

Združitev integriranih in diferenciranih storitev

Anton Kos in Sašo Tomažič
Fakulteta za Elektrotehniko, Univerza v Ljubljani
Tržaška 25, 100 Ljubljana, Slovenija
anton.kos@fe.uni-lj.si

Merging of Integrated and Differentiated services

This paper investigates the possibility of merging the two fundamentally different concepts for assuring quality of service in IP networks – Integrated Services (IS) and Differentiated Services (DS). First we give the basic properties of both and a quick comparison of their most important properties. We emphasize the advantages and disadvantages of IS followed by the same for DS. Then we describe the network topology and its elements on which we derived of our new concept. Next we give the reasons for merging and set the method of merging IS and DS that preserves most of the advantages and eliminates most of the disadvantages of IS and DS. The explanation is followed by an example of operation of such "merged" network. Finally we identify possible problems that arise with the merger and propose solutions to them.

1. Uvod

Uvajanje različnih stopenj kakovosti storitve v javna IP omrežja je počasnejše kot se je predvidevalo. Rešitvi v obliki integriranih storitev (IS) in Diferenciranih storitev (DS) vsaka zase ne ponujata vsega kar bi si želeli. Vsaka ima svoje dobre in slabe lastnosti. V tem prispevku predstavljamo nov koncept njune združitve v celovit sistem, ki ponuja večino njihovih prednosti in izničuje kar največ njihovih pomanjkljivosti.

2. Osnovne lastnosti in delovanje omrežij z IS

Koncept *integriranih storitev* se je začel razvijati v začetku devetdesetih let prejšnjega stoletja in se uveljavil z IETF dokumentom RFC 1633 [1]. Pri IS rezervacija virov omrežja poteka na osnovi pretokov. To pomeni, da se za vsak podatkovni pretok rezervirajo omrežni viri v vsaki omrežni napravi na prenosni poti. IS v IP omrežja uvedejo tri razrede storitev. Poleg razreda najboljših zmožnosti (best effort) sta uvedena še razreda zajamčene storitve (Guaranteed Services) in storitev nadzorovanega bremena (Controlled Load Services). Več o tem v [2] in [3].

Razred zajamčene storitve uporabniku nudi trdna zagotovila glede prenosnih parametrov kot sta pasovna širina in zakasnitev. Zato je primeren za zahtevne aplikacije, na primer, prenos podatkov v realnem času. Razred storitev nadzorovanega bremena ne nudi trdnih zagotovil glede zakasnitev, vendar pa aplikacijam ponuja storitev, ki je približno enaka storitvi po najboljših zmožnostih na nizko obremenjenem omrežju. Ta razred je primeren predvsem za

aplikacije, ki zahtevajo boljše lastnosti prenosa podatkov kot jih lahko nudi prenos po najboljših zmožnostih.

Za vzpostavitev rezervacij v omrežju potrebujemo nek kontrolni ali signalizacijski protokol. V RFC priporočilih sicer ni navedeno kateri protokol naj to bo, vendar se v omrežjih z IS skoraj izključno uporablja protokol RSVP [4] [5].

Poudarimo naj še, da sta IS in RSVP komplementarni, a neodvisni tehnologiji. RSVP omrežje "pripravi" za prenos podatkov preko posameznih storitev IS omrežij, IS pa privzamejo, da je omrežje sposobno zagotoviti zahtevano stopnjo kakovosti storitve.

3. Osnovne lastnosti in delovanje omrežij z DS

Diferencirane storitve so nastale kasneje, ko se je izkazalo, da IS sicer zadovoljivo rešujejo diferenciacijo storitev na IP omrežjih, vendar pa so (pre)zahtevne za izvedbo.

