

# Nov način združevanja RSVP pretokov

Anton Kos in Sašo Tomažič  
Fakulteta za Elektrotehniko, Univerza v Ljubljani  
Tržaška 25, 1000 Ljubljana, Slovenija  
*anton.kos@fe.uni-lj.si*

## Merging of RSVP flows

This paper proposes a new method of merging RSVP flows that gives robustness to the implementation of a merged DS/IS services network that was proposed in [2]. First we define classes of RSVP messages that will get different treatment in network devices and then explain the procedure of merging RSVP flows inside each DS/IS network domain. We consider three different scenarios: setting up a new RSVP reservation, refreshing of RSVP states for an already active reservation, setting up merged RSVP reservation.

## 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 način združevanja RSVP pretokov, ki je nujen za robustno delovanje omrežja z združenimi DS in IS storitvami [2].

## 2. Nov način združevanja RSVP pretokov

V [2] smo podali predlog združevanja IS in DS omrežij ter razložili in utemeljili njihovo dvostopenjsko delovanje. Za zagotovitev robustne izvedbe podanega predloga moramo uvesti nov, izboljšan način združevanja RSVP pretokov. Dvostopenjsko delovanje omrežja lahko s pridom izkoristimo pri združevanju RSVP pretokov. V nadaljevanju se bomo sklicevali na različne tipe in elemente RSVP sporočil. Njihov seznam, format in opis najdete v standardu RFC 2205 [4] v razdelkih 2.1 in 3.1. Definirajmo tri razrede RSVP sporočil, ki so navedeni v tabeli 1.

Razred	Namen sporočila	Doseg
Kontrolni	vzpostavitev povezave	od konca do konca
Skriti	osveževanje povezav	od konca do konca
Združeni	združen pretoki	znotraj domene

Tabela 1: Razredi RSVP sporočil za naš predlog združevanja RSVP pretokov

**Kontrolni razred** vsebuje RSVP sporočila, ki se obdelajo v vsaki omrežni napravi na prenosni poti. Sem spadajo predvsem PATH in RESV sporočila, ki se pošiljajo ob vzpostavitvi nove povezave ali ob željeni spremembi že obstoječe rezervacije.

**Skriti razred** vsebuje RSVP sporočila, ki se obdelajo samo

v končnih napravah in robnih usmerjevalnikih vsake domene na prenosni poti. Med ta sporočila spadajo osveževalna PATH in RESV sporočila, ki ne spreminjajo že vzpostavljenih rezervacij. Pri tem predpostavljamo, da bo takih osveževalnih sporočil velika večina saj ni pričakovati, da bodo aplikacije tekom ene seje pogosto spreminjale svoje rezervacije.

**Združeni razred** vsebuje RSVP sporočila, ki se pretakajo samo znotraj ene domene. Sem spadajo predvsem PATH in RESV sporočila, ki vzpostavljajo in vzdržujejo združene rezervacije znotraj domene. Ta sporočila so veljavna samo znotraj domene, saj se RSVP pretoki združujejo v vsaki domeni posebej.

Na sliki 1 je prikazan in v nadaljevanju podan postopek vzpostavitve in vzdrževanja združenih RSVP rezervacij.

