPDCH se může měnit podle potřeby ($SF = 4 \div 256$). Používané datové rychlosti tohoto kanálu jsou uvedeny v tabulce 1.2 podle [1]. Z toho je zřejmé, že v přijímači na výstupu integrátoru by pro každý kanál vycházel jiný poměr SIR (Signal to Interference Ratio). Proto se u obou kanálů ještě provádí přizpůsobení výstupní úrovně. To má navíc za následek snížení výkonu vysílaného UE a tím prodloužení životnosti její baterie a interferencí v buňce. Poté se oba signály kvadrátově sečtou a výsledek je skramblován komplexním skramblovacím kódem, který zajišťuje omezení průchodů signálu nulou v IQ rovině. Blokované schéma zpracování dat v uplinku je na obrázku 1.6.

Tab. 1.2. Používané přenosové rychlosti kanálu DPDCH v uplinku

Činitel rozprostírání	Počet bitů v timeslotu	Přenosová rychlost [kbit/s]
256	10	15
128	20	30
64	40	60
32	80	120
16	160	240
8	320	480
4	640	960

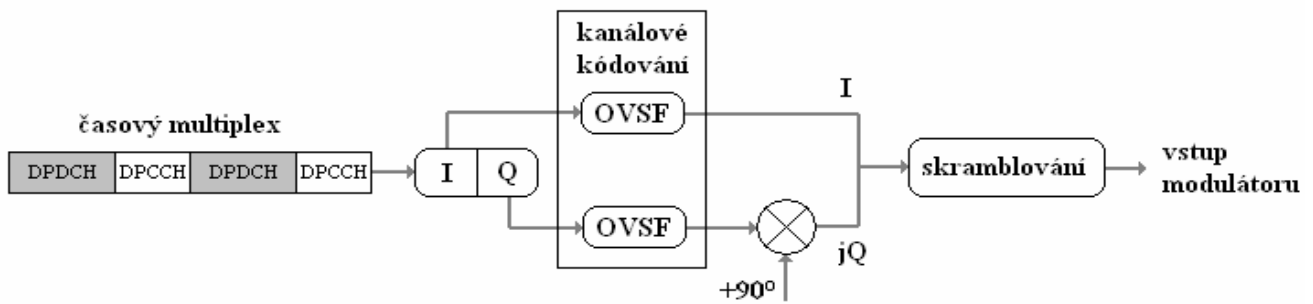


Obr. 1.6. Zpracování dat v uplinku

V **downlinku** jsou kanály DPDCH a DPCCH vysílány na principu časového multiplexu. Počet bitů v DPDCH je opět záležití na volbě rozprostírání ($SF = 4 \div 512$). Jelikož je ráiový rámec společný pro oba kanály a jeho velikost je konstantní (10 ms), je přenosová rychlost DPDCH také závislá na rychlosti DPCCH. Přenosové rychlosti DPDCH jsou uvedeny v tabulce 1.3 podle [1]. Multiplexovaná sériová data jsou přivedena na převodník na paralelní data, kde je jeden bit vždy mapován do větve I a druhý do větve Q. Obě větve jsou rozprostřány stejným OVSF kódem, jedinečným pro každého uživatele v buňce. Po sečtení obou větví ještě proběhne skramblování PN kódem. Blokové schéma je uvedeno na obr 1.7.

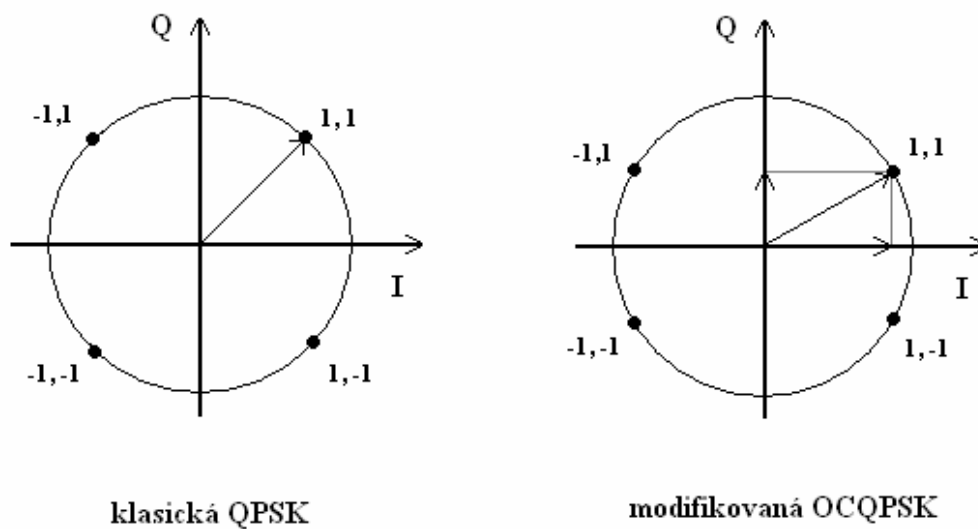
Tab. 1.2. Používané přenosové rychlosti kanálu DPDCH v downlinku

Činitel rozprostřání	Celkový počet bitů v timeslotu	Počet datových bitů v timeslotu	Přenosová rychlost datového signálu[kbit/s]
512	10	2 - 4	3 – 6
256	20	8 – 16	12 – 24
128	40	28 - 34	42 – 51
64	80	60	90
32	160	140	210
16	320	288	432
8	640	608	912
4	1280	1248	1872



Obr. 1.7. Zpracování dat v downlinku

Posledním krokem ve zpracování signálu před jeho vysláním je modulace. V UMTS se modulace mírně liší pro upload a download. Přičemž node B vysílá signál modulovaný QPSK, zatímco UE signál OCQPSK (Orthogonal Complex Phase Shift Keying), u kterého není fázový rozdíl mezi sousedními symboly 45° . U systému FDD je před přivedením do modulatoru signál filtrován raised root cosine filtrem. Konstelační diagramy obou modulací jsou uvedeny na obrázku 1.8.



Obr. 1.8. Modulace používané v UMTS

Jak bylo uvedeno výše, v systému UMTS jsou kromě ortogonálních OVVSF kódů při zpracování signálu použity i neortogonální PN posloupnosti. Vysílané signály proto nejsou vzájemně přesně ortogonální a dochází tak k interferencím, jejichž úroveň se zvyšuje s počtem účastníků v síti. S vzrůstajícím rušením klesá dosah vysílače, snižuje se kapacita buňky, dochází k Near-Far efektu (UE nacházející se blíže k node B svým signálem blokuje komunikaci od vzdálenějších UE). Z tohoto důvodu existuje v UMTS systém řízení výkonu UE. Ten lze rozdělit následovně:

1) Řízení v **otevřené** smyčce

- vysílaný výkon je přímo vypočten z přijímaného výkonu, node B navíc vysílá další parametry nutné k výpočtu
- jelikož úroveň interferencí je kmitočtově závislá, není tento způsob vhodný v FDD systému, kde pak dochází k chybnému určení výkonu díky rozdílu frekvencí mezi uplinkem a downlinkem
- tato metoda se používá při prvním přístupu do sítě

2) Řízení v **uzavřené** smyčce

- řízení ve vnější smyčce
 - UE měří kvalitu spojení a výsledek zasílá do RNC, která podle něho určí cílovou hodnotu SIR, kterou zašle do node B
 - toto řízení probíhá 10 až 100 krát za sekundu
- řízení ve vnitřní smyčce
 - node B měří poměr SIR a porovnává ho s hodnotou určenou z RNC, podle výsledku vysílá příkazy o řízení výkonu do UE
 - toto řízení probíhá až 1500 krát za sekundu

2. Protokol HTTP

2.1 Úvod

Protokol HTTP (HyperText Transfer Protokol) je protokolem aplikační vrstvy (vlastní přenos zajišťují nižší vrstvy), který slouží ke komunikaci mezi klientem a WWW serverem. Definuje tvar dat, která jsou přenášena, a pravidla dotazů a odpovědí komunikujících stran. Standardně komunikace probíhá na portu 80.

První verze protokolu, HTTP 0.9, byla velmi jednoduchá a sloužila pouze k posílání dat po Internetu bez dalších informací o jejich obsahu a klient musel podle přípon odhadovat, o jaký typ dat se jedná. Zpočátku to postačovalo, jelikož přenášenými daty byly jen textové a hypertextové dokumenty, ale jakmile se začal protokol používat i k přenosu obrazových, zvukových a dalších typů dat, bylo nutné protokol upravit. Problémy byly nejen s obtížným určováním typu dat, ale také s neznalostí jejich celkové velikosti během přenosu (klient musel číst, dokud server neukončil spojení a nevědě, jak dlouho to bude trvat), či zjišťováním poslední aktualizace dokumentu.

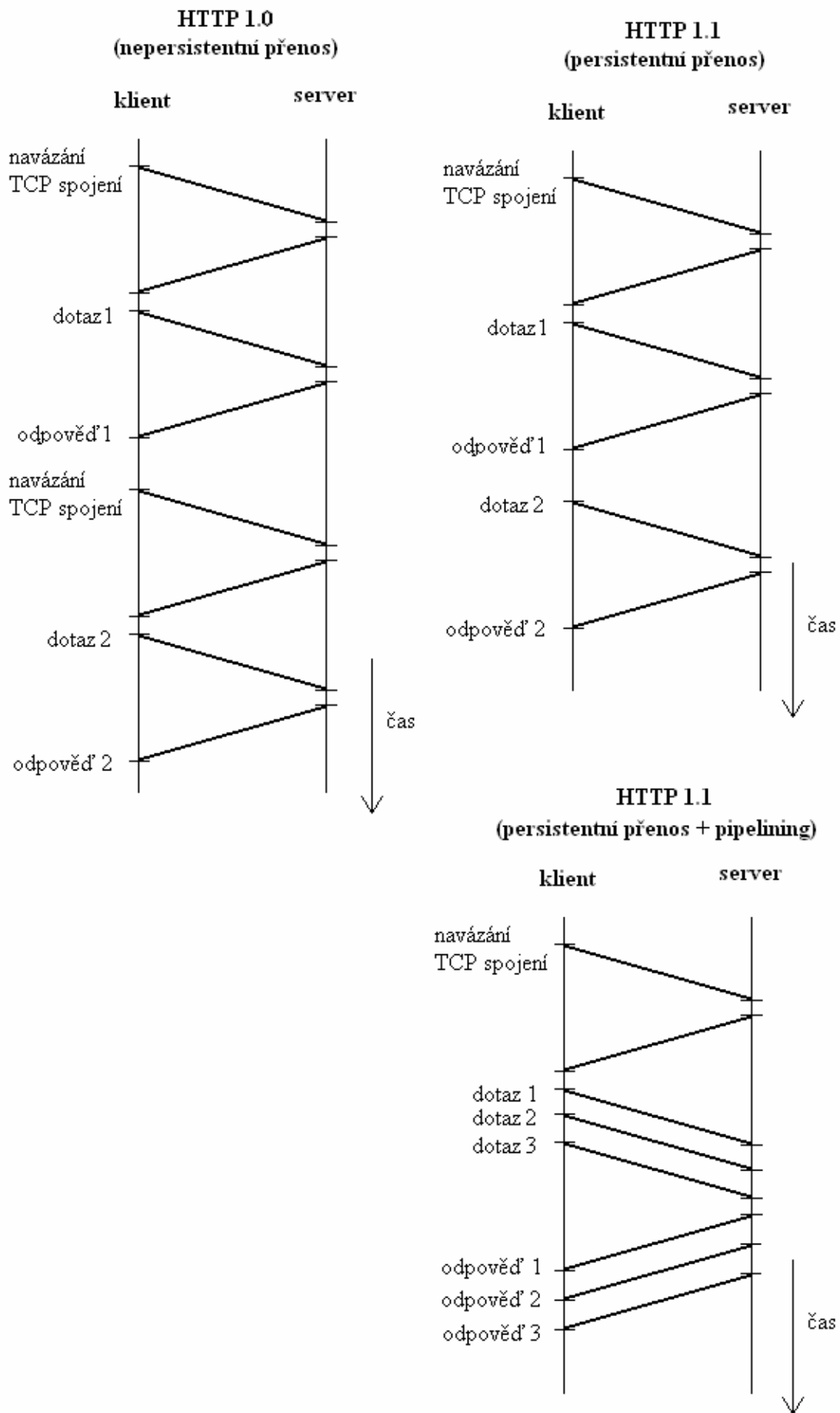
V následující verzi HTTP 1.0 (RFC 1945) byl formát dotazu a odpovědi doplněn podle standardu MIME (Multipurpose Internet Mail Extension, RFC 1521) o hlavičky, popisující typ a atributy přenášených dat, další hlavičky obsahují pomocné informace či parametry předávané mezi klientem a serverem.