DS se problema lotijo preko diferenciacije na osnovi storitvenih razredov. Tu informacijo o zahtevani stopnji kakovosti storitve nosi vsak posamezen paket v svoji glavi. Za to uporabimo že obstoječa polja v glavah IPv4 in IPv6 protokolov, ki se jim spremeni pomen, tako da določajo stopnjo kakovosti storitve. Na ta način sicer izgubimo možnost zagotavljanja trdnih prenosnih parametrov, kot je na primer zakasnitev, in na plano pridejo vse prednosti in slabosti diferenciacije na osnovi storitvenih razredov. Pridobimo na enostavnosti izvedbe saj usmerjevalnikom na poti ni več potrebno vzdrževati podatkov mnogoštevilnih pretokov, odpade pa tudi potreba po zapleteni signalizaciji za vzpostavitev in vzdrževanje povezave. Usmerjevalniki prispele pakete, glede na informacije zapisane v njihovih glavah, razporedijo v ustrezen razred, ki je deležen vnaprej določene stopnje kakovosti storitve. Trdnih prenosnih zagotovil pri DS ni. Stopnja kakovosti storitve posameznega storitvenega razreda pa je relativna glede na ostale razrede. Več o DS si lahko preberete v [6] - [11].

4. Hitra primerjava IS in DS

Kot smo že spoznali, sta si oba koncepta precej različna. Za primerjavo njune najpomembnejše lastnosti navajamo v tabeli 1 [12].

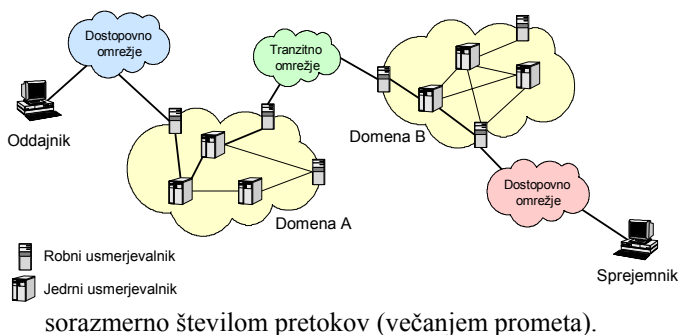
	IS	DS
Diferenciacija storitev	na osnovi pretokov	na osnovi razredov
Potrebe po omrežnih virih	za vsak pretok	za vsak razred

Osnova razvrščanja prometa	kombinacija polj v IP glavi	DS polje v IP glavi
Trdnost prenosnih zagotovil	deterministična ali statistična	relativna
Nadzor dostopa do storitve	zahtevan	ni potreben
Signalizacijski protokol	zahtevan (RSVP)	ni potreben
Usklajenost diferenciacije	od-konca-do-konca	znotraj DS domene
Skalabilnost omejena z	številom pretokov	št. razredov
Obračunavanje storitev	glede na pretok	glede na razred
Upravljanje omrežja kot pri	povezav. omrežjih	IP omrežjih

Tabela 1: Primerjava glavnih lastnosti Integriranih in Diferenciranih storitev

Opazimo lahko, da so si lastnosti obeh konceptov praktično nasprotni. Zato posebej navedimo prednosti in slabosti posameznega koncepta. Prednosti in slabosti koncepta IS so:

- + zagotovljena kakovost storitev, ki je deterministična (zajamčena storitev) ali statistična (nadzorovano breme), ter velja od-konca-do-konca,
- + ločevanje posameznih pretokov, ki ne morejo vplivati drug na drugega,
- + lažji nadzor dostopa do storitev in možnost podrobnejše razdelitve obračunavanja storitev.
- velike potrebe po omrežnih virih (za vsak posamezen pretok),
- obvezna uporaba signalizacijskega protokola, ki pomeni dodatno breme glede prenosa in procesnih zmogljivosti omrežnih naprav
- omejena skalabilnost saj potrebe po virih naraščajo



Slika 1: Topologija prenosnega omrežja

Prednosti in slabosti koncepta DS so:

- + majhne potrebe po omrežnih virih (za vsak storitveni razred),
- + uporaba signalizacijskega protokola ni potrebna,
- + skalabilnost ni problem, potrebe po virih naraščajo s številom razredov, ki niso odvisni od količine prometa.
- kakovost storitev je zgolj relativna in velja samo znotraj posamezne DS domene,
- ločevanje posameznih pretokov ni mogoče in ti lahko vplivajo eden na drugega,
- težji nadzor dostopa do storitev in obračunavanja le teh.

