

Laboratorní úloha – Architektura Sítí

Podpora kvality služeb v OS Unixového typu pro provoz v bezdrátových sítích

Cíl

Cílem úlohy je seznámit se s využitím podpory kvalitativních požadavků služeb (QoS) při přenosech dat bezdrátovou sítí Wi-Fi v operačních systémech Unixového typu. Dále také seznámení s nastavením podpory QoS u koncových uživatelů používajících některou z distribucí Linuxu a také vytvoření datového toku pro zatížení sítě pomocí FTP přenosu, streamování videa a http provozu.

Vybavení pracoviště

2x PC, software: Oracle vm virtualbox, Ubuntu, Filezilla, wireshark, hostapd, jperf, VLC media player, směrovač ASUS WL-500W, USB přijímače Wi-Fi ASUS USB-N11 a Ovislink AirLive X.USB-3, smartphone (Sony XPERIA S).

Úkoly

1. Zprovozněte v koncových stanicích pomocí Virtualboxu OS Ubuntu a v něm potřebné aplikace pro generování/přijímání provozu.
2. Vytvořte datový provoz mezi stanicemi, zobrazte samotné přenosy a změřte jejich kvalitu pomocí doporučeného softwaru. Vyhodnoťte kvalitu přenášeného videa.
3. Nastavte parametry QoS v koncových stanicích a spusťte opět datový provoz pro zatížení.
4. Změřte nyní kvalitu přenosu a porovnejte s původními hodnotami a snímky z přenosu bez nastavení podpory QoS.
5. V případě třetí topologie porovnejte součinnost podpory QoS při nastavení v koncových uživatelích a v přístupovém bodě.

Teoretický úvod

Quality of Service je termín, který se používá pro technologie řídící datový tok v sítích dle požadavků služeb v sítích na bázi technologií s přepojováním paketů. QoS musí umět rozlišit druh přenosu, aby pomocí této informace mohl nastavit požadovanou prioritu danému typu datového přenosu. Priorita pro daný typ přenosu udává to, že se pakety důležitějšího typu přenosu dostanou do stanice příjemce ve správnou dobu a nepoškozeny.

Nejvíce žádoucí nastavení QoS je u přenosů v reálném čase, tzv. Real-time přenosů. U přenosů Real-time je třeba mít nastaveny priority tak, aby při přenosu dat nedocházelo ke ztrátě a zpoždění dat.

Real-time služby nepožadují pouze bezchybný přenos dat, ale hlavně přenos dat v požadované časové relaci. Nejdelší hranice pro přenos dat se nazývá deadline. U přenosů v reálném čase je možno ztratit některé pakety, ale je nežádoucí, aby pakety došly v jiném pořadí a se zpožděním.

Parametry, které se pro podporu QoS nastavují, jsou zpoždění (delay), které udává dobu, za kterou data dorazí od vysílací stanice k cílové. Dále jitter (kolísání) tato hodnota udává rozdílné zpoždění mezi pakety. Ztrátovost (packet loss) – kolik paketů se při přenosu ztratí. Propustnost (throughput) – maximální zátěž linky, doručení mimo pořadí (out of delivery) a šířka pásma (bandwidth).

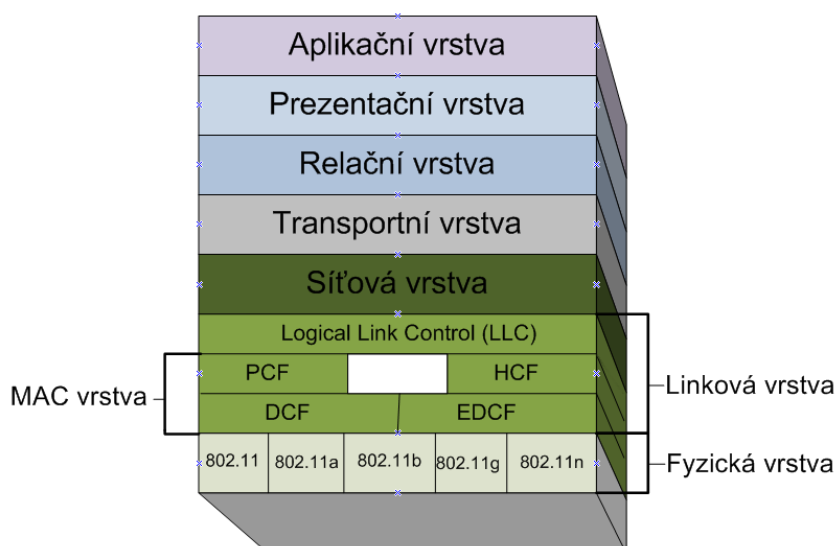
Pro přenosy v reálném čase existují doporučené hodnoty těchto parametrů pro plynulý přenos hlasu nebo videa. Příklad doporučených hodnot parametrů QoS pro internetovou telefonii VoIP:

- Latence (doba mezi vysláním a doručení paketu) < 150 ms.
- Jitter (rozdíl intervalů přijímaných paketů) < 30 ms.
- Packet loss (podíl přijatých a poslaných paketů za čas) > 99%.
- Bandwidth (souvisí s propustností) 12 – 106 kbit/s v závislosti na vzorkování, kodeku a režii na 2. vrstvě.

Následující tabulka zobrazuje dělení priorit podle kategorie datového toku:

třída přístupu	popis	výška priority dle 802.1D
Priorita Hlasu	Nejvyšší priorita: umožní více souběžných hovorů VoIP s nízkým zpožděním a vysokou kvalitou zvuku	7,6
Priorita Videa	Upřednostní přenos videa před ostatními datovými toky. Jeden přístupový kanál v síti 802.11g nebo 802.11a může podporovat 3-4 SDTV streamy nebo jeden HDTV stream.	5,4
Priorita Best Effort	Přenos z ostatních zařízení nebo aplikací, které nevyžadují QoS. Přenosy s nižší citlivostí na zpoždění. Např. internetový prohlížeč.	0,3
Ostatní priority na pozadí (background)	Nejnižší priorita: tiskové úlohy, přenos dat, přenosy, které nemají přísné požadavky na zpoždění a propustnost	1,2

Pro podporu kvalitativních požadavků služeb v bezdrátových sítích existuje standard IEEE 802.11e, který přináší možnost prioritizace přenosu také v bezdrátových sítích. Standard 802.11e zavádí nové režimy vrstvy MAC poskytující podporu QoS. Metody se nazývají EDCF (Enhanced Distributed Coordination Function) a HCF (Hybrid Coordination Function) viz obrázek 0.1



Obrázek Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu..1 - VRSTVOVÝ MODEL OSI S MODIFIKACEMI 802.11 A 802.11E

V operačních systémech Unixového typu je podpora QoS řešena pomocí front. Fronty paketů (queueing discipline = qdisc) slouží určení dat, která budou odeslána jako první. Příchozí provoz je označován jako ingress a jeho tvarování (přeuspořádání, zpomalení, či zahazení paketu) je

nazýváno policing. V OS Linux je pro ingress používáno pouze omezení šířky pásma. Odchozí provoz označován jako egress využívá ke tvarování tzv. shaping. Shapingem lze pakety zpomalovat, přeuspořádávat i zahazovat za použití různých složitých algoritmů.

Classless fronty, jsou fronty, které řídí základní typy provozu pomocí přeuspořádání, zpomalení a zahazení paketu. Tento typ qdisc neumožňuje vytvoření tříd. Classless qdisc: fifo (first in first out), pfifo_fast, sfq (stochastic fair queueing), sfq (extended stochastic fair queueing), gred (generic random early drop), tbw (token bucket filter).

Classfull třídy mohou obsahovat další classless i classful qdisc. Tímto tvoří strom tříd skládaný z uzlů obsahujících další classful qdisc a listů obsahujících jeden classless qdisc. Každé síťové rozhraní má na výstupu jednu kořenovou disciplínu qdisc nastavenou do výchozího nastavení pfifo_fast, která je používána pro tvarování odchozího směru. O vstup na rozhraní se stará policing, který má pouze omezené možnosti nastavení. Classfull qdisc :prio, cbq (class based queueing), HTB (hierarchical token bucket), HFSC (hierarchical fair service curve).

Nejpoužívanějšími a zároveň nejvhodnějšími metodami jsou HTB a HFSC.

Metoda HTB

HTB – Hierarchical Token Bucket – využívá konceptu token a bucket spojeného se systémem založeném na třídách a filtrech, pro povolení komplexní kontroly nad přenosem. S komplexním modelem půjčování, může HTB provádět celou řadu sofistikovaných technik kontroly přenosu. Jednou z nejjednodušších metod použití HTB je použití tvarování.