S rozvojem Internetu se objevovaly další požadavky na http protokol, jako jsou hierarchická struktura proxy, využívání cache, trvalé spojení mezi klientem a serverem, nebo požadavky na virtuální servery. Tyto požadavky řeší další verze protokolu - HTTP 1.1 (RFC 2068).

Komunikace pomocí HTTP protokolu může probíhat třemi způsoby:

- Nepersistentní přenos (pro HTTP 1.0) – pro každý dotaz se naváže TCP spojení, po přijetí odpovědi se spojení zruší.
- Persistentní přenos (od HTTP 1.1) – v jednom TCP spojení je možné odeslat více dotazů (na všechny objekty na stránce)
- Persistentní přenos s pipeliningem (standardní přenos pro HTTP 1.1) – klient může najednou odeslat více dotazů a pak čekat na odpovědi

Jednotlivé způsoby komunikace jsou zobrazeny na obr. 2.1.



Obr. 2.1. Způsoby komunikace HTTP protokolem

2.2 HTTP dotazy

HTTP protokol vysílá dotazy v ASCII kódu (tzn. že formát dotaz je čitelný). Každý dotaz odesílaný na server obsahuje dotazový řádek (metodu), hlavičky blíže popisující dotaz, prázdný řádek a tělo dotazu. Metoda je druh služby, kterou klient od serveru požaduje, píše se velkými písmeny. Server nemusí všechny metody podporovat a při dotazu na nepodporovanou metodu pak vrací chybovou hlášku. Metody jsou:

OPTIONS

Metoda OPTIONS představuje dotaz na možnosti komunikace spojené s uvedeným URL (Uniform Resource Locator). Metoda umožňuje klientovi určit možnosti a omezení spojené se zdrojem nebo schopnostmi serveru. Pokud je URL v dotazu ve tvaru "*", pak se jedná o dotaz na možnosti serveru jako celku.

GET

Metoda GET představuje požadavek na poslání dokumentu určeného pomocí URL. V souvislosti s proxy se může metoda GET změnit na "podmíněný GET", který požaduje poslat dokument pouze za určitých podmínek definovaných v hlavičce dotazu.

HEAD

HEAD metoda je identická s metodou GET, server však nemusí posílat tělo odpovědi. Metodu je možné použít k získání doplňkových informací o dokumentu. Často se používá k testování hypertextových linek, jejich dostupnosti a poslední modifikace. Klient může získané hlavičky analyzovat a případně požádat o data novým dotazem GET.

POST

POST metoda se používá v případě, kdy má cílový server přijmout data z požadavku. Skutečná funkce metody závisí na URL s ní spojené. Výsledkem POST metody může být poslání mailu, předání dat do procesu, který data zpracuje, rozšíření databáze. Posílaná data nejsou nijak omezena a je možné v hlavičkách tělo zprávy popsat.

PUT

PUT metoda představuje požadavek na uložení posílaných dat pod specifikované URL na server. Takto uložená data budou dostupná např. následnými dotazy GET. Metoda PUT předpokládá, že uložení dat do souboru na server provádí přímo server a nikoli externí aplikace (CGI program).

DELETE

Požadavek na zrušení dokumentu na serveru. Rušený dokument je specifikován v URL.

TRACE

Metoda použitá k testování originálního serveru. Originální server má vrátit klientovi kladnou odpověď bez dat.

- příklad HTTP dotazu:

```
GET /somedir/page.html HTTP/1.1
Host: www.someschool.edu
User-agent: Mozilla/4.0
Connection: close
Accept-language:fr
```

2.3 HTTP odpovědi

Na dotaz odpovídá HTTP protokol také ve formátu ASCII. Odpověď obsahuje stavový řádek, hlavičku popisující odpověď, prázdný řádek a tělo odpovědi. Stavový řádek obsahuje stavový kód, což je třímístné číslo, které popisuje stav odpovědi. Dělí se do pěti skupin:

- 1xx – Informační
- 2xx – Úspěch
- 3xx – Přesměrování
- 4xx – Chyba na straně klienta
- 5xx – Chyba na straně serveru

- příklad HTTP odpovědi:

```
HTTP/1.1 200 OK
Connection close
Date: Thu, 06 Aug 1998 12:00:15 GMT
Server: Apache/1.3.0 (Unix)
Last-Modified: Mon, 22 Jun 1998 .....
Content-Length: 6821
Content-Type: text/html
```

Z uvedeného popisu je zřejmé, že pouhou analýzou textu v HTTP dotazech a odpovědích lze získat informace o počtu objektů na stránce, na které se protokol dotazuje, jejich umístění (URL) a velikost. Pokud ještě určíme čas každého dotazu a odpovědi, můžeme určit dobu odezvy na jednotlivé objekty.

3 Protokol TCP

3.1 Úvod do TCP

Protokol TCP (Transmission Control Protocol) je součástí transportní vrstvy modelu ISO/OSI. Jeho úkolem je zajistit přenos dat mezi aplikacemi běžícím na vzdálených počítačích (narozdíl od IP, který přenáší data mezi počítači).

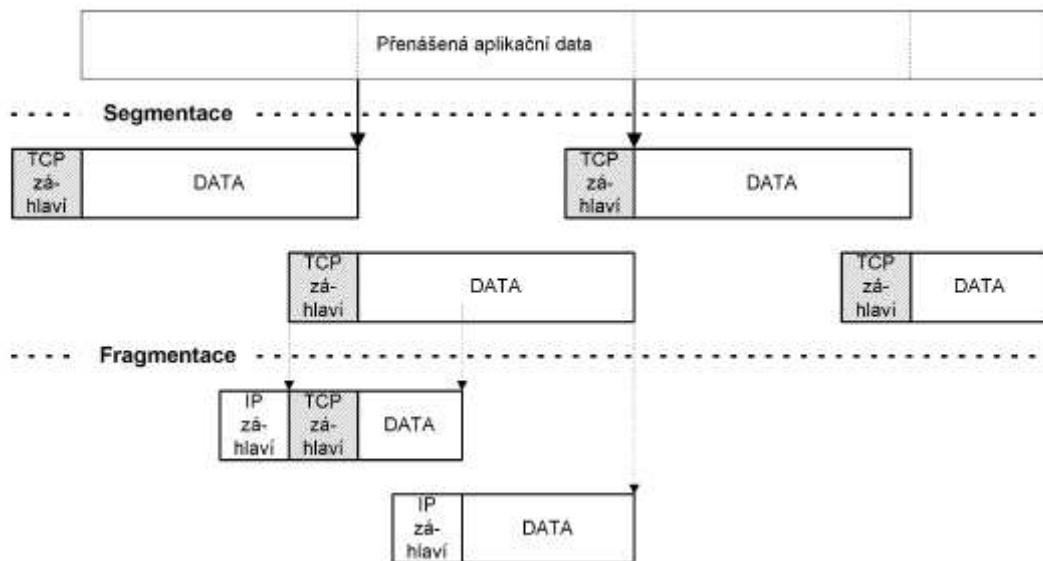
TCP protokol poskytuje službu:

- 1) **Spojovanou** – před vlastním přenosem dat je vytvořen virtuální kanál, kterým mohou data proudit oběma směry
- 2) **Spolehlivou** – je v něm implementován mechanismus, který zajistí, že všechna vyslaná data dorazí ke svému příjemci, a to ve stejném pořadí, v jakém byla vyslána

Protokolem s opačnou funkcí je na transportní vrstvě UDP (User Datagram Protocol), u kterého jsou data vysílána do sítě bez předem připraveného kanálu (data si hledají cestu sama přes směrovače) a u nich není zajištěno, že dojde doručení (může dojít ke ztrátě paketu nebo k jeho poškození).

Koncovými body virtuálního okruhu TCP protokolu jsou aplikace. Jednotlivé aplikace běžící na jednom počítači je nutné vzájemně rozlišit. To je provedeno pomocí 16ti bitového (rozsah 0 až 65535) tzv. čísla portu. Zdrojový port a cílový port pak určují směr přenosu dat TCP protokolu. Přenos dat mezi dvěma počítači je pak přesně určen zdrojovým portem, cílovým portem, zdrojovou IP adresou, cílovou IP adresou a typem transportního protokolu (rozlišují se porty pro TCP a UDP).

Základní přenosovou jednotkou TCP je segment. Ten se skládá z hlavičky a uživatelských dat. Jelikož je TCP segment „balen“ do IP paketů, u nichž je omezena maximální velikost přenášených dat, je nutné i TCP data dělit do segmentů. IP pakety sou dále vkládány do linkových rámců, jejich velikost je také omezena, dochází proto k dělení i těchto paketů. Tento proces se nazývá fragmentace a je čistě záležitostí protokolu IP, proto se jím již nebudeme zabývat. Proces segmentace a fragmentace je znázorněn na obrázku 3.1 podle [13].



Obr. 3.1. Segmentace a fragmentace uživatelských dat

3.2 Segment TCP

Jak již bylo uvedeno výše, TCP segment se skládá ze dvou částí. První je hlavička, která nese informace o zdroji a příjemci, data nutná k spolehlivému přenosu a další stavové údaje. Druhou částí jsou samotná uživatelská data, jejichž velikost je z pohledu TCP neomezená.