Zaradi večinoma diametralno nasprotnih si lastnosti IS in DS je jasno, da popolna izraba dobrih in izničenje slabih lastnosti obeh konceptov ne bo mogoče. Vsaj ne za ves promet na omrežju. Zato je naša ideja uporaba posameznih dobrih lastnosti obeh konceptov na način, da te zajamejo čimvečji delež prometa na omrežju. Ker želimo uporabiti dobre lastnosti tako IS kot DS bo moralo omrežje podpirati oba koncepta

5 Topologija prenosnega omrežja

Najprej si oglejmo topologijo omrežja na sliki 1, ki bo podlaga za razlago našega predloga združevanja IS in DS.

Izvirna in ponorna točka komunikacije sta končna uporabnika (napravi), ki si med seboj izmenjujeta podatke. Taki povezavi rečemo povezava **od-konca-do-konca** (end-to-end) in lahko poteka preko več logičnih omrežij. Splošen primer je prikazan na sliki 1, kjer sta končna uporabnika povezana vsak na svoje dostopovno omrežje in si podatke izmenjujeta preko domen A in B ter tranzitnega omrežja.

Domena je del omrežja, ki za prenos podatkov uporablja določeno tehnologijo in je pod nadzorom enega ponudnika storitev (operaterja). Domena je območje na katerem veljajo enaka pravila, se ponujajo enake storitve in se nudijo enake stopnje kakovosti storitve. Pri prehodu iz ene domene v drugo se lahko pravila, storitve in stopnje kakovosti storitve, ki so na voljo, spreminjajo.

Dostopno omrežje je del prenosne poti po kateri se končni uporabnik poveže v omrežje. Navadno je to neka razširjena dostopovna tehnologija (Ethernet, ADSL, klicna povezava, kabelsko omrežje...). V našem predlogu od dostopovnega omrežja zahtevamo polno IS/RSVP propustnost, kar pomeni, da dostopovno omrežje ne sme biti vzrok za zavrnitev RSVP povezave in da mora zagotavljati zeleno stopnjo kakovosti storitve. Predpostavljamo tudi, da dostopovno omrežje nima problemov s skalabilnostjo.

Tranzitno omrežje je del prenosne poti o katerem načeloma ne vemo nič in zaradi tega ni zaželen del prenosne poti. Vpeljali smo ga zaradi splošnosti.

Robni usmerjevalnik je omrežna naprava, ki se nahaja na robu posamezne domene in jo povezuje z drugimi deli omrežja. Robni usmerjevalnik skrbi za pravilno obravnavo podatkov, ki pritekajo v domeno ali pa jo zapuščajo. V kontekstu združitve integriranih in diferenciranih storitev bo moral robni usmerjevalnik skrbeti za celo vrsto opravil in imeti popoln nadzor nad pretokom podatkov.

Jedrni usmerjevalnik je omrežna naprava, ki se nahaja znotraj domene in se povezuje z drugimi jedrnimi in robnimi usmerjevalniki iste domene. Skrbi samo za posredovanje podatkov na njihovi prenosni poti. Ker opravlja zgolj posredovalno funkcijo, lahko obdela precej večjo količino podatkov kot enako zmogljiv robni usmerjevalnik. Njihov namen je hiter in učinkovit prenos podatkov med dvema robnima usmerjevalnikoma iste domene.

Domena je del omrežja, ki za prenos podatkov uporablja

določeno tehnologijo in je pod nadzorom enega ponudnika storitev (operaterja). Domena je območje na katerem veljajo enaka pravila, se ponujajo enake storitve in se nudijo enake stopnje kakovosti storitve. Pri prehodu iz ene domene v drugo se lahko pravila, storitve in stopnje kakovosti storitve, ki so na voljo, spreminjajo.

Dostopovno omrežje je del prenosne poti po kateri se končni uporabnik poveže v omrežje. Navadno je to neka razširjena dostopovna tehnologija (Ethernet, ADSL, klicna povezava, kabelsko omrežje...). V našem predlogu od dostopovnega omrežja zahtevamo polno IS/RSVP propustnost, kar pomeni, da dostopovno omrežje ne sme biti vzrok za zavrnitev RSVP povezave in da mora zagotavljati zeleno stopnjo kakovosti storitve. Predpostavljamo tudi, da dostopovno omrežje nima problemov s skalabilnostjo.