### A. Vzpostavitev rezervacije za nov RSVP pretok

- Ob vzpostavitvi nove RSVP povezave oddajnik najprej pošlje PATH sporočilo v katerem so lastnosti pretoka in vsi potrebni podatki za vzpostavitev povezave.
- Poslano PATH sporočilo se obdela v vseh usmerjevalnikih na dostopovnem omrežju, ki je po naših predpostavkah polno IS/RSVP propustno in ne predstavlja problemov v zvezi s skalabilnostjo in pomanjkanjem virov zaradi velikega števila sočasnih RSVP pretokov.
- V vhodnem robnem usmerjevalniku domene A se PATH sporočilu dodeli ustrezna DSCP vrednost in se ga pošlje naprej. Ker je to prvo PATH sporočilo dotičnega pretoka (vzpostavitev povezave), se ga uvrsti v "kontrolni razred" in sporočilo bo posledično obdelano v vsakem jedrnem usmerjevalniku domene A.
- Poslano PATH sporočilo se obdela tudi v vseh jedrnih usmerjevalnikih na prenosni poti saj pripada kontrolnemu razredu.
- Izhodni robni usmerjevalnik obdela poslano PATH sporočilo in ga preda tranzitnemu omrežju. Izhodni robni usmerjevalnik v domeni A lahko v PATH sporočilo zapiše tudi par vhodni/izhodni usmerjevalnik domene A in osveži ADSPEC vrednosti.
- Vzpostavitevno PATH sporočilo potuje skozi omrežje in se v vsakem njegovem delu ustrezno obravnava. O tranzitnem omrežju načeloma ne vemo nič, v domeni B se obravnava na enak način kot v domeni A, v dostopovnem omrežju na sprejemnikovi strani pa enako kot v dostopovnem omrežju na oddajnikovi strani.
- Sprejemnik dobljeno PATH sporočilo obdela in nanj

ustrezno odgovori s svojim RESV sporočilom v katerem so podani parametri kakovosti storitve in konkretne zahteve po rezervaciji omrežnih virov za ta pretok.

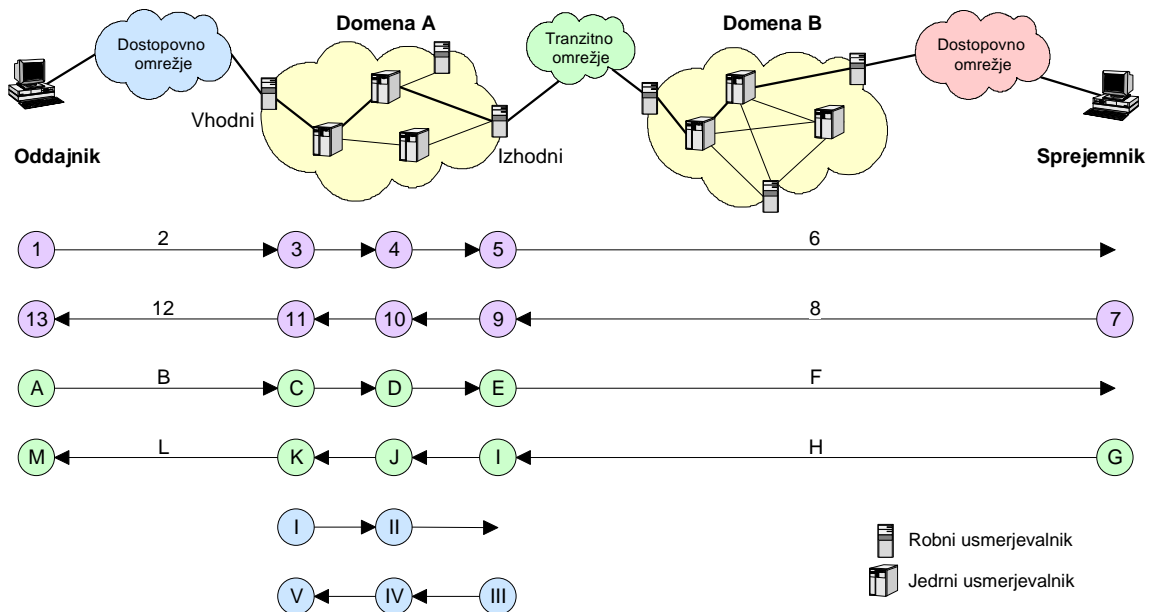
8. RESV sporočilo potuje nazaj proti oddajniku po poti, ki jo je opravilo PATH sporočilo in se je vanj sproti zapisovala. Na poti med sprejemnikom in izhodnim robnim usmerjevalnikom se obravnava podobno kot bo opisano v naslednjih točkah, seveda v odvisnosti v katerem delu omrežja se RESV sporočilo v tistem trenutku nahaja.
9. Ko RESV sporočilo pride do izhodnega robnega usmerjevalnika domene A, se mu doda nov objekt, ki vsebuje ADSPEC za pot skozi domeno in naslova para vhodnega/izhodnega usmerjevalnika. Slednja informacija bo jedrnim usmerjevalnikom pomagala pri pridruževanju rezervacije že obstoječim rezervacijam med tem parom robnih usmerjevalnikov. Če ima izhodni robni usmerjevalnik na voljo zadostne vire za zahtevane rezervacije jih rezervira, v nasprotnem primeru pa rezervacijo zavrne in pošlje sporočilo RESVerr. RESV sporočilu dodeli ustrezno DSCP vrednost in ga pošlje naprej. Ker je to prvo RESV sporočilo dotičnega pretoka (vzpostavitev povezave), se ga uvrsti v "kontrolni razred" in sporočilo bo obdelano v vsakem jedrnem usmerjevalniku.
10. Jedrni usmerjevalniki obravnavajo poslano RESV sporočilo (pripada kontrolnemu razredu) ter potrdijo ali zavrnejo rezervacijo svojih virov:
  - če je to prvi pretok ( $n=1$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A in je na voljo dovolj virov, se vzpostavijo zahtevane rezervacije,
  - če je to drugi pretok ( $n=2$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A in je na voljo dovolj

