

Průzkum a ověření praktických možností mechanismů podpory kvality služby (QoS) v sítích 802.11 na bázi mechanismů IEEE 802.11e

Vypracoval: Petr Kabilka Kab039, Tomáš Kraus KRA455

Původní metody přístupu k médiu podle 802.11

Popisované metody definují chování při sdílení přenosového média mezi více koncovými uzly a přístupovým bodem.

DCF (Distributed Coordination Function)

Je mechanismus založený na metodě přístupu CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance). Stanice monitoruje provoz určitého kanálu a jestliže vysílá někdo jiný, čeká náhodně dlouhou dobu a poté své vysílání opakuje. Tato metoda nepodporuje žádné priority přístupu.

PCF (Port Coordination Function)

Již dokáže upřednostňovat datové toky, protože se přístupový bod ptá stanic, jestli mají data k odeslání. Pokud ano, přidělí jim přístupový bod určitou dobu k vysílání. Ale ani PCF nerozlišuje mezi typy provozu.

Rozšíření MAC podle 802.11e

Vzhledem k tomu, že ve wifi sítích rostla v minulých letech, a roste i nadále potřeba upřednostňovat datové toky náchylné na zpoždění (VoIP, Video), je nutné tento problém řešit.

IEEE 802.11e rozšiřuje oba režimy přístupu k rádiovému kanálu, DCF (rozšíření EDCF) i PCF (rozšíření HCF). Dále zajišťuje zpětnou slučitelnost se staršími zařízeními, které nemají podporu QoS (podle původních norem 802.11a/b/g).

EDCF (Enhanced Distribution Coordination Function) Je mechanismus, který alokuje šířku pásma na základě kategorií provozu. Standard 802.11e definuje čtyři kategorie provozu a osm úrovní priority (CoS 0 až 7). V tabulce 1 je naznačeno mapování všech sedmi priorit a jím odpovídajících front, které jsou odbavovány právě podle své priority. Provoz stanic, které nepodporují QoS, se automaticky řadí do kategorie „best effort“. Každá stanice může vysílat, hned jak je médium volné a po intervalu čekání, který ovšem odpovídá dané kategorii provozu.

AIFS (Arbitration Interframe Space).

Aifs se zkracuje se zvyšující se prioritou provozu, tzn. že stanice s větší prioritou provozu bude čekat menší dobu, než stanice s provozem s nižší prioritou. Provoz s vyšší prioritou je tak upřednostněn na úkor provozu s prioritou nižší. V případě např. VoIP, je tak zajištěno, že bude volání bez výpadků a s menším zpožděním.

Doba AIFS je pro každou kategorii pevně daná a interval čekání ještě doplňuje náhodně dlouhé okno sváru (kolizní okno) (CW, Contention Window) viz. Tabulka 1. Oboje v délce, vyjádřené v násobku časových úseků (slots), která je 20 mikrosekund pro 802.11b a devět mikrosekund pro 802.11g. CW brání kolizím paketů stejné kategorie. Zdvojnásobuje svou délku po každé nastalé kolizi a po úspěšném přenosu se zase vrací na minimální hodnotu.

kategorie	charakteristiky přenosu	AIFSN	CW (Contention Window)	Celková doba čekání
hlas (7,6)	VoIP s nejvyšší kvalitou – minimální zpoždění	2	0 – 3	2 – 5
video (5,4)	video toky (běžné i vysoké rozlišení)	2	0 – 7	2 – 9
best effort (0,3)	interaktivní aplikace necitlivé na zpoždění	3	0 – 15	3 – 18
pozadí (2,1)	datové soubory	7	0 – 15	7 – 22