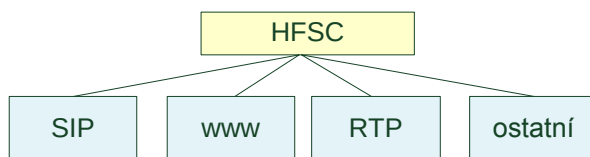
Pro pochopení metody HTB, je důležitým logickým krokem chápat metodu token bucket a funkci TBF. Tato disciplína front umožňuje uživateli definovat charakteristiku metody token a bucket a povoluje vkládat do bucketu tokeny svévolně. Při spojení metody se schématem klasifikace, může být přenos kontrolován velice podrobným způsobem.

Metoda HFSC

HFSC – Hierarchical Fair Service Curve se blíží servisní křivce modelu sdílení linky. Křivka zde definuje požadavky QoS třídy datového toku. Plánování je zde založeno na dvou kritériích: real-time kritéria, které zajišťují garanci služeb všech listových tříd, a kritéria sdílení linky (link-sharing), která si klade za cíl uspokojit servisní křivku vnitřních tříd a spravedlivě rozdělit přebytečnou šířku pásma. Kritéria real-time jsou používána k výběru paketů, pouze pokud hrozí potenciální nebezpečí, že garance služeb pro uzly typu list jsou v ohrožení. V opačném případě jsou využity kritéria sdílení linky. Tato politika zajišťuje garanci v reálném čase třídám typu list, zatímco ve stejném čase se minimalizuje rozdíl mezi aktuálními službami přijímanými do vnitřních uzlů a ty jsou řízeny modelem sdílení linky.

Následující část zobrazuje možnost rozdělení šířky pásma 1Mbit do tříd podle obrázku 0.2. Příklad rozdělení datového toku, přiřazuje protokolu SIP 100 kbit a maximální zpoždění 30ms, které je požadováno, hodnota ul rate udává celkovou šířku pásma uploadu, kterou je možno využít. Z tohoto důvodu je u všech tříd shodná, protože v případě nevyužití šířky pásma některými třídami, je možno tuto šířku využít třídou jinou. Pro stream videa RTP je zde maximální šířka pásma 700kbit a maximální doba zpoždění 200ms, což je podle tabulek dostačující. Pro http a ostatní služby je rozdělena zbylá šířka pásma a není nastavena maximální doba zpoždění. Pomocí filtrů a v nich využitého klasifikátoru

u32, je datový tok klasifikován do jednotlivých tříd. A Poslední část přiřazuje filtry k jednotlivým datovým tokům.



ObrázekChyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu..2 - rozdělení šířky pásma

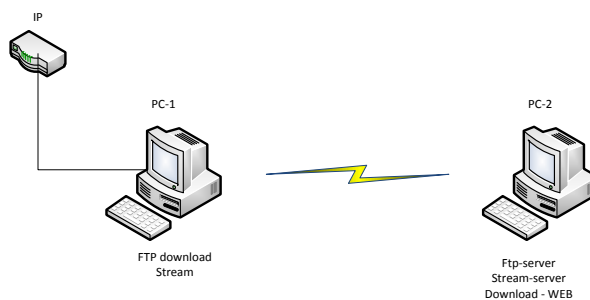
```

tc qdisc add dev wlan0 root handle 1: hfsc default 13
tc class add dev wlan0 parent 1: classid 1:1 hfsc sc rate 1000kbit ul rate 1000kbit
tc class add dev wlan0 parent 1:1 classid 1:10 hfsc sc umax 1500b dmax 30ms rate 100kbit ul rate 1000kbit
tc class add dev wlan0 parent 1:1 classid 1:11 hfsc sc umax 1500b dmax 200ms rate 700kbit ul rate 1000kbit
tc class add dev wlan0 parent 1:1 classid 1:12 hfsc sc rate 100kbit ul rate 1000kbit
tc class add dev wlan0 parent 1:1 classid 1:13 hfsc sc rate 100kbit ul rate 1000kbit
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip sport 5060 0xffff flowid 1:10
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip dport 5060 0xffff flowid 1:10
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip sport 5004 0xffff flowid 1:11
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip dport 5004 0xffff flowid 1:11
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip sport 80 0xffff flowid 1:12
tc filter add dev wlan0 protocol ip parent 1:0 prio 1 u32 match ip dport 80 0xffff flowid 1:12
tc qdisc add dev wlan0 parent 1:10 handle 30: sfq perturb 10
tc qdisc add dev wlan0 parent 1:11 handle 40: sfq perturb 10
tc qdisc add dev wlan0 parent 1:12 handle 50: sfq perturb 10
tc qdisc add dev wlan0 parent 1:13 handle 60: sfq perturb 10
    
```

Postup řešení

Zapojení 1:

- Vytvořte zapojení dle obrázku 0.3 s využitím USB přijímače Ovislink AirLive X.USB-3 ve stanici PC-1 a Wi-Fi ASUS USB-N11 ve stanici PC-2.