virov, se vzpostavi zahtevana rezervacija. Če bo ta rezervacija uspešna na vseh usmerjevalnikih domene A, bo vhodni robni usmerjevalnik vzpostavil združeno rezervacijo, ki bo nadomestila obe že obstoječi rezervaciji med tem parom robnih usmerjevalnikov.

- če je to  $n$ -ti pretok ( $n>2$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A in je na voljo dovolj virov, se že obstoječa združena rezervacija za ta par usmerjevalnikov, ki se vzpostavi ob pogoju  $n=2$ , ustrezno poveča (to velja do naslednjega osveževalnega cikla združene rezervacije),

V primeru potrditve rezervacije se RESV sporočilo pošlje naprej, v nasprotnem primeru pa se pošlje ustrezno sporočilo o zavrnitvi (RESVerr).

11. RESV sporočilo prispe do vhodnega robnega usmerjevalnika:
  - če je to prvi pretok ( $n=1$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A, ga obravnava kot samostojen pretok ter rezervira ali zavrne njegove zahteve po rezervaciji virov,
  - če je to drugi pretok ( $n=2$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A in je na voljo dovolj virov, se vzpostavi združena rezervacija med dotičnim parom robnih usmerjevalnikov,
  - če je to že  $n$ -ti pretok ( $n>2$ ) med določenim parom robnih usmerjevalnikov domene A in je na voljo dovolj virov, se že obstoječa združena rezervacija za ta par usmerjevalnikov, ki se vzpostavi ob pogoju  $n=2$ , ustrezno poveča. Če je slučajno kateri izmed jedrnih usmerjevalnikov rezervacijo zavrnil, se združena rezervacija za ustrezen par vhodnega/izhodnega usmerjevalnika ne spremeni. V primeru da nek pretok že sodeluje v združeni rezervaciji in zanj dobimo



Slika 1: Vzpostavljanje in vzdrževanje združenih RSVP rezervacij

kakšno sporočilo o zavrnitvi ali "error", ki izhaja izven domene A, se združena rezervacija za ta par usmerjevalnikov ustrezno zmanjša ter skozi domeno A osveži v njenem naslednjem osveževalnem ciklu.

Vhodni usmerjevalnik v primeru potrditve rezervacije posameznega pretoka njegovo RESV sporočilo pošlje naprej, v nasprotnem primeru pa se pošlje ustrezno sporočilo o zavrnitvi.