Tabulka 1: Doba čekání na vysílání (v časových úsecích) u jednotlivých kategorií

HCF (Hybrid Coordination Function) Zde si stanice vyžádá od přístupového bodu právo vysílat (přístup k rádiovému kanálu). Vedle mechanismu QoS založeného na upřednostňování provozu nabízí IEEE 802.11e ještě složitější rezervační mechanismus a to: HCCA (HCF Controlled Channel Access). Stejně jako u původní funkce PCF řídí i v rámci HCCA přístup ke kanálu přístupový bod pomocí výzev jednotlivým stanicím. QoS je bráno v potaz při plánování vysílacích dob, kdy některý provoz dostává k dispozici větší část kanálu. AP přiděluje právo vysílat na základě osmi možných identifikátorů provozu na vrstvě L1 (TSID, Traffic Stream Identifier). HCCA s dobře nastavenými parametry QoS může zajistit efektivnější využití přenosového kanálu a to především u WLAN používaných primárně pro přenos hlasu, nebo videa, protože zde odpadají doby čekání.

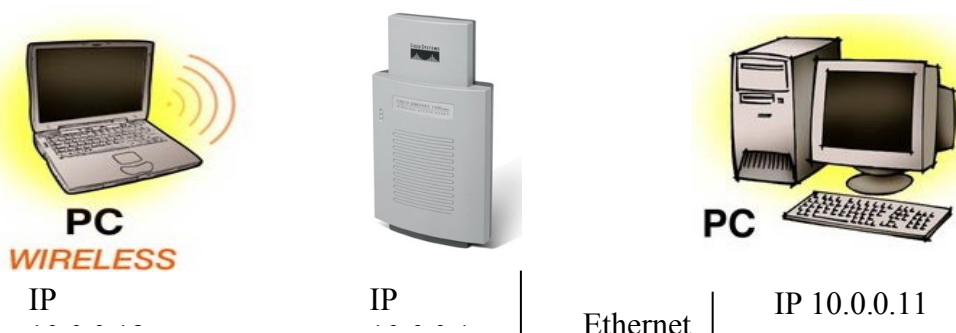
Ověření možností implementace QoS v přístupovém bodu Cisco Aironet AP 1100

Aironet 1100 aplikuje pravidla QoS v tomto pořadí:

- 1) Pokud je příchozí paket už označen na druhé vrstvě pomocí hodnoty CoS např. z routeru či switchu, AP použije tuto hodnotu a na paket neaplikuje vlastní QoS. Existující klasifikace je priorizována před všemi ostatními pravidly.
- 2) QoS pro protokol 119 (bezdrátové telefony). Pokud jsou zapnuty QoS pro bezdrátové telefony je provoz z telefonů priorizován před ostatním, kromě provozu týkajícího se bodu 1)
- 3) QoS vytvářené přímo na AP. Provoz který je označován přímo na AP pomocí hodnoty CoS na druhé vrstvě je priorizován před ostatním kromě provozu týkajícího se pravidla 2)
- 4) QoS pro všechny pakety ve VLANu. Lze nastavit QoS pro celý VLAN, pokud je toto pravidlo použito aplikuje se jako poslední.

Test č.1

Schéma testovaného zapojení č.1:



Popis testování:

Naším cílem bylo ověřit funkčnost QoS na rádiovém rozhraní Aironet 1100. Pro ověření funkčnosti QoS je nutné nejprve wifi rozhraní zahltit pokud možno různorodým provozem, a poté zjistit jak se chová námi upřednostněný datový tok. Pro ověření, jsme vyzkoušeli několik možných nastavení CoS pro různé toky a vždy sledovali pomocí pingu jak se mění doba odezvy.

Prvním tokem byl TCP provoz, kde na PC byl nakonfigurován a spuštěn FTP server, a na straně PCwireless bylo zahájeno stahování objemnějšího souboru.

Dalším tokem, který měl zatížit rozhraní, byl UDP tok generovaný pomocí programu VLCmedia player. Konkrétně se jednalo o streamované video, které bylo posíláno a zobrazováno na PCwireless.

Poslední tok byl ICMP provoz (pingy) z obou stran, na kterých jsme sledovali, jak se mění doba odezvy pro různou konfiguraci CoS.