3.2.1 Hlavička TPC

Hlavička TCP protokolu vypadá následovně:

zdrojový port 16 bitů		cílový port 16 bitů	
pořadové číslo odesílaného bajtu (sequence number) 32 bitů			
pořadové číslo přijatého bajtu (acknowledgement number) 32 bitů			
délka záhlaví 4 bity	rezerva 6 bitů	příznaky 6 bitů	délka okna (window size) 16 bitů
kontrolní součet (checksum) 16 bitů		ukazatel naléhavých dat 16 bitů	
volitelné položky hlavičky			

Obr. 3.2. Hlavička TPC protokolu

První částí hlavičky jsou **zdrojový a cílový port**. Toto číslo může nabývat rozsahu 0 až 65535. O jejich přidělování se stará organizace IANA(Internet Assigned Numbers Authority). Čísla portů se dělí do třech skupin:

1) Dobře známé porty (well known ports) – rozsah 0 až 1023

Tyto porty jsou rezervované pro standardní služby a jejich přiřazení je pevné. Tím je možné jednoznačně určit typ aplikace a zjednodušit tak komunikaci. Nejběžnější porty jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. 3.1. Čísla portů některých známých služeb

port	služba
0	loopback
20	FTP data
21	FTP control
23	TelNet
25	SMTP
53	DNS
80	HTTP
110	POP3
443	HTTPS

2) registrované porty (registered ports) – rozsah 1024 až 49 151

Registruje je IANA a jsou přiřazené běžným uživatelským procesům a aplikacím, jako např. MySQL, aplikace Microsoft, Bittorrent, aplikace Cisco, World of Warcraft, SIP

3) Dynamické a soukromé porty – rozsah 49 152 až 65 535

Porty v tomto rozsahu nemohou být registrovány, aplikace je využívají podle potřeby.

Další dvě části hlavičky slouží pro zajištění spolehlivosti TCP protokolu. Jde o **pořadové číslo přijatého bajtu** a o **pořadové číslo odeslaného bajtu**. Bajty jsou číslovány podle pořadí v toku dat. Jelikož je toto číslo 32 bitové, může nabývat hodnoty až $2^{32}-1$. Po dosažení této hodnoty se čísluje opět od 0. Číslování standardně nezačíná od nuly ani od jiné pevné hodnoty, ale mělo by začínat od náhodně stanoveného čísla. Pořadové číslo přijatého bajtu určuje číslo následujícího bajtu, který je cílová strana připravena přijmout. Tím také cílová strana potvrzuje, že doposud přijala vše až do pořadového čísla mínus jedna. Úloha těchto dvou čísel bude ještě podrobněji popsána v části 3.3 Komunikace pomocí TCP.

Délka záhlaví vyjadřuje velikost TCP hlavičky v násobcích 32 bitů.

Délka okna určuje maximální možný přírůstek pořadového čísla bajtu, který bude ještě akceptován, tzn. kolik dat je ještě příjemce schopen přijmout.

Následuje šest **příznakových bitů**, pomocí kterých se řídí spojení. Jsou to následující bity:

- **URG** – segment obsahuje naléhavá data
- **ACK** – signalizuje, že byl přijat očekávaný bajt, je nastaven ve všech segmentech kromě prvního
- **PSH** – jeho funkce není pevně stanovena, zpravidla slouží k signalizaci, že segment nese aplikační data
- **RST** – je nastavován, pokud příjemce odmítá navázat spojení
- **SYN** – zdroj začíná odesílat novou sekvenci dat (vytváří se nové spojení), segment s tímto příznakem nese pořadové číslo prvního bajtu
- **FIN** – signalizuje, že zdroj ukončil odesílání dat, přenosový kanál tím však není plně uzavřen a může ještě dojít k přenosu dat na opačnou stranu, spojení je kompletně ukončeno, až když obě strany odešlou tento příznak

Kontrolní součet slouží k zabezpečení integrity dat. Pokud by na přijímací straně tento součet neodpovídal očekávané hodnotě, je segment označen za poškozený a musí být zdrojem znovu odeslán.

Poslední povinnou položkou hlavičky je **ukazatel naléhavých dat**. Souvisí s příznakovým bitem URG. Pokud se přičte tento ukazatel k pořadovému číslu odesílaného bajtu, výsledek pak ukazuje na konec úseku s naléhavými daty. Tato funkce se využívá v případě, že zdroj požaduje po příjemci jejich přednostní zpracování.

Volitelné položky jsou umístěny na samotném konci TCP hlavičky. Tyto položky umožňují rozšířit některé možnosti TCP protokolu, jako např. zvětšení maximální délky okna.

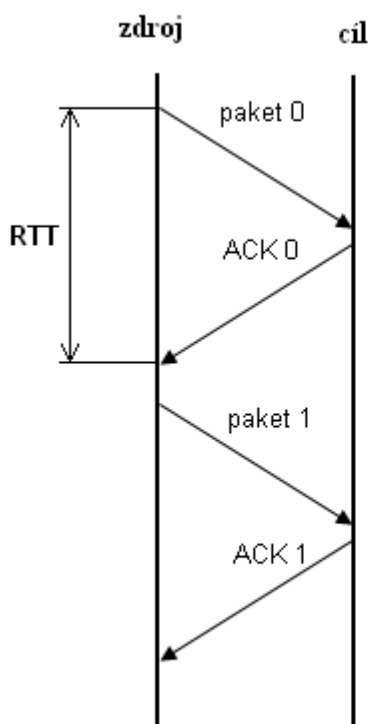
3.3 Komunikace pomocí TCP

3.3.1 Spolehlivý přenos

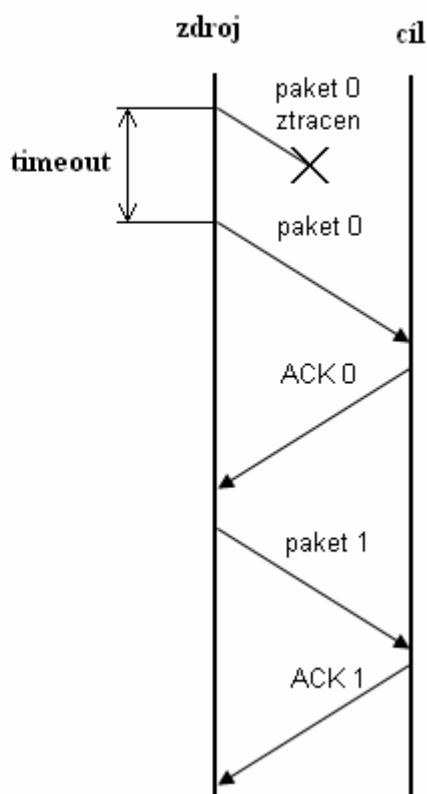
Jak již bylo uvedeno výše, protokol TCP vytváří spojovanou, spolehlivou službu. Pro dosažení spolehlivosti služby je nutné aby protokol obsahoval funkce, které v případě poškození paketu na přenosové cestě nebo jeho nedoručení zajistí jeho opětovné vyslání. Nebo v opačném případě, když je přijat duplikovaný paket, musí zajistit jeho zahození. Dále musí být zajištěno, že pakety budou přicházet k příjemci ve stejném pořadí, v jakém byly odeslány. Všechny tyto funkce jsou zajištěny takzvaným kladným potvrzováním dat, což v praxi znamená, že příjemce po obdržení paketu (nebo sady více paketů) odešle potvrzení o přijetí. Potvrzuje-li se každý paket zvlášť, nazývá se metoda Stop-and-Wait, pokud je potvrzováno více paketů najednou, jde o metodu s plovoucím oknem (sliding window).

3.3.2 Metoda Stop-and-Wait ARQ

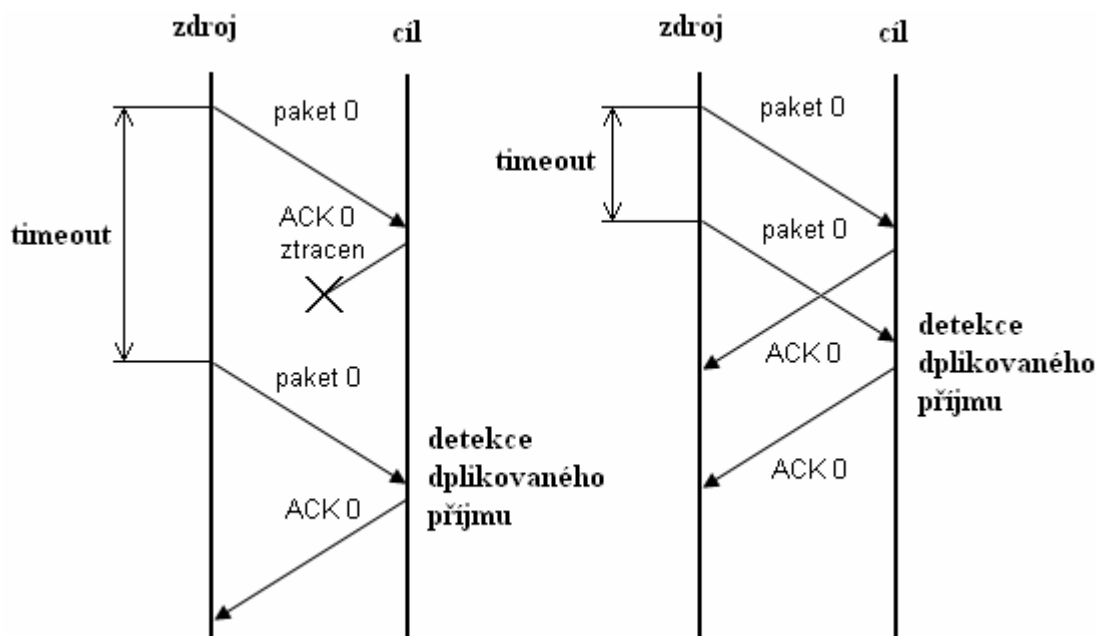
Každý přijatý paket musí být nejprve potvrzen, až poté může následovat vyslání dalšího paketu. Pokud odesílatel neobdrží kladné potvrzení do určité doby od odeslání (timeout), je to známka ztráty nebo poškození dat a je tedy nutné paket znovu přeposlat (metoda ARQ). Teoreticky mohou nastat čtyři různé varianty zobrazené na následujících obrázcích.



Obr. 3.3. Beztrátový přenos



Obr. 3.4 Ztráta paketu při přenosu



Obr. 3.5. Ztráta potvrzení

Obr. 3.6. Předčasný timeout

První případ zobrazuje bezztrátový provoz sítě. Pakety přicházejí příjemci ve správném pořadí a teoreticky by nemusely být číslovány. Doba mezi odesláním paketu a příjmem jeho potvrzení se nazývá RTT (Round-Trip Time).