Tranzitno omrežje je del prenosne poti o katerem načeloma ne vemo nič in zaradi tega ni zaželen del prenosne poti. Vpeljali smo ga zaradi splošnosti.

Robni usmerjevalnik je omrežna naprava, ki se nahaja na robu posamezne domene in jo povezuje z drugimi deli omrežja. Robni usmerjevalnik skrbi za pravilno obravnavo podatkov, ki pritekajo v domeno ali pa jo zapuščajo. V kontekstu združitve integriranih in diferenciranih storitev bo moral robni usmerjevalnik skrbeti za celo vrsto opravil: skrb za pravilno vzpostavitev povezave in rezervacije preko domene, preverjanje upravičenosti podatkov do zahtevane kakovosti storitve, uravnavanje in oblikovanje prometa posameznih podatkovnih pretokov, preslikava parametrov in zahtevane stopnje kakovosti storitve med domenami, in drugo. Robni usmerjevalnik mora imeti popoln nadzor nad pretokom podatkov.

Jedrni usmerjevalnik je omrežna naprava, ki se nahaja znotraj domene in se povezuje z drugimi jedrnimi in robnimi usmerjevalniki iste domene. Skrbi samo za posredovanje podatkov na njihovi prenosni poti. Ker opravlja zgolj posredovalno funkcijo, lahko obdela precej večjo količino podatkov kot enako zmogljiv robni usmerjevalnik. Njihov namen je hiter in učinkovit prenos podatkov med dvema robnima usmerjevalnikoma iste domene.

6. Zakaj in na kakšen način združiti IS in DS omrežja

Na sliki 1 vidimo, da je na celotni prenosni poti lahko več različnih domen. Če so to domene, ki uporabljajo koncept DS z relativno stopnjo kakovosti storitve, je zagotavljanje ustreznih stopnje kakovosti storitve na celotni poti zelo težavna naloga. Te domene so lahko v lasti različnih operaterjev, lahko temeljijo na različnih prenosnih tehnologijah, zelo verjetno ponujajo nezdružljive ali težko združljive stopnje kakovosti storitve in preslikava parametrov kakovosti storitve navadno temelji na kompromisih. Od takega omrežja je zato težko pričakovati, da bo uporabnik, ki pri svojem domenskem operaterju zahteva in dobi določeno stopnjo kakovosti storitve, enako stopnjo kakovosti storitve dobil tudi v ostalih domenah skozi katere poteka prenosna pot.

Zgornji problem lahko elegantno rešimo z uporabo IS. Tu

uporabnik ob vzpostavitvi povezave zahteva določeno stopnjo kakovosti storitve in če je omrežje ne more zagotoviti, je zahteva zavrnjena. V nasprotnem primeru pa uporabnik dobi zahtevano stopnjo kakovosti storitve na celotni prenosni poti in preko vseh domen.

Iz zgoraj zapisanega in iz primerjave IS in DS v tabeli 1 lahko zaključimo, da bi bilo najbolje združiti koncepta Integriranih in Diferenciranih storitev, čimbolj izkoristiti prednosti obeh ter čimbolj izničiti njune slabosti.

Če želimo ohraniti funkcionalnost obeh konceptov, potem moramo zagotoviti nekatere minimalne pogoje. Omrežje bo moralo nuditi deterministično raven kakovosti storitve in možnost zaščite posameznih pretokov pred potencialno kvarnimi vplivi drugih pretokov na isti prenosni poti ali delu te poti. Zato bo verjetno potrebno ohraniti signalizacijski protokol (npr. RSVP). Na ta način ohranimo najpomembnejše dobre lastnosti IS in izničimo nekatere slabe lastnosti DS.

Po drugi strani pa bo potrebno zagotoviti skalabilnost in zmanjšati potrebe po omrežnih virih. Na ta način ohranimo dobre lastnosti DS in izničimo nekatere slabe lastnosti IS.

7. Uporaba dobrih lastnosti obeh konceptov

Ob združitvi IS in DS konceptov, bo moralo novo "DS/IS omrežje" prepoznati vrsto prometa in ga ustrezno obravnavati. Nekatere pakete bo posredovalo brez pregledovanja, druge bo moralo pregledati in posredovati, spet tretje bo obdelalo, spremenilo in posredovalo, itn.