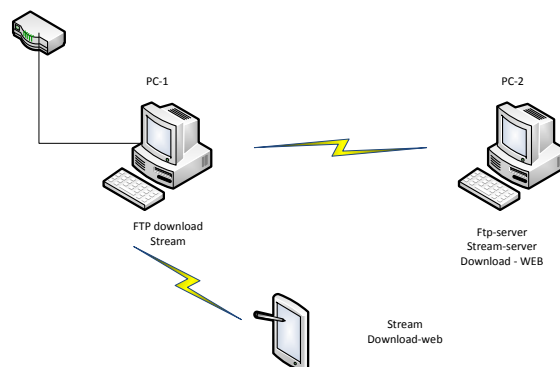
Obrázek Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu..3 - schéma zapojení 1

1. Spustíte na obou stanicích ve virtuálním stroji, operační systém UBUNTU. V těchto stanicích použijte přiložených USB adaptérů a vytvořte bezdrátovou síť. Pro povolení adaptérů ve wm: vrchní nabídka *zařízení* -> *usb zařízení* -> *povolit usb adaptér*. Nastavení ve stanici PC-1 *Nabídka připojení vpravo nahoře* -> *create wireless network* -> *název sítě, zabezpečení sítě*. Na stanici PC-2 se k této síti připojte.

2. Vytvořte datový provoz mezi těmito stanicemi. Pomocí VLC media playeru spusťte stream videa na stanici PC-2: *media -> stream -> add -> stream -> next -> RTP/MPEG Transport Stream -> add -> <ip adresa pc-1> port např. 5004 -> next -> stream*. Na stanici PC-1 tento síťový stream spusťte pomocí VLC media playeru: *media-> open network stream -> rtp://@:port -> play*.
V další řadě otevřete ve stanici PC-1 program FileZilla a spusťte stahování z ftp serveru na stanici PC-2. Postup: *Host <ip adresa PC-2> -> username: anonymous -> password: anonymous-> quick connect->kopírovat nějaký soubor*. V další řadě spusťte v obou stanicích přes terminál program JPerf pro simulaci VoIP hovoru. *Terminal -> cd <cesta do složky JPerf> (/home /user/Downloads/ JPerf/) -> sudo sh jperf.sh*. Stanici PC-1 nastavte jako server pro port 5060 a stanici PC-2 jako client. Použijte UDP přenos se šířkou pásma 12,5 kbytes. Délku přenosu zvolte sami (minimálně 60s). Dále ve stanici PC-2 začněte stahovat soubor z internetu a spusťte ping z jedné stanice na druhou. Pozorujte a zaznamenejte si výsledky přenosu streamovaného videa, křivku jitteru, rychlost ftp přenosu, pingu a downloadu.
3. Nyní přiřadte ve stanici PC-2 priority uploadu datovým tokům pomocí metody HFCS a poté přiřadte tuto prioritu i ve stanici PC-1 pro toky, které jdou ze stanice PC-1 do stanice PC-2. Rozdělte datový tok do různých tříd, klasifikujte tyto datové toky a přiřadte jim šířky pásma tak, aby hlavně multimediální přenos pomocí streamu a hovor VoIP probíhaly beze ztrát a s minimálním zpožděním. Postup: *terminal -> tc qdisc add dev (wlan0, ...) root handle 1: hfsc default 12 (záleží na rozdělení datového toku) -> více viz teoretický úvod*. Ověřte si rozdělení datového toku do tříd pomocí příkazu *tc -s -d class show dev wlan0*.
4. Opět spusťte datový provoz mezi stanicemi a porovnejte výsledky (ftp, ping, ...) s výsledky naměřenými předtím. Dle těchto výsledků změňte nastavené HFSC hodnoty tak, aby probíhaly přenosy v reálném čase bez jakéhokoliv poškození. Navržené hodnoty zaznamenejte.

Zapojení 2:

- Vytvořte zapojení dle obrázku 0.4.