Druhý případ zachycuje ztrátu jednoho paketu na přenosové cestě. Paket nedorazí k příjemci a ten tudíž neodešle potvrzení o přijetí. Na straně odesílatele vyprší časový limit (timeout) pro potvrzení přijetí a ten vysílá paket znovu.

Třetí případ se z pohledu odesílatele jeví stejně jako předchozí. Dojde zde však ke ztrátě potvrzovací zprávy, která tak nedorazí k odesílateli, takže po uplynutí timeoutu dochází k přeposlání paketu. Nyní musí být přijímací strana schopna detekovat přijetí stejného paketu a ten následně zahodit.

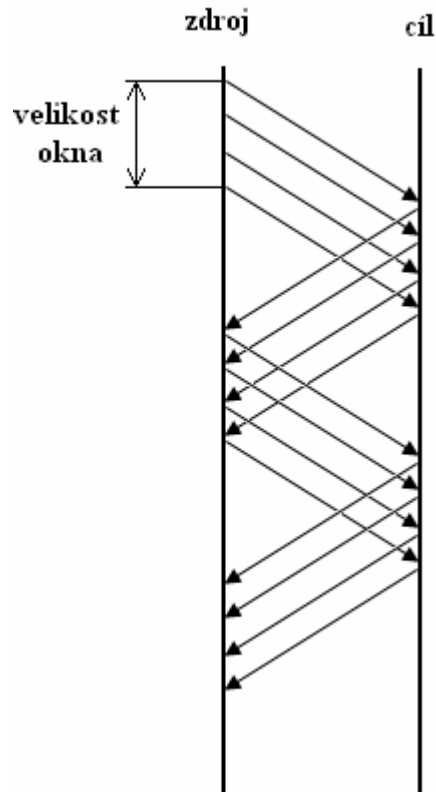
Čtvrtý případ nastane, pokud je timeout nastaven na příliš malou hodnotu. Paket dorazí k příjemci v pořádku, potvrzovací zpráva však již nestihne potvrdit přijetí a proto je paket vyslán znovu. Příjímač musí opět detekovat přijetí duplikovaného paketu.

3.3.3 Metoda s plovoucím oknem

Tyto metody umožňují vyslat sadu paketů dříve, než je každý z nich potvrzen. To zřejmě vyžaduje na obou stranách vyrovnávací paměť, jejíž velikost je zároveň maximální velikostí okna. Vysílací okno obsahuje pořadová čísla paketů, které zdroj odeslal, ale ještě mu nebyly potvrzeny. Pokud přijde potvrzovací zpráva s číslem paketu, který je na spodní hranici okna, posune se tato hranice o jedno číslo vpřed. Pokud je vyslán další paket, posune se horní hranice o jedno číslo vpřed.

Okno na přijímací straně funguje obdobným způsobem. Pokud je přijat paket s pořadovým číslem, které je uvedeno na spodní hranici okna, posune se spodní i horní hranice o jedno místo nahoru. Pokud dojde k naplnění přijímacího okna, musí být tento stav na

vysílací straně rozeznán a zdroj musí snížit nebo zastavit generování datového toku, dokud se okno neuvolní. Pokud by nebyl tento mechanismus implementován, docházelo by na přijímací straně k zahazování paketů a jejich následné retranslaci zdrojem a tím i ke zbytečnému zahlcování sítě.

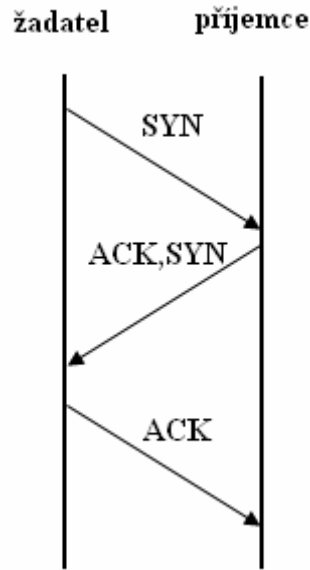


Obr. 3.7. Vysílání dat metodou plovoucího okna

I pro přenos s plovoucím oknem je využívána metoda ARQ. Zde funguje obdobně jako u metody Stop-and-Wait. V nejjednodušším případě, pokud nedorazí k odesílateli potvrzení o příjmu bajtu správného pořadového čísla, je tento bajt odeslán znovu. Existuje několik dalších postupů, které pracují s více než jedním počtem paketů, jejich podrobnější popis však není pro naše potřeby důležitý.

3.3.4 Navázání spojení

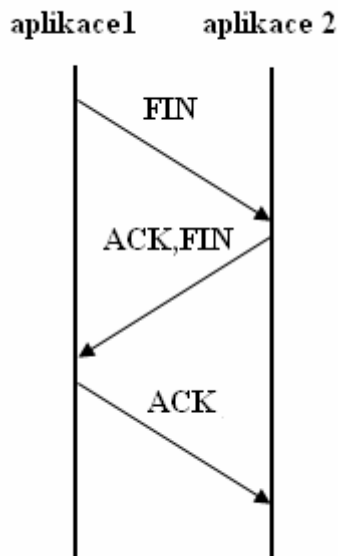
Přenos dat síťovou vrstvou zajišťuje protokol IP, který vytváří nespojovanou a nespolehlivou službu. Obě tyto vlastnosti tak na sebe musí převzít protokol TCP. Pro vytvoření nového kanálu protokolu TCP se využívá hlavičkového příznaku SYN. Žadatel náhodně vygeneruje pořadové číslo segmentu a pošle na port cílového počítače tento segment s nastaveným příznakem SYN. Pokud příjemce nechce spojení povolit odpoví žadateli segmentem s nastaveným příznakem RST a spojení je tak odmítnuto. Pokud ovšem příjemce spojení očekává, odpoví žadateli potvrzovacím segmentem, také s nastaveným bitem SYN. V poslední fázi pak žadatel potvrdí příjem segmentu a tím je navázáno obousměrné spojení. Této proceduře se také říká třicestný handshake, její průběh je na obrázku 3.8.



Obr. 3.8. Třícestný handshake

3.3.5 Ukončení spojení

Proces ukončení TCP spojení probíhá podobně jako jeho vytvoření. Pokud jedna ze stran požaduje konec spojení, vyšle segment s nastaveným příznakem FIN. Pokud je tento segment druhou stranou potvrzen, je kanál uzavřen v jednom směru. Druhá strana může dál vysílat data. Po jejich odeslání nastaví i ta příznak FIN a jeho potvrzením je kanál oboustranně uzavřen. Typický průběh, kdy je kanál uzavřen z obou stran je na obrázku 3.9.



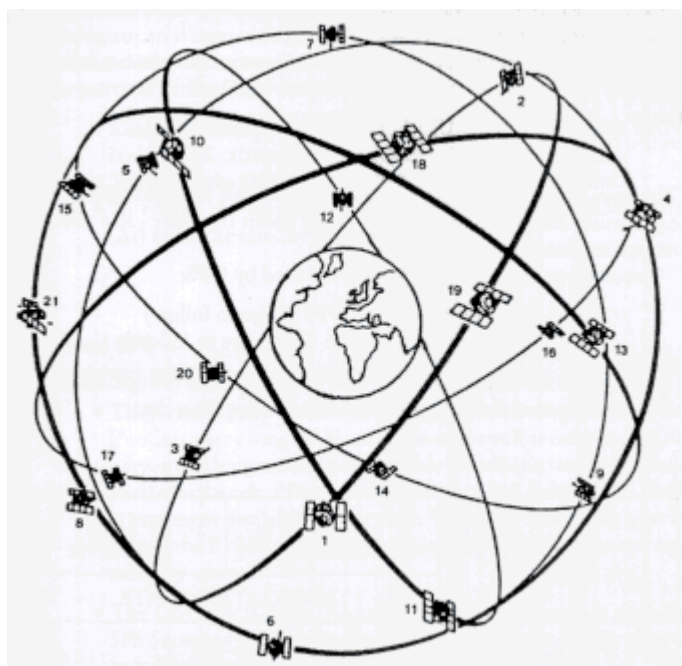
Obr. 3.9. Oboustranné ukončení spojení

4. GPS NAVSTAR

4.1 Přehled

V současné době je jediný plně funkční systém družicové navigace GPS NAVSTAR (Global Positioning System - Navigation System Using Time and Range), patřící ministerstvu obrany USA (dále jen GPS), který byl dosáhl plného provozu v roce 1994. V současné době je ve vývoji nebo v částečně funkčním stavu i několik další družicových systémů, jako např. GLONASS (Rusko), GNSS-I a GALILEO (Evropa), BEIDOU (Čína).

Systém GPS využívá konstelace 24 družic na šesti rovnoměrně rozložených oběžných drahách s inklinací 55° . Družice obíhají po střední oběžné dráze MEO (Medium Earth Orbit) ve výšce 20200 km nad zemí. Tato výška odpovídá době oběhu 11h 58min, což je přesně jeden hvězdný den. Pro určování pozice využívá dálkoměrnou metodu, která bude popsána dále. Systém družic tvoří tzv. **kosmický segment** GPS (obr. 4.1).



Obr. 4.1. Kosmický segment GPS

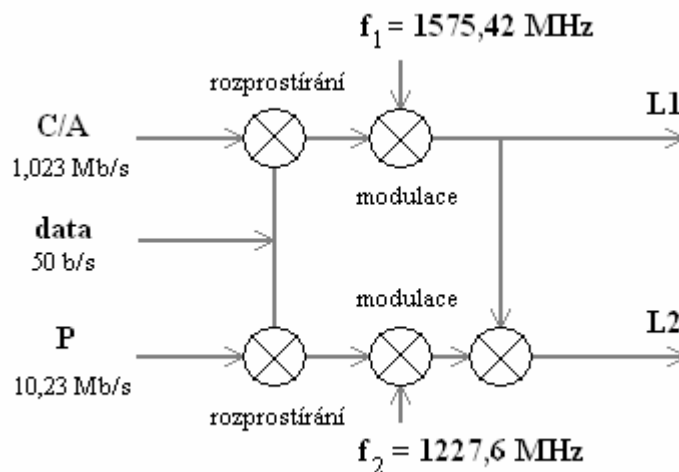
Řídící segment GPS se skládá z pěti pozemních monitorovacích stanic a jedné hlavní řídicí stanice v Colorado Springs. Monitorovací stanice sledují stav družic a tato data posílají do řídicí stanice. Ta je zpracuje (výpočet kepleriánů, hodin) a vyšle zpět družicím, které je následně vysílají v navigační zprávě pro uživatele.

Poslední částí GPS je **uživatelský segment**. Ten je tvořen GPS přijímači, které zpracovávají družicová data a vypočítávají z nich uživateli aktuální polohové souřadnice. Hlavní součásti takového přijímače jsou anténa, navigační přijímač a navigační počítač.