Po našem predlogu bi zato DS/IS omrežje na prvi pogled delovalo po principu DS. To pomeni, da bo diferenciacija prometa potekala na osnovi pripadnosti storitvenemu razredu. Omrežje bi posamezne razrede obravnavalo glede na vrednost DS polja v njihovih glavah in jim tako omogočalo boljše ali slabše prenosne pogoje. Ker se predvideva, da bo večina prometa na omrežju zahtevala zgolj relativno stopnjo kakovosti storitve, bomo tako lahko dodobra izkoristili prednosti koncepta DS.

Na tem mestu je potrebno še enkrat poudariti, da to ni nekakšen "IS preko DS" ali kaj podobnega, ampak združitvev obeh konceptov. V prvi stopnji omrežje deluje kot DS, za določene razrede (druga stopnja) pa kot IS omrežje!

Za manjši del prometa z višjimi ali bolj kompleksnimi zahtevami glede stopnje kakovosti storitve, pa bi bilo definiranih nekaj storitvenih razredov, ki bi jih omrežje obravnavalo drugače. Kot primer prometa z višjimi/strožjimi zahtevami glede parametrov kakovosti storitve lahko navedemo prenos podatkov v realnem času, kot primer prometa z bolj kompleksnimi zahtevami pa prenos RSVP sporočil. Poleg tega, da bi tak promet od omrežja najverjetneje zahteval neka zagotovila ali okvire v katerih se bodo gibali parametri kakovosti storitve, bi bili taki paketi podrobneje obdelani in bi tudi zahtevali več omrežnih virov. Za te storitvene razrede bi lahko rekli, da bodo sledili konceptu IS in tako izkoriščali njegove dobre lastnosti. Ker pa gre tu le za manjši del celotnega prometa, slabe lastnosti IS ne bodo prišle do izraza. Hkrati pa bi s tem izničili tudi slabe lastnosti DS.

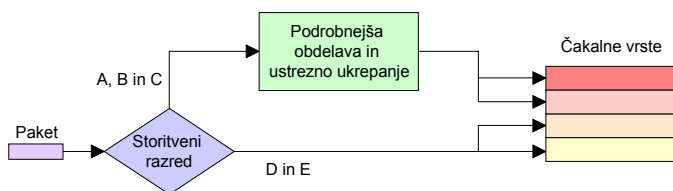
A. Primer

Za ilustracijo definirajmo 5 namišljenih storitvenih razredov z oznakami A do E z lastnostmi navedenimi v tabeli 2. V DS omrežju bi vsaki od teh oznak ustrezala določena vrednost DS polja v glavi IP paketa.

Razred	Ime	Komentar
A	zajamčene storitve	trdni parametri QoS
B	nadzorovano breme	statistični parametri QoS
C	signalizacijski protokol	npr. RSVP
D	prednostni promet	promet s prednostjo
E	po najboljših zmožnostih	navaden promet

Tabela 2: Primer razdelitve prometa v storitvene razrede

Ko posamezen paket potuje skozi omrežje, vsaka omrežna naprava na poti najprej preveri kateremu storitvenemu razredu pripada in ga potem ustrezno obravnava. Tako bodo paketi iz storitvenih razredov D in E uvrščeni v ustrezno čakalno vrsto ne da bi bili podrobneje obdelani. Paketi iz razreda C pripadajo signalizacijskemu protokolu (v našem primeru je to kar RSVP) in jih zato omrežne naprave podrobneje obdelajo. Promet razredov A in B pa se v vsakem vozlišču podrobno obdela in uvrsti v ustrezno čakalno vrsto. Tako je promet storitvenih razredov D in E deležen le preverjanja pripadnosti storitvenemu razredu preko vrednosti DS polja - enostopenjska obdelava, promet preostalih razredov pa je poleg preverjanja vrednosti DS polja deležen še podrobnejše obdelave v vsaki omrežni napravi - dvostopenjska obdelava. Poenostavljen potek obdelave paketov posameznih storitvenih razredov je prikazan na sliki 2.