12. RESV sporočila potuje skozi omrežje proti oddajniku in se v dostopovnem omrežju na oddajnikovi strani ustrezno obravnava (vsak pretok posebej).
13. Če RESV sporočilo prispe nazaj k oddajniku, je bila rezervacija vzpostavljena in prenos podatkov se lahko začne.

#### B. Osveževanje rezervacij že vzpostavljenih RSVP pretokov

Že vzpostavljene RSVP povezave morata oddajnik in sprejemnik osveževati v rednih intervalih. To storita s pošiljanjem osveževalnih PATH in RESV sporočil, ki navadno vsebujejo enake parametre kakovosti storitve kot PATH in RESV sporočila s katerimi se je povezava vzpostavila. V določenih primerih pa oddajnik s temi sporočili lahko zahteva tudi spremembo parametrov kakovosti storitve na že vzpostavljeni povezavi.

- A. Oddajnik pošlje osveževalno PATH sporočilo.
- B. Osveževalno PATH sporočilo se obdelava v vseh usmerjevalnikih na dostopovnem omrežju, na enak način kot pri vzpostavitvi povezave.
- C. V vhodnem robnem usmerjevalniku domene A se osveževalno PATH sporočilo:
  - v primeru, da pretok že sodeluje v združeni rezervaciji, uvrsti v "skriti razred" in jedrni usmerjevalniki ga posredujejo brez obdelave. Vzpostavljena in osveževalna PATH sporočila moramo med seboj ločiti, da jedrni usmerjevalniki vedo katera naj obdelajo. Jedrni usmerjevalniki tako obdelajo samo prva. V robnem usmerjevalniku pa se v obeh primerih shrani stanje vsakega posameznega pretoka.
  - v primeru, da pretok ne sodeluje v združeni rezervaciji, kar pomeni, da je edini pretok med določenima paroma usmerjevalnikov, pa se ga uvrsti v "kontrolni razred" in posreduje domeni. Obdelali ga bodo vsi jedrni usmerjevalniki.
- D. Jedrni usmerjevalniki na prenosni poti obdelajo samo sporočila, ki pripadajo kontrolnemu razredu. Osveževalna PATH sporočila se prenašajo v skritem razredu in jedrni usmerjevalniki jih zato zgolj posredujejo naprej, ne da bi jih obdelali.
- E. Izhodni robni usmerjevalnik obdelava vsa PATH sporočila, tudi tista iz skritega razreda. Na izhodu iz domene se osveževalnim PATH sporočilom lahko spremeni DSCP vrednost. Na primer, dodeli se jim DSCP vrednost kontrolnega razreda. Poleg tega PATH sporočilom iz skritega razreda osveži podatke o poti in omrežnih virih

na tej poti, ki jih pozna iz združene rezervacije na tej isti poti.