V systému GPS existují dva frekvenčně oddělené signály s $f_1 = 1575,42$ MHz a $f_2 = 1227,6$ MHz. Na těchto frekvencích vysílají všechny družice. Jednotlivé družice jsou od sebe rozlišeny kódovou posloupností, jde tedy o CDMA techniku přístup. Signál s nosnou f_1 se nazývá C/A (Coarse Acquisition) a je volně přístupný veřejnosti. Signál na nosné f_2 je označován jako P (Precision) a slouží k přesnějšímu určení polohy. Tento signál je kódován a přístup k němu mají pouze autorizovaní uživatelé (armáda USA).

Družicí vysílaná navigační zpráva s přenosovou rychlostí 50 b/s se rozprostře kódovou posloupností s chipovou rychlostí 1,023 Mchip/s pro C/A signál a 10,23 Mchip/s pro P signál. Tyto datové toky jsou poté namodulovány na f_1 a f_2 a vyslány. Blokové schéma zpracování signálů je na obr. 4.2.

Celá datová zpráva se dělí na rámce a podrámce. Každý podrámec obsahuje 300 bitů a každý rámec obsahuje 5 podrámců. Délka rámce je tedy $300 \cdot 5 = 1500$ bitů, což při rychlosti 50 b/s odpovídá době 30s. Celkový přehled o systému je možné získat po přijetí 25 rámců, tj. za 12,5 minuty.



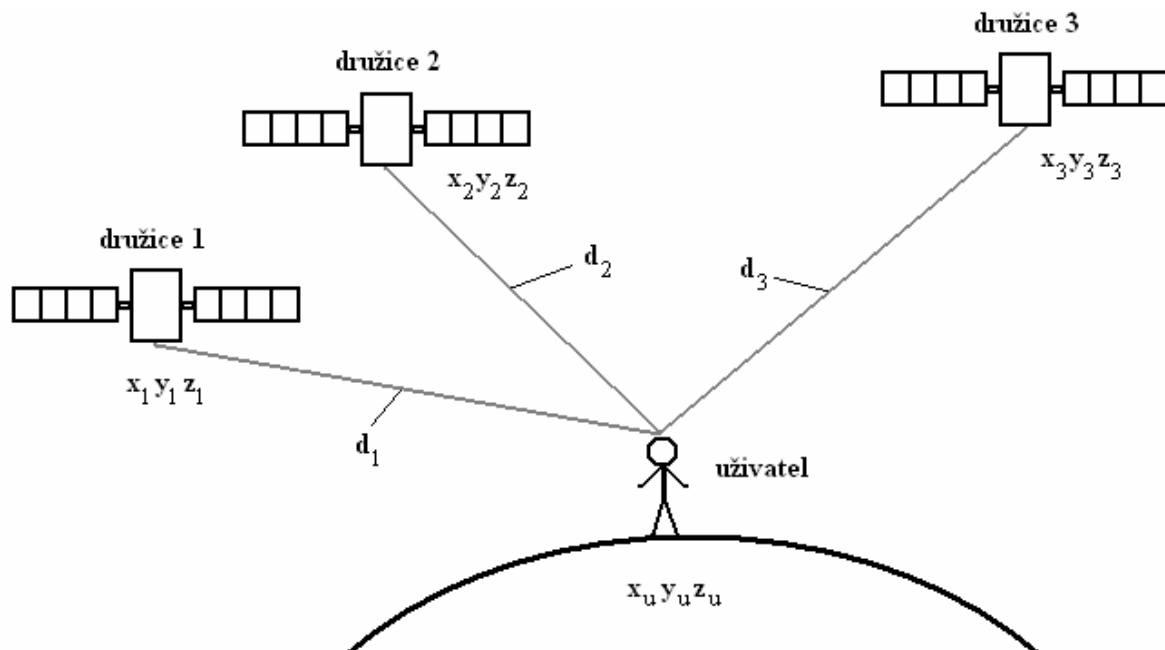
Obr. 4.2. Zpracování signálu v družici GPS

4.2 Dálkoměrná metoda navigace

Jde o nejčastěji využívanou metodu při určování polohy pomocí družic. Její princip spočívá v tom, že známe přesně polohy družic a můžeme tak určit vzdálenost (tzv. zdánlivou vzdálenost) k uživateli od každé z nich. Každá takto určená vzdálenost vytváří kouli v prostoru a pokud máme k dispozici alespoň tři takové kulové plochy, je zřejmé, že uživatel se bude nacházet v jejich průsečíku. Matematicky je možné vzniklou situaci popsat následovně podle [14]:

$$\sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} = d_i \quad (4.1)$$

kde x_i, y_i, z_i určují střed družice a d_i její vzdálenost od uživatele. Neznámými jsou tři proměnné x_u, y_u, z_u , které určují souřadnice polohy uživatele. Jejich hodnotu získáme řešením třech rovnic o třech neznámých (tzn. údaje od tří družic).



Obr. 4.3. Princip dálkoměrné metody

Zdánlivé vzdálenosti se určují pomocí měření doby, za který signál dorazí z družice k uživateli [14]:

$$d_i = \tau_{di} \cdot c \quad (4.2)$$

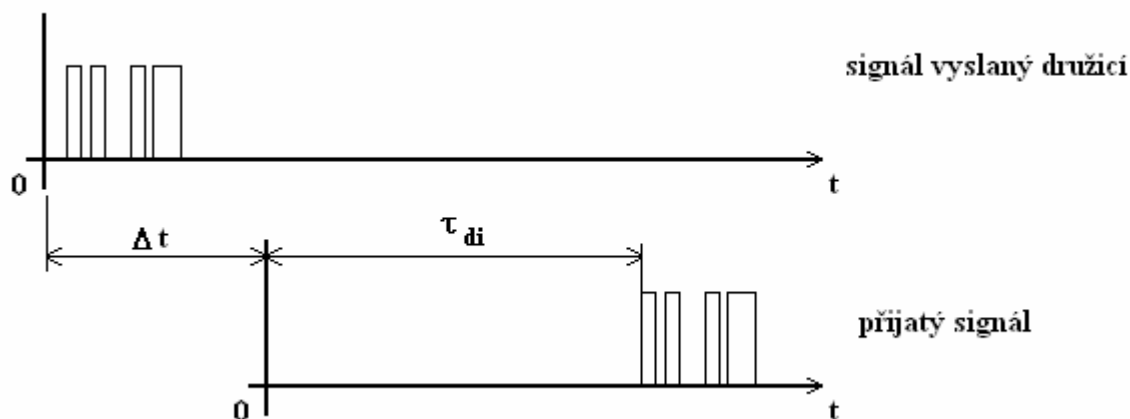
kde d_i je měřená vzdálenost, τ_{di} zpoždění signálu mezi družicí a uživatelem a c rychlost šíření elektromagnetické vlny ve vakuu. Z uvedeného vyplývá, že pro přesné měření zdánlivé vzdáleností je nutné velmi přesně měřit dobu τ_{di} , což by bylo možné pouze při dokonalé synchronizaci hodin družice a přijímače. V praxi je možné zajistit vzájemnou synchronizaci hodin na všech družicích (družice GPS na svojí palubě nesou atomové hodiny), ne však synchronizaci družice-přijímač. Proto se do výpočtů zavádí další veličina, která určuje časový rozdíl mezi počátkem časové základny na družici a základny v přijímači. Tento neznámý posun Δt lze také přepočítat na vzdálenost (rovnice 4.3) a tím nám přibude do rovnice 4.1 další neznámá (viz rovnice 4.4), řešíme pak soustavu čtyřech rovnic o čtyřech neznámých.

$$d_t = \Delta t \cdot c \quad (4.3)$$

$$\sqrt{(x_i - x_u)^2 + (y_i - y_u)^2 + (z_i - z_u)^2} = d_i + d_t \quad (4.4)$$

Z rovnice 4.4 plyne, že pro určení polohy v systému GPS NAVSTAR je **nutné získat data minimálně od čtyř družic**.

Na obrázku 4.4 jsou názorně zobrazeny doby τ_{di} a Δt .



Obr. 4.4. Zpoždění signálů na cestě družice-přijímač

4.3 Protokol NMEA 0183

Existuje mnoho komunikačních protokolů pro přenos pozičních dat, zdaleka nejpoužívanější je však protokol NMEA 0183 (National Marine Electronics Association). Komunikace probíhá přes standardní sériový kanál s přenosovou rychlostí 4800 b/s, s osmi datovými bity ve slově, bez parity a s jedním stop bitem. Informace jsou přenášeny ASCII kódem a lze je tedy ihned po přijetí „čitelná“. Protokol NMEA vysílá data ve formách tzv. vět, kterých existuje několik typů a liší se od sebe obsaženými informacemi. Každá věta začíná znakem „\$“, poté následuje identifikace věty a nakonec samotná data. V programu T-Speed je pro určování souřadnic využita věta GPRMC, její obsah může vypadat následovně:

```
$GPRMC,100322.684,A,4520.7,N,11239.8,W,0.32,358.86,080504,*,*1A
```

\$GPRMC	– identifikace věty
100322,684	– čas získaný z družice: 10:03:22.684
A	– ukazatel platných dat (A=platná, V=neplatná)
4520.7	– zeměpisná šířka: 42°20.7'
N	– N = severní polokoule, S = jižní polokoule
11239.8	– zeměpisná délka: 112°39.8'
W	– W = západní, E = východní zeměpisná délka
0.32	– aktuální rychlost v uzlech (1 uzel = 0.514 m/s)
358.86	– azimut ve stupních: 358.86° (0° = sever, 180° = jih)
080504	– datum získaný z družice: 8.5.2004
1A	– kontrolní součet všech znaků až po „*“ kromě „\$“

Další typy vět obsahují například informace o viditelných satelitech, o chybách určení polohy, o kvalitě signálu a dalších parametrech.

5. Měřicí program

5.1 TSpeed

Mým úkolem bylo rozšíření měřicího programu TSpeed. Tento program používá společnost T-Mobil pro měření některých parametrů sítě. Skládá se z následujících částí:

Ping test

Umožňuje měření odezvy vzdálených uzlů v síti. Dovoluje nastavit počet odeslaných žádostí v jednom cyklu, maximální povolenou dobu odezvy, počet cyklů měření, prodlevu mezi jednotlivými cykly, velikost dat v odeslaném paketu.

FTP test

FTP klient pro měření přenosových rychlostí downloadu a uploadu. Po připojení na vzdálený FTP server je možné vybrat stahovaný soubor a cílovou cestu.

Dial up

Slouží k vytáčení spojení. Obsahuje také všechna nadefinovaná připojení systému Windows.

AT Commands

Obsahuje prvky sloužící k obsluze zařízení pomocí AT příkazů.

Sequence of tests

Umožňuje provádět posloupnosti testů (Ping test, FTP upload test, FTP download test) ve třech krocích.