Popis konfigurace:

AP Cisco aironet 1100 má webové konfigurační rozhraní, my jsme dali přednost konfiguraci přes protokol telnet z PC.

Nejdříve vytvoříme jednotlivé access listy, pomocí kterých přiřadíme TCP,UDP a ICMP provoz do class map. V konfiguraci použijeme extended ACLs, protože standard ACL neumožňuje roztrždit výše zmiňovaný provoz. Následně nakonfigurujeme jednotlivé class mapy, které nám definují jakým způsobem se budou vybírat pakety na které se budou aplikovat QoS, v našem případě podle access listu. Příkaz policy-map definuje vlastní QoS, přičemž na wifi můžeme aplikovat pouze set cos a to v obou směrech. My jsme se zabývali pouze konfigurací směru AP→Notebook. V posledním kroku policy mapu přiřadíme na wifi rozhraní.

Vytvoření access listu 100, 101, 102, kterým vyhovuje tcp, icmp a udp provoz:

```
ap(config)#access-list 100 permit tcp any any
ap(config)#access-list 101 permit icmp any any
ap(config)#access-list 102 permit udp any any
```

Vytvoření class map class1, class2, class3 do kterých přiřadíme roztrženy provoz tcp, icmp, udp z extended access listu 100, 101, 102.

```
ap(config)#class-map class1
ap(config-cmap)#match access-group 100
ap(config-cmap)#exit
```

```
ap(config)#class-map class2
ap(config-cmap)#match access-group 101
ap(config-cmap)#exit
```

```
ap(config)#class-map class3
ap(config-cmap)#match access-group 102
ap(config-cmap)#exit
```

Vytvoření policy mapy QoS pokus, do které přiřadíme všechny 3 class mapy a každé class mapě definujeme hodnotu cos.

```
ap(config)#policy-map QoS pokus
ap(config-pmap)#class class1
ap(config-pmap-c)#set cos 0
ap(config-pmap-c)#exit
ap(config-pmap)#class class2
ap(config-pmap-c)#set cos 5
```

```

ap(config-pmap-c)#exit
ap(config-pmap)#class class3
ap(config-pmap-c)#set cos 7
ap(config-pmap-c)#exit
ap(config-pmap)#exit

```

Přiřazení policy mapy na radiové rozhraní.

```

ap(config)#int Dot11Radio 0
ap(config-if)#service-policy output QoSokus
ap(config-if)#exit
ap(config)#exit
ap#

```

Druhy nastavení CoS

V konfiguraci jsme několikrát změnili hodnotu CoS viz. tabulky a sledovali jsme hodnotu pingu(ms) v obou směrech. Používali jsme pingy klasické velikosti 32B i pingy o velikosti 10KB, aby případné rozdíly byly dostatečně zřetelné.

1) bez aplikovaného QoS

ping(32B)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	1	>1	6	0
max	2	>1	8	10
průměr	1	>1	6	6

ping(10KB)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	6	7	12	11
max	9	86	20	17
průměr	7	13	15	13

2) v konfiguraci bylo definováno: TCP CoS 0, UDP CoS 5, ICMP CoS 7

ping(32B)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	0	0	4	0
max	1	1	8	8
průměr	0	0	6	5

ping(10KB)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	6	6	9	12
max	8	8	15	17
průměr	6	6	12	13

3) v konfiguraci bylo definováno: TCP CoS 7, UDP CoS 5, ICMP Cos 1

ping(10KB)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	6	6	6	12
max	7	8	16	18
průměr	6	6	12	14