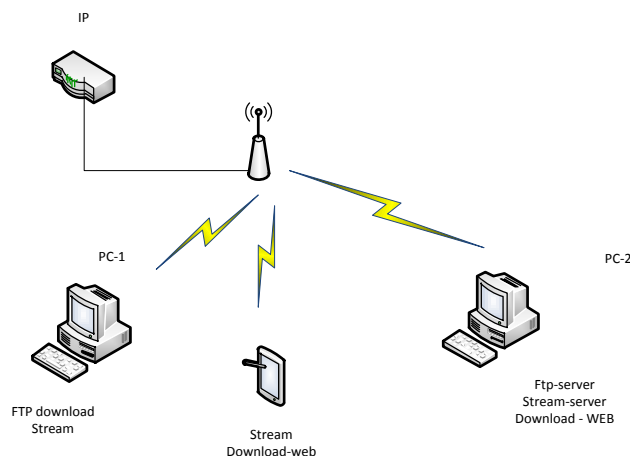
Obrázek Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu..4 - schéma zapojení 2

1. Nechejte vytvořenu bezdrátovou síť z úkolu č. 1. Ve stanici PC-1 je třeba spustit authenticator pro připojení mobilního telefonu k síti. Postup: *terminal -> sudo apt-get install hostapd*. Nejprve je třeba nastavit konfigurační soubor programu: *terminal -> cd /etc/hostapd/ -> nano (vi, gedit, ...) hostapd.conf -> nastavení dle sítě vytvořené stanicí PC-1 (SSID, interface, password...) -> ctrl+x (uložení) -> sudo hostapd hostapd.conf*. Nyní je možné se připojit s mobilním telefonem k bezdrátové síti vytvořené stanicí PC-1.

2. Nyní v programu VLC běžícím na stanici PC-2 změňte stream ne pouze na stanici PC-1 ale přidejte i stream pro mobilní telefon s nainstalovaným VLC media playerem. Postup je shodný jako v předchozím případě pouze dát 2x *RTP/MPEG Transport Stream* ->add -> <ip adresa zařízení> port, pro každé zařízení zvolte jiný port (např. 5002 a 5004). Spusťte download v mobilním telefonu a poté spusťte plný datový provoz jako v úkolu č. 1. Všimněte si výsledků v počítačové stanici a v mobilním telefonu.
3. Změňte nastavení metody HFSC v obou PC stanicích tak, aby bylo přenášené video plynulé na mobilním telefonu. To znamená, změňte nastavené hodnoty pro priority přenosu streamovaného videa na stanici PC-1 tak, aby náleželi mobilnímu telefonu (porty). Změněné hodnoty zaznamenejte.
4. Rozdělte datový provoz ve stanicích PC-1 a PC-2 tak, aby byl přenos streamovaného videa plynulý v PC-1 i v mobilním zařízení a také aby přenos simulovaného VoIP hovoru probíhal dle požadavků.

Zapojení 3:

- Vytvořte zapojení dle obrázku 0.5.



Obrázek Chyba! V dokumentu není žádný text v zadaném stylu..5 - schéma zapojení 3

1. Připojte do sítě směrovač ASUS WL-500W a nastavte jej jako AP. Připojte směrovač pomocí kabelu k jedné z PC stanic a připojte se k webovému rozhraní směrovače pomocí adresy 192.168.1.1. Ve složce wireless a podsložce bridge nastavte AP only. Ve složce Bandwidth Management se ujistěte, že je veškerá podpora QoS vypnuta. Stiskněte finish pro uložení a restartování AP.
2. Všechny stanice připojte k bezdrátové síti tvořené AP a vytvořte mezi nimi různý datový provoz jako v předchozích úkolech. Zaznamenejte a porovnejte výsledky s předchozími úkoly.
3. V počítačových stanicích vytvořte pomocí metody HFSC rozdělení datového toku a přiřazení filtrů. Zjistěte, jaký má vliv toto nastavení na přenos, a vyhodnoťte výsledky.
4. Nyní se připojte opět k webovému rozhraní směrovače a povolte v něm ve složce Bandwidth Management podporu QoS při nejmenším pro VoIP a stream. Vytvořte opět zatížení sítě a vyhodnoťte rozdíly mezi předchozím přenosem a současným přenosem.

5. Vytvořte a nastavte vhodné nastavení parametrů QoS pro přenos obsahující multimediální služby tak, aby tyto služby přenášeny v reálném čase nebyly nijak poškozeny. Vhodné nastavení vytvořte jak v PC stanicích tak i v přístupovém bodu.

Kontrolní otázky

1. Jaké metody přístupu k médiu jsou používány u standardu 802.11e?
2. Na které vrstvě modelu OSI a ve které její části jsou metody přístupu k médiu u standardu 802.11e definovány?
3. Jaký je rozdíl mezi classless qdisc a classfull qdisc?
4. Čeho využívá metoda HFSC pro řízení a tvarování datového toku?