Program s těmito hotovými položkami jsem rozšířil o dvě další funkce a to:

HTTP test

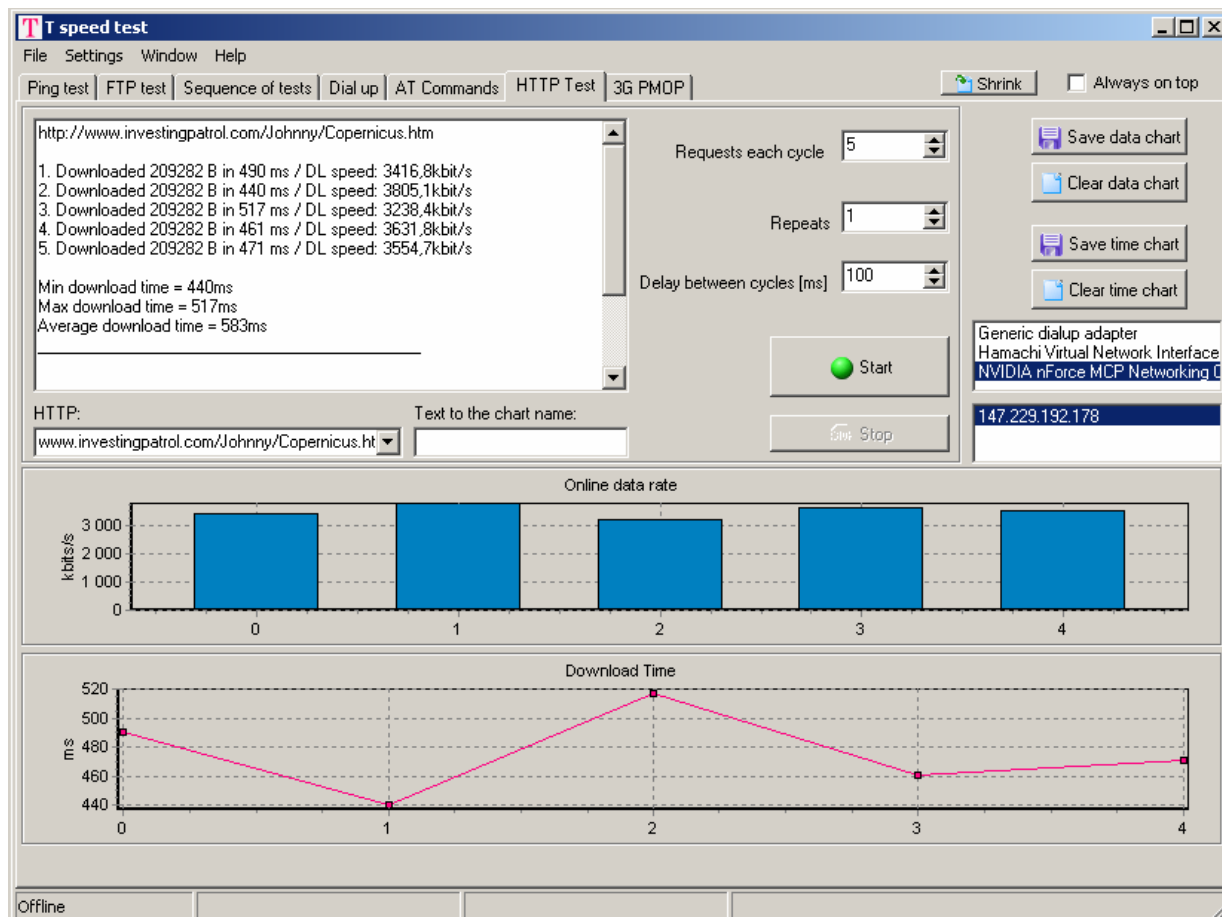
Slouží k měření doby a rychlosti načítání webových stránek.

3G PMOP

Obsahuje stejné funkce jako „Sequence of tests“ rozšířené o možnost nastavení maximální doby FTP přenosu a o určení aktuální pozice uživatele pomocí systému GPS.

5.2 HTTP test

Záložka HTTP test slouží hlavně pro měření rychlosti načítání webových stránek, měření velikosti načítané stránky a následného měření přenosové rychlosti. Záložka je zobrazena na obr. 5.2.



Obr. 5.2. Záložka HTTP test

Hlavní částí záložky je skrytý webový prohlížeč, který umožňuje samotné načítání stránek. URL (Uniform Resource Locator) požadované webové stránky uživatel napíše do editačního okna „HTTP:“. Položkou „Requests each cycle“ je možné nastavit počet opakování v každém cyklu, položka „Repeats“ pak nastavuje počet cyklů, prodlevu mezi každými cykly určuje „Delay between cycles“.

Před samotným měřením je třeba vybrat síťový adaptér, přes který je počítač připojen k internetu. Seznam detekovaných adaptérů v PC je v pravé části záložky spolu se seznamem přidělených IP adres. Pokud je vytočeno připojení ze záložky „Dial up“, použije program automaticky toto připojení.

Měření se provádí stiskem tlačítka „Start“. Webový prohlížeč pak začne načítat zadanou webovou stránku, měří dobu jejího načítání, celkovou velikost stránky, z těchto údajů vypočte přenosovou rychlost. Měření opakuje podle zadaného počtu opakování a cyklů.

Po každém cyklu vypočte minimální, maximální a průměrnou dobu přenosu a po dokončení všech cyklů stanoví tyto hodnoty pro celou sadu měření.

Program dále zjišťuje počet objektů na stránce, na které byl HTTP protokolem vyslán dotaz a pro každý objekt dobu odezvy mezi dotazem a odpovědí. Všechny změřené údaje se vypisují do okna v levé části záložky. Tlačítkem „Stop“ je možné kdykoliv právě probíhající měření zastavit

Po každé sadě měření program zobrazí ve spodní části záložky dva grafy, jeden obsahuje doby načítání stránek, druhý pak dílčí přenosové rychlosti pro každé načítání. Pokud je v nastavení programu zaškrtnuta volba „Save logfiles into directory...“ dojde k vytvoření log souboru, který obsahuje všechny naměřené údaje, volba „Save chart automaticly“ pak určuje, zda se mají ukládat obrázky změřených grafů.

Záložka dále ještě obsahuje editační okno „Text to the chart name:“, které umožňuje přidat do názvů ukládaných obrázků doplňující text. Tlačítka „Save data chart“, „Clear data chart“, „Save time chart“ a „Clear time chart“ pak slouží k manuálnímu uložení, případně smazání každého grafu.

HTTP test využívá knihovny WinPCap, které umožňují monitorovat příchozí i odchozí pakety a díky tomu analyzovat síťový provoz.

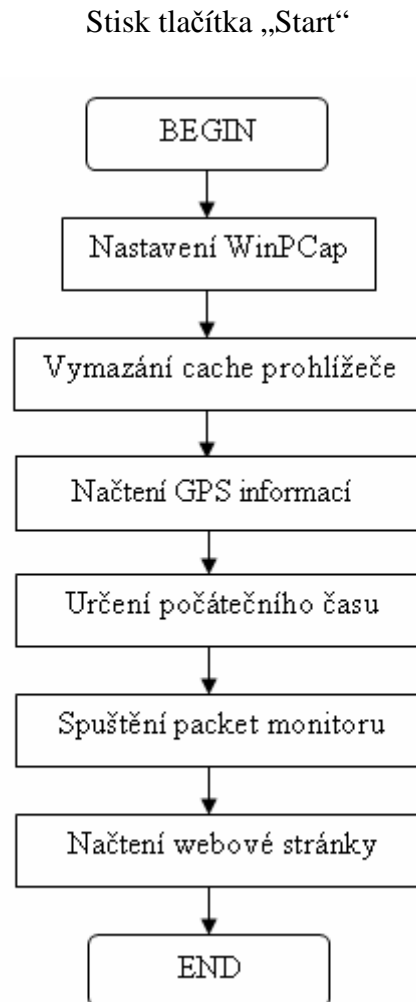
Před vlastním spuštěním měření je WinPCap nastavit, tzn. určit síťový adaptér, jehož provoz bude monitorován, zda budou monitorovány i odchozí pakety, masku podsítě, zda bude monitorován i provoz v LAN síti a některé další. Dále je před spuštěním nutné vymazat cache paměť prohlížeče, jinak by naměřené hodnoty byly velmi zkreslené, toto se provádí pomocí již hotové rutiny DeleteIECache podle [9]. Po tomto nastavení je webovému prohlížeči vyslán příkaz pro načtení požadované stránky a zároveň se uloží čas začátku stahování. Během načítání stránky dochází k analýze příchozích i odchozích paketů, které jsou filtrovány a ukládají se informace pouze o paketech HTTP protokolu (příchozí nebo dochozí port číslo 80). Dále je prováděna analýza TCP hlaviček paketů. Program monitoruje vytváření a uzavírání jednotlivých TCP kanálů.

Když prohlížeč vyvolá událost, která označuje, že byla stránka kompletně načtena, zkontroluje program, zda byly uzavřeny všechny TCP kanály. Pokud by tomu tak nebylo, mohlo by ještě dojít k přenosu dat a naměřené hodnoty by nebyly přesné. Poté se uloží časový údaj a provede se výpočet doby stahování. Dále se provede analýza HTTP provozu, z ní se určí počet odeslaných dotazů (počet objektů na stránce), doba mezi odesláním dotazu a odpovědí, cesta k danému objektu a jeho velikost v bytech. Z celkového počtu objektů se vypočte celková velikost stránky a následně i přenosová rychlost. Tento postup se opakuje podle nastavení „Requests each cycle“. Po ukončení celého cyklu se naměřené hodnoty dílčích dob stahování a přenosových rychlostí vynesou do grafů. Po dokončení všech cyklů (volba „Repeats“) dojde k výpočtu celkové minimální, maximální a průměrné doby stahování a celkové minimální, maximální a průměrné doby odezvy na jednotlivé objekty. Pokud je zaškrtnuta volba ukládání logů a grafů, dojde k vytvoření těchto souborů a jejich uložení.