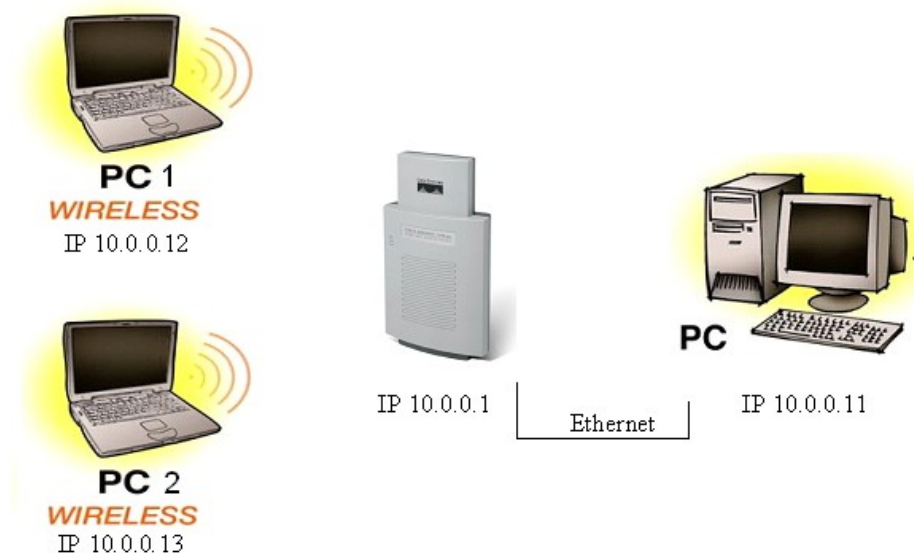
4) v konfiguraci bylo definováno: TCP CoS 0, UDP CoS 5, ICMP CoS 4

ping(10KB)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	6	6	11	6
max	8	7	13	14
průměr	6	6	12	12

Z odezev, které byly téměř shodné nemůžeme s určitostí potvrdit funkčnost QoS. V běžné praxi se v bezdrátových sítích vyskytuje daleko více uživatelů a proto není naše zapojení příliš ideální. Proto jsme se rozhodli připojit další notebook, abychom docílili věrnější simulace sítě. V následujícím zapojení oba dva notebooky stahovaly přes FTP data z PC, přičemž na Notebook 1 bylo ještě streamováno video.

Test č.2

Schéma testovaného zapojení č.2:



1) bez aplikace QoS

10KB	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook 1→PC	PC→Notebook 1	Notebook 1→PC	PC→Notebook 1
min	6	6	28	22
max	6	7	35	67
průměr	6	6	32	31
	Notebook 2→PC		PC→Notebook 2	
	Notebook 2→PC	PC→Notebook 2	Notebook 2→PC	PC→Notebook 2
min	6	6	8	13
max	8	7	25	23
průměr	6	6	18	19

2) v konfiguraci bylo definováno: TCP CoS 0, ICMP CoS 6

10KB	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook 1→PC	PC→Notebook 1	Notebook 1→PC	PC→Notebook 1
min	6	6	11	9
max	7	8	13	15
průměr	6	6	12	11
	Notebook 2→PC	PC→Notebook 2	Notebook 2→PC	PC→Notebook 2
min	6	6	10	8
max	7	8	14	15
průměr	6	6	11	10

V konfiguraci jsme aplikovali QoS pouze na TCP a ICMP provoz. Z odezev je patrné, že se funkce QoS projevila.

Nastavení traffic-class (třídy provozu)

Použitím příkazu **traffic-class** lze ovlivnit doby odbavení jednotlivých packetů.

Příkaz traffic-class má přímou vazbu na 802.11e a jeho princip již byl popsán v kapitole popisující dobu AIFS. Defaultně tato funkce není aktivní a je nutné ji nakonfigurovat.