Slika 2: Poenostavljen primer poteka obdelave paketov v DS/IS omrežjih

V našem primeru promet storitvenih razredov A do C zahteva funkcionalnost omrežij IS, preostala dva razreda pa funkcionalnost omrežij DS. Če drži predpostavka, da bo delež prometa razredov A in B ter posledično tudi C, majhen v primerjavi s prometom razredov D in E, potem je združevanje obeh konceptov prav gotovo smiselno.

8. Možne težave pri združevanju IS in DS

Zgornja izvajanja so temeljila na predpostavki, da bo delež prometa, ki bo imel višje in kompleksnejše zahteve glede kakovosti storitve in bo torej uporabljal IS funkcionalnost omrežja, majhen v primerjavi s prometom, ki bo zahteval zgolj DS funkcionalnost. Na ta način smo se izognili težavi,

ki nastane zaradi neskalabilnosti IS omrežij, ki je posledica višanja potreb po omrežnih virih sorazmerno z večanjem števila pretokov.

Zato moramo predvideti tudi situacije, ko bo delež zahtevnega prometa višji, bo omrežje sestavljeno iz manj zmogljivih vozlišč ali pa tudi najzmogljivejše naprave ne bodo zmogle postreči prihajajočega prometa.

Rešitev, ki se ponuja, je združevanje RSVP pretokov in s tem zmanjšanje potreb po omrežnih virih saj združeni pretok zahteva manj virov kot je vsota potrebnih virov pri nezdruženih pretokih. V obstoječi literaturi [13]-[18] lahko najdemo kar nekaj predlogov združevanja, ki imajo vsak svoje dobre in slabe strani. Žal pa nam obseg tega prispevka ne dovoljuje podrobnejše obdelave te tematike.

9. Zaključek

Združitev konceptov IS in DS nam lahko ponudi zanimivo rešitev. Vprašanje pa je ali obstajajo volja in sredstva za njeno uresničitev. Sodobne omrežne naprave že podpirajo IS in DS, potrebno je narediti le še korak k njihovi optimalni izrabi.

Četudi razrešimo vsa tehnična vprašanja, še vedno ostaja vprašanje dogovora med operaterji, ki večinoma uporabljajo svoje sheme in koncepte uvajanja kakovosti storitve v svoja omrežja.

Literatura

- [1] RFC 1633: Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, IETF, July 1994
- [2] RFC 2211: Specification of the Controlled-Load Network Element Service, IETF, September 1997
- [3] RFC 2212: Specification of Guaranteed Quality of Service, IETF, September 1997
- [4] RFC 2205: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification, IETF, September 1997
- [5] Lixia Zhang, et al: RSVP: A New Resource ReSerVation Protocol, IEEE Network, September 1993
- [6] RFC 2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, IETF, December 1998
- [7] RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services, IETF, December 1998
- [8] RFC 2597: Assured Forwarding PHB Group, IETF, June 1999
- [9] RFC 2598: An Expedited Forwarding PHB, IETF, June 1999
- [10] RFC 3246: An Expedited Forwarding PHB (Per-Hop Behavior), IETF, March 2002
- [11] RFC 3247: Supplemental Information for the New Definition of the EF PHB, IETF, March 2002
- [12] Constantinos Dovrolis, Parameswaran Ramanathan: A Case for Relative Differentiated Services and the Proportional Differentiation Model, IEEE Network, September 1999
- [13] Yoram Bernet: The Complementary Roles of RSVP and Differentiated Services in the Full-Service QoS Network, IEEE Communications Magazine, February 2000
- [14] Tomi Solala: A Framework for Integrated Services over DiffServ Network, University of Helsinki, November 2000
- [15] Steven Berson, Subramaniam Vincent: Aggregation of Internet Integrated Services State, USC Information Sciences Institute, February 1998
- [16] RFC 3175: Aggregation of RSVP for IPv4 and IPv6 Reservations, IETF, September 2001
- [17] RFC 2998: A Framework for Integrated Services Operation over DiffServ Networks, IETF, November 2000
- [18] R. Guerin, S. Blake, S. Herzog: Aggregating RSVP-based QoS Requests - IETF draft, IETF, November 1997