- F. Osveževalno PATH sporočilo potuje skozi omrežje in se v vsakem njegovem delu ustrezno obravnava. O tranzitnem omrežju načeloma ne vemo nič, v domeni B se obravnava na enak način kot v domeni A, v dostopovnem omrežju na sprejemnikovi strani pa enako kot v dostopovnem omrežju na oddajnikovi strani.
- G. Sprejemnik dobljeno osveževalno PATH sporočilo obdelava in nanj ustrezno odgovori s svojim osveževalnim RESV sporočilom v katerem so podani parametri kakovosti storitve, ki so navadno enaki kot pri vzpostavitvi povezave. Včasih pa se ti parametri lahko spremenijo zaradi spremenjenih zahtev oddajnika ali sprejemnika. V tem primeru se bodo za ta pretok morale rezervacije na prenosni poti spremeniti.
- H. Osveževalno RESV sporočilo potuje nazaj proti oddajniku po poti, ki jo je opravilo PATH sporočilo in se je vanj sproti zapisovala. Na poti med sprejemnikom in izhodnim robnim usmerjevalnikom se obravnava podobno kot bo opisano v naslednjih točkah, seveda v odvisnosti v katerem delu omrežja se RESV sporočilo v tistem trenutku nahaja.
- I. Ko osveževalno RESV sporočilo pride do izhodnega robnega usmerjevalnika domene A, se ga:
  - če ta pretok že sodeluje v združeni rezervaciji in se zahtevana rezervacija ne spremeni ali je manj zahtevna kot že obstoječa, uvrsti v "skriti razred" in posreduje domeni,
  - uvrsti v "kontrolni razred" in posreduje domeni: če je to edini pretok med tem parom robnih usmerjevalnikov ali če je zahtevana rezervacija bolj zahtevna kot že obstoječa rezervacija, ki je del združene. V slednjem primeru se osveževalnemu RESV sporočilu doda objekt, ki vsebuje razliko med že obstoječimi in na novo zahtevanimi viri za dotični pretok. Za toliko bodo morali jedrni usmerjevalniki namreč povečati rezervacije.
- J. Jedrni usmerjevalniki podrobneje obravnavajo le RESV sporočila iz kontrolnega razreda ter potrdijo ali zavrnejo rezervacijo svojih virov. V primeru potrditve rezervacije se osveževalno RESV sporočilo pošlje naprej, v nasprotnem primeru pa se pošlje ustrezno sporočilo o zavrnitvi. Obstoječe rezervacije se pri tem ne spremenijo.
- K. Osveževalno RESV sporočilo prispe do vhodnega robnega usmerjevalnika, ki obdelava vsa sporočila, skrita in kontrolna:
  - če se zahtevana rezervacija ne spremeni se RESV sporočilo posreduje naprej,
  - če se zahtevana rezervacija zmanjša, se v primeru, da pretok sodeluje v združeni rezervaciji, le ta ustrezno zmanjša in RESV sporočilo posreduje naprej. Združena rezervacija se bo zmanjšala v naslednjem osveževalnem ciklu.
  - če se zahtevana rezervacija zveča, se preveri razpoložljivost virov usmerjevalnika in v primeru, da

pretok sodeluje v združeni rezervaciji, le ta ustrezno zveča ter RESV sporočilo posreduje naprej. V primeru nezadostnih virov, se povečanje rezervacije zavrne.

- L. Osveževalna RESV sporočila potuje skozi omrežje nazaj proti oddajniku in se v dostopovnem omrežju na oddajnikovi strani ustrezno obravnava. Tu se obravnava vsak pretok posebej.
- M. Če osveževalna RESV sporočilo prispe nazaj k oddajniku, je bila rezervacija virov za pretok uspešno osvežena.

### C. Vzpostavlanje in vzdrževanje združenih rezervacij znotraj ene domene

V primeru, da med nekim parom vhodnega in izhodnega usmerjevalnika domene obstaja več pretokov, se jih lahko združi in tako prihrani omrežne vire. Prihranek je sorazmeren številu tako združenih pretokov. Združena rezervacija nadomesti posamezne in velja samo znotraj domene. Izven domene bo vsak pretok še vedno samostojno zahteval in vzpostavljaj rezervacije. Končni točki take združene rezervacije sta torej vhodni in izhodni robni usmerjevalnik. V naslednjih točkah bo opisan postopek vzpostavljanja in osveževanja združenih rezervacij.