V případě, že je k počítači připojen přijímač GPS a uživatel vyžaduje získávání aktuálních GPS informací, lze v hlavním menu zvolit používání GPS a typy zjišťovaných informací. Program umožňuje takto získávat souřadnice, datum, čas a aktuální rychlost. Pokud je tato volba vybrána, před samotným měřením program zjistí, zda je ke zvolenému

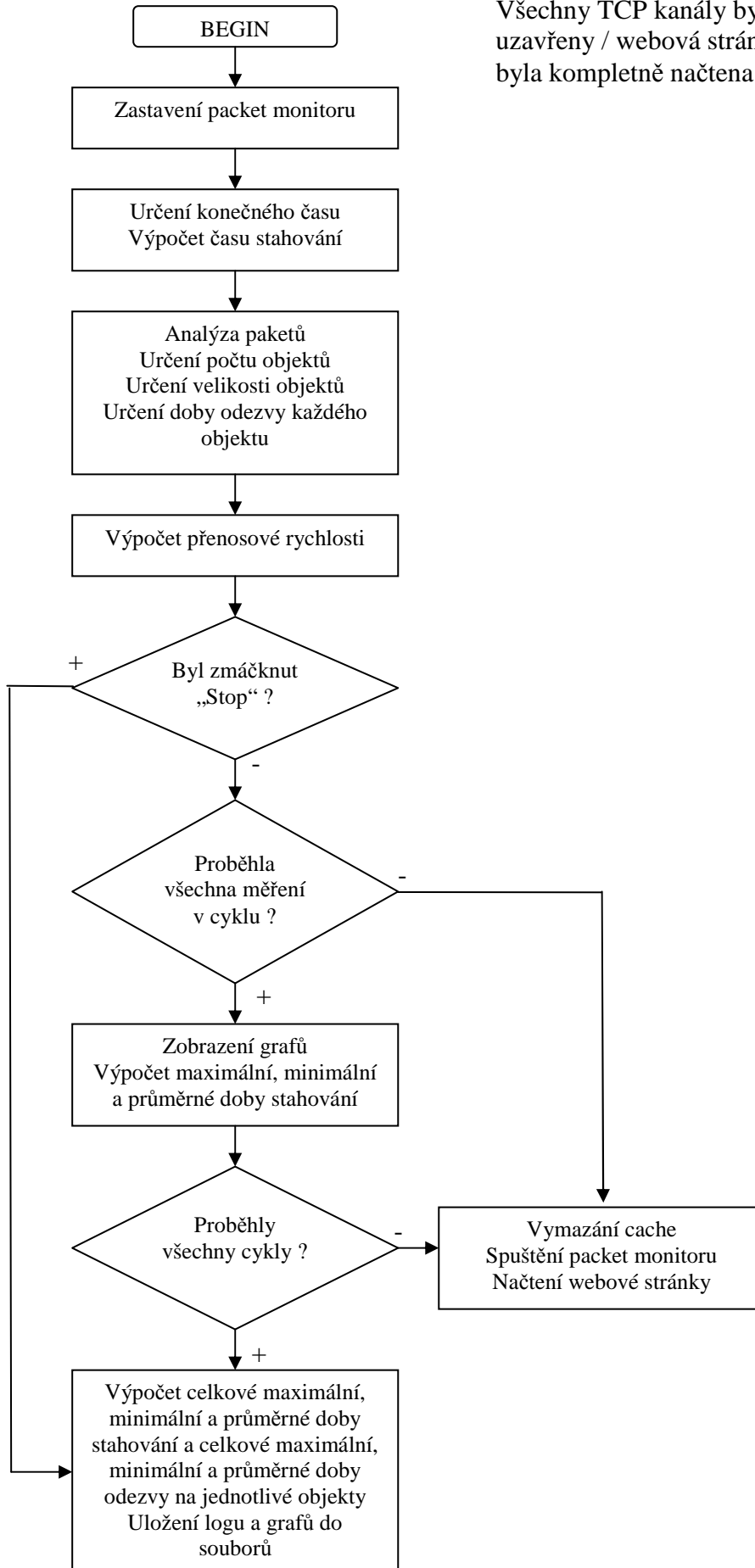
sériovému portu připojen GPS přijímač a zda jsou z něho získávána platná data. Pokud tomu tak je, přečte tyto data z přijímače a uloží je do logovacího souboru. (Pozn.: získávání informací z GPS lze použít u všech typů měření, které T-Speed obsahuje)

Vývojové diagram důležitých částí HTTP testu jsou velmi zjednodušeně uvedeny na obr. 5.3a, 5.3b a 5.3c.



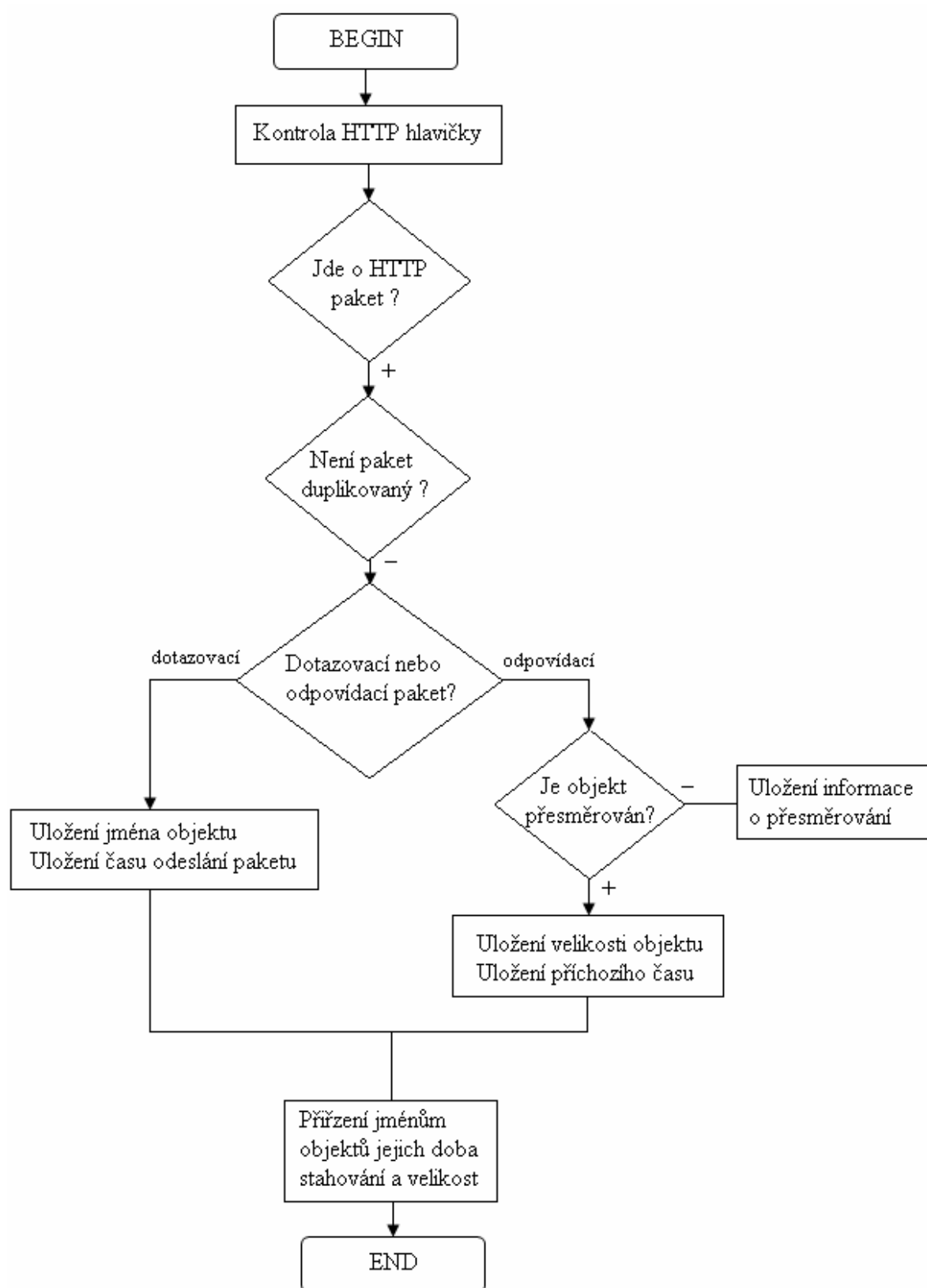
Obr. 5.3a. Vývojový diagram HTTP testu

Všechny TCP kanály byly uzavřeny / webová stránka byla kompletně načtena



Obr. 5.3b. Vývojový diagram HTTP testu

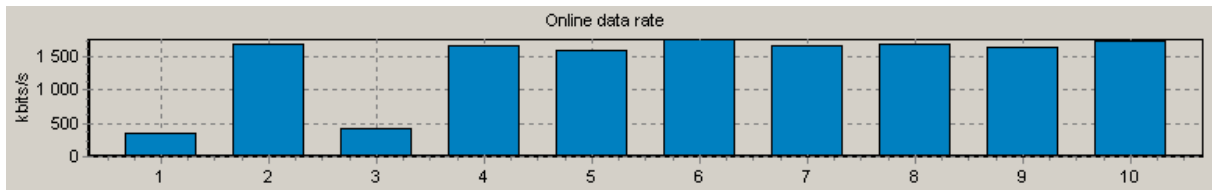
Analýza paketů



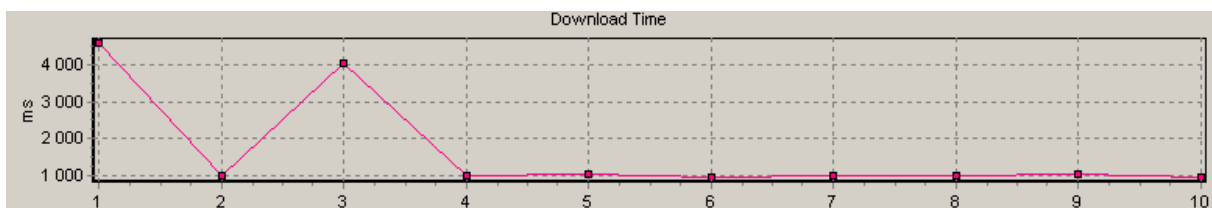
Obr. 5.3c. Vývojový diagram HTTP testu

Příklady grafů jsou uvedeny na obrázku 5.4, 5.5, 5.6, 5.7. Program provedl deset měření (pro tutěž stránku).