Popis syntaxe:

traffic-class 0-7	Specifies the traffic class number(0 to 7)
cw-min 0-10	Specifies the minimum value (0 to 10) for the contention window
cw-max 0-10	Specifies the maximum value (0 to 10) for the contention window
fixed-slot 0-20	Specifies the fixed slot backoff interval value (0 to 20)

Příklad: AP(config-if) # **traffic-class 6 cw-min 4 cw-max 10 fixed-slot 2**

Konkrétní příklad postupu konfigurace

ap#conf terminal

ap(config)#int Dot11Radio 0

ap(config-if)#traffic-class

0 Parameters for priority 0

1 Parameters for priority 1

2 Parameters for priority 2

3 Parameters for priority 3

4 Parameters for priority 4

5 Parameters for priority 5

6 Parameters for priority 6

7 Parameters for priority 7

background Parameters for the background access class

best-effort Parameters for the best effort access class

video Parameters for the video access class

voice Parameters for voice access class

ap(config-if)#traffic-class 0

cw-min 802.11 contention window minimum

ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min

<0-10> CwMin will be (2 to the power of the entered value) – 1

```
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0
```

```
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0  
cw-max 802.11 contention window maximum
```

```
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0 cw  
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0 cw-max 2  
fixed-slot 802.11 fixed backoff slot time  
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0 cw-max 2 fixed-slot 20  
ap(config-if)#traffic-class 0 cw-min 0 cw-max 2 fixed-slot 20  
<cr>
```

Test č.3

Použili jsme stejné zapojení i konfiguraci jako v testu č.1, navíc jsme nadefinovali traffic-class:

Konfigurace 1:

```
traffic-class 7 cw-min 3 cw-max 4 fixed-slot 1  
traffic-class 0 cw-min 5 cw-max 10 fixed-slot 6
```

Použili jsme hodnoty viz výše, protože byli již defaultně přednastaveny v QoS menu webového konfiguračního rozhraní. Přičemž v konfiguračním návodu QoS na stránkách cisco je uvedeno, že doporučují právě tyto hodnoty. Změna hodnot může vést k neočekávaným změnám (např. blokování) provozu ve wireless LAN. Při změně hodnot cw-min a cw-max jsme již nedosáhli takového zlepšení odezvy viz. konfigurace 2.

ping(32B)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	>1	1	1	1
max	>1	1	3	2
průměr	>1	1	2	1

ping(10KB)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	5	5	6	7
max	6	7	12	12
průměr	5	6	9	8

Při této konfiguraci byly doby odezvy v průměru nižší o 4-5 ms, při stejně vytížené lince jako v testu č. 1.

Konfigurace 2:

```
traffic-class 0 cw-min 5 cw-max 10 fixed-slot 2  
traffic-class 7 cw-min 2 cw-max 8 fixed-slot 2
```

ping(32B)	bez vytížení		s vytížením	
	Notebook→PC	PC→Notebook	Notebook→PC	PC→Notebook
min	1	>1	2	1
max	2	1	6	7
průměr	1	1	6	5

Při této konfiguraci byly odezvy horší než v konfiguraci č.1 vlivem jiných hodnot cw-min, cw-max

Závěr:

Praktické odzkoušení QoS není až tak úplně jednoduchá záležitost. V testu č.1 se nám nepodařilo dostatečně zatížit radiové rozhraní. Z odezvy které jsme zjistili nemůžeme z určitostí potvrdit účinnost QoS, proto jsme přistoupili k testu č.2. Odezvy v testu č.2, při plně vytíženém radiovém rozhraní, již potvrzují definované QoS.

Protože traffic-class je také záležitostí 802.11e a dá se pomocí něho funkce QoS ve wifi sítích velice precizně nakonfigurovat a přizpůsobit tak síť danému počtu uživatelů a druhu provozu, přistoupili jsme v testu č.3 k jeho odzkoušení.

Pomocí příkazu traffic-class jsme dosáhli dalšího zlepšení funkce QoS. Je ale dobré si uvědomit, že je vhodné traffic-class vždy přizpůsobit dané síti a jejímu provozu, abychom dosáhli tíženého zlepšení.

Použitá literatura a zdroje:

QoS_Aironet studentský projekt Milan Konár TPS

IEEE 802.11e, studentský projekt TPS p. Dařilka

http://www.cisco.com/en/US/docs/wireless/access_point/12.2_11_JA/configuration/guide/s11qos_ps430_TSD_Products_Configuration_Guide_Chapter.html