První dvojice grafů platí pro pevné připojení 3Mbit/s:

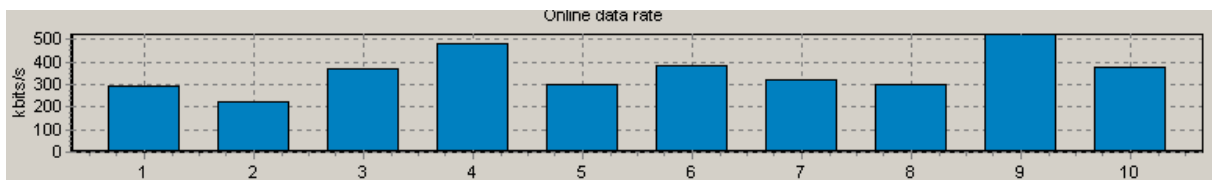


Obr. 5.4. Změřené přenosové rychlosti (pevný internet)

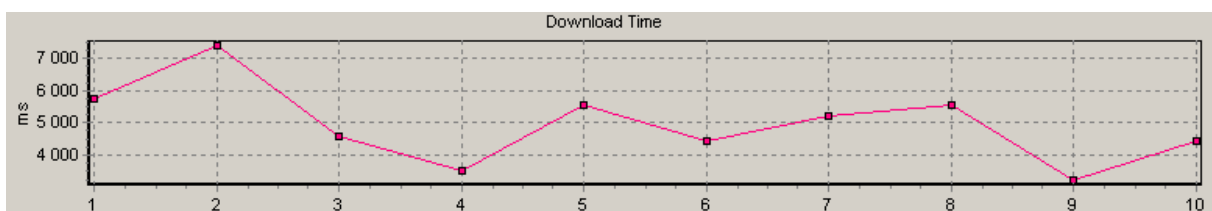


Obr. 5.5. Změřené doby načítání stránky (pevný internet)

Pro srovnání uvádím i hodnoty změřené na připojení Internet 4G (systém UMTS TDD) od společnosti T-Mobile. Rychlost připojení 3,6 Mbit/s, S/N = 10dB:



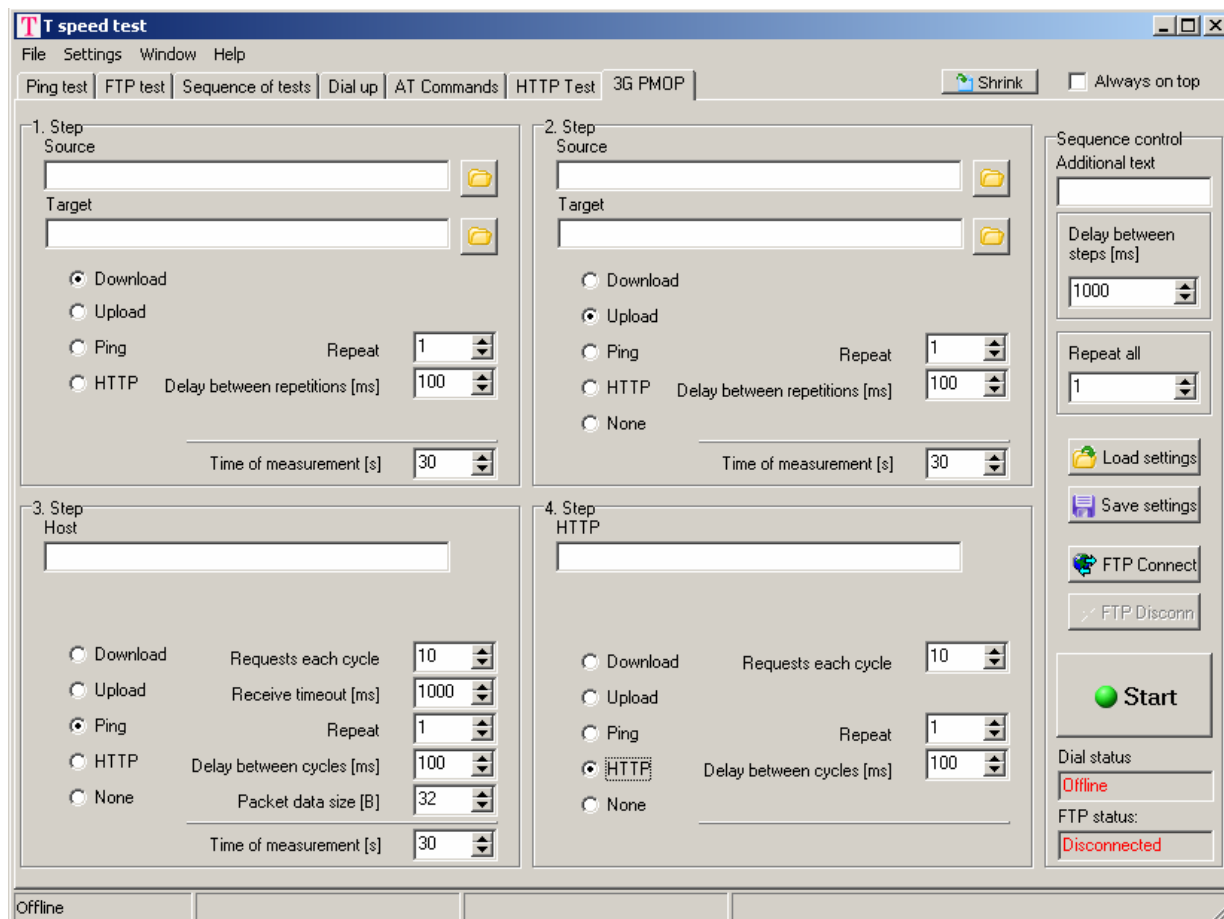
Obr. 5.6. Změřené přenosové rychlosti (mobilní internet 4G)



Obr. 5.7. Změření doby načítání stránky (mobilní internet 4G)

5.3 Sekvence 3G PMOP

Záložka 3G PMOP slouží k vytvoření posloupnosti jednotlivých testů (Ping test, download, upload, HTTP test). Jde o záložku „Sequence of tests“ rozšířenou o možnost volby HTTP testu, maximální doby FTP přenosu „Time of measurement“ a určování GPS koordinátů. Záložka je zobrazena na obr. 5.8.



Obr. 5.8. Záložka 3G PMOP

Záložka obsahuje čtyři části pro každý krok v cyklu. Každá část upravuje svůj vzhled podle vybraného typu testu.

Pokud je zvolen Download nebo Upload test, zobrazí se dvě editační pole pro zdrojová a cílová cesta - „Source“ a „Target“, počet opakování „Repeat“, prodlevy mezi opakováními „Delay between repetitions“. Pouze pro tyto dva testy je aktivní položka pro nastavení maximální doby měření „Time of measurement“. Pokud nebyl Download nebo upload souboru ukončen do této doby, přenos se automaticky ukončí a pokračuje se dalším krokem.

Pokud je vybrán HTTP test, rozšíří se výběr o možnost „Request each cycles“, která určuje počet stahování stránky v každém cyklu.

Při výběru Ping testu přibudou položky „Receive timeout“ pro nastavení času, po jehož uplynutí se prohlásí uzel za nedostupný, a „Packet data size“ pro nastavení velikosti odesílaného paketu.

Záložka dále obsahuje položky „Repeat all“, která určuje počet opakování celé sekvence, „Delay between steps“ pro nastavení doby čekání mezi jednotlivými kroky, editační okno „Additional text“ pro doplňující text k názvům log souborů. Pro jednodušší ovládání jsou na záložce umístěna i tlačítka „FTP Connect“ a „FTP Disconnect“, která umožňují připojení, resp. odpojení od FTP serveru. Tlačítka „Load settings“ a „Save settings“ umožňují načíst a uložit aktuální nastavení sekvence testů.

Textová pole „Dial status“ a „FTP status“ informují, zda je navázáno vytáčené spojení, resp. zda je FTP klient připojen k serveru.

Tlačítkem „Start“ se spouští samotné měření.

Vývojový diagram sekvence 3G PMOP zde neuvádím. Vzhledem k velkému propojení tohoto testu s původním programem by byl příliš složitý.

6. Závěr

Moje práce se týkala rozšíření měřicího programu TSpeed o funkci měření doby stahování webových stránek, jejich velikosti, počtu objektů na stránce a doby odezvy na jednotlivé objekty. Dále bylo mým úkolem rozšířit možnost sekvence testů o funkci ukončení testu FTP přenosu po určité době a o získávání GPS koordinátů.

7. Použitá literatura

- [1] HANUS, S., FENCL, J., ŠTENČEL, V. Bezdrátové a mobilní komunikace II, Vysoké učení technické v Brně, 2005
- [2] BOSTELMANN, G. UMTS Design Details & System Engineering. INACON GmbH, 2002. ISBN 3-93627-306-5
- [3] SEURRE, E., SAVELLI, P., PETRI, P.J. GPRS for Mobile Internet. Artech House Books, Boston – London, 2003. ISBN 1-58053-600-X
- [4] MEHROTRA, A. GSM System Engineering. Artech House, Inc. Boston – London, 1997.
- [5] <http://www.marigold.cz>
- [6] <http://tomas.richtr.cz/mobil/>
- [7] KADLEC, V. Učíme se programovat v C++ Builder a jazyce C, Computer Press 2004
- [8] HEROUT, P. Učebnice jazyka C, KOPP 2004
- [9] <http://delphi.about.com>
- [10] <http://www.delphifaq.com>
- [11] <http://www.delhipages.com>
- [12] KOLKA, Z. přednášky k předmětu Počítačové komunikační sítě
- [13] DOSTÁLEK, L., KABELOVÁ, A. Velký průvodce protokoly TCP/IP a systémem DNS, Computer Press, 2000
- [14] ŠEBESTA, J. přednášky k předmětu Radiolokace a radionavigace

8. Seznam zkratek

UMTS	Universal Mobile Telecommunication System
ITU	International Telecommunication Union
IMT-2000	International Mobile Telecommunications for year 2000
FPLMTS	Future Public Land Mobile Telecommunication System
UIM	User Identification Module
CDMA	Code Division Multiple Access
TDMA	Time Division Multiple Access
WCDMA	Wideband Code Division Multiple Access
MSS	Mobile Satellite Service
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunications
GSM	Global System for Mobile communications
UE	User Equipment
FDD	Frequency Division Duplex
TDD	Time Division Duplex
RNC	Radio Network Controller
MSC	Mobile Switching Centre
GMSC	Gateway Mobile Switching Centre
SGSN	Serving GPRS Support Node
GGSN	Gateway GPRS Support Node
BSC	Base Station Controller
UTRAN	UMTS Terrestrial Radio Access Network
EDGE	Enhanced Data Rates for GSM Evolution
W-CDMA	Wideband Code Division Multiple Access
TD-CDMA	Time Division Code Division Multiple Access
DS-SS	Direct Sequence Spread Spectrum
OVSF	Orthogonal Variable Spreading Factor
SF	Spreading Factor
PN	Pseudonáhodný
VF	Vysokofrekvenční
MAC	Media Access Control
RLC	Radio Link Control
RRC	Radio Resource Control
TF	Transport Format
TTI	Transition Time Interval
TFI	Transport Format Indicator
CRC	Cyclic Redundancy Checksum
CCTrCH	Coded Composite Transport Channel
SIR	Signal to Interference Ratio
IQ	In-phase, Quadrature
QPSK	Quadrature Phase Shift Keying
OCQPSK	Orthogonal Complex Phase Shift Keying
HTTP	HyperText Transfer Protocol
WWW	World Wide Web
MIME	Multipurpose Internet Mail Extension
TCP	Transmission Control Protocol
ASCII	American Standard for International Interchange
URL	Uniform Resource Locator

UDP	User Datagram Protocol
IP	Internet Protocol
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
FTP	File Transfer Protocol
SMTP	Simple Mail Transport Protocol
DNS	Domain Name Service
POP3	Post Office Protocol version 3
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol over Secure Socket Layer
SIP	Session Initiation Protocol
ARQ	Automatic Repeat-reQuest
RTT	Round-Trip Time
GPS	Global Positioning System
NAVSTAR	Navigation System Using Time and Range
GLONASS	Globalnaya Navigatsionnaya Sputnikovaya Sistema
GNSS	Global Navigation Satellite System
MEO	Medium Earth Orbit
C/A	Coarse Aquisition
P	Precision
NMEA	National Marine Electronics Association