- I. Nova združena rezervacija se vzpostavi, ko vhodni robni usmerjevalnik zazna, da med njim in nekim izhodnim robnim usmerjevalnikom obstaja več kot en pretok ( $\$n > 1\$$ ) z veljavnimi rezervacijami v istem storitvenem razredu (z isto DSCP vrednostjo). Usmerjevalnik pošlje združeno PATH sporočilo in ga z določitvijo ustrezne vrednosti DSCP polja uvrsti v "združeni razred". V tej točki vhodni robni usmerjevalnik deluje kot oddajnik.
- II. Jedrni usmerjevalniki domene obdelajo združena PATH sporočila na enak način kot vzpostavljena PATH sporočila posameznih pretokov.
- III. Izhodni robni usmerjevalnik domene obdela prejeta združena PATH sporočila. Na osnovi že vzpostavljenih rezervacij posameznih pretokov vzpostavi združeno rezervacijo, ki izpolnjuje zahteve že vzpostavljenih rezervacij za posamezne pretoke in nadomesti posamezne rezervacije. Hkrati pa odpošlje združeno RESV sporočilo proti vhodnemu robnemu usmerjevalniku, ki ga uvrsti v združeni razred. V tej točki izhodni robni usmerjevalnik deluje kot sprejemnik.
- IV. Jedrni usmerjevalniki združena RESV sporočila obdelajo in rezervacije posameznih pretokov nadomestijo z njihovo združeno rezervacijo. Zavrnitev rezervacije v tem primeru ni možna saj imajo združene rezervacije enake ali manjše potrebe po virih kot je vsota potrebnih virov za rezervacije posameznih pretokov.
- V. Ko združeno RESV sporočilo prispe do vhodnega robnega usmerjevalnika, le ta nadomesti rezervacije posameznih pretokov z združeno rezervacijo.

Vhodni in izhodni usmerjevalnik morata hraniti podatke o

posameznih pretokih. Na ta način vesta kako obravnavati posamezna RSVP sporočila (v kateri razred jih uvrstiti), v kateri storitveni razred uvrstiti podatkovne pakete na vhodu ali izhodu iz domene, kako spremeniti združene rezervacije ob spremembi lastnosti posameznih pretokov ali če kateri izmed njih preneha obstajati.

Ko je združena rezervacija vzpostavljena, se mora s periodično izmenjavo PATH in RESV sporočil med vhodnim in izhodnim robnim usmerjevalnikom tudi vzdrževati.

Z vzpostavitvijo združene rezervacije pa vhodni in izhodni robni usmerjevalnik začneta skrivati osveževalna PATH in RESV sporočila posameznih pretokov, ki sodelujejo v združenih rezervacijah. Na ta način močno olajšata delo jedrnim usmerjevalnikom, saj le tem ni potrebno pregledovati vsakega RSVP sporočila, ampak jih večino (tiste v skritih razredih) samo ustrezno posredujeta naprej.

### 3. Zaključek

Pojasnimo še nekaj dobrih lastnosti našega predloga. Prva je ta, da je združevanje RSVP pretokov popolnoma transparentno za končne naprave. Oddajnik in sprejemnik si normalno izmenjujeta RSVP sporočila, ki pa v primeru združenih rezervacij potujejo skozi domeno brez obdelave. To predstavlja minimalno obremenitev za omrežje saj nam ta sporočila ni potrebno uvrstiti visoko na prioritetni lestvici storitvenih razredov, kar je druga dobra lastnost našega predloga. Za pravilnost podatkov v teh sporočilih poskrbita robna usmerjevalnika. Za razliko od drugih predlogov združevanja RSVP pretokov, naš predlog ne uvaja novega protokola [8] ali zahteva nove protokolne številke [7], saj vse deluje tako kot je predpisano v [4]. Spremembe so potrebne le v robnih usmerjevalnikih, ki imajo nekaj več dela (vzdrževanje in nadzor združenih rezervacij) in zahtevajo nekaj več virov.

### Literatura

- [1] RFC 1633: Integrated Services in the Internet Architecture: an Overview, IETF, July 1994
- [2] Anton Kos, Sašo Tomažič: Združitev integriranih in diferenciranih storitev, ERK 2004, Portorož
- [3] RFC 2210: The Use of RSVP with IETF Integrated Services, IETF, September 1997
- [4] RFC 2205: Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification, IETF, September 1997
- [5] RFC 2474: Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers, IETF, December 1998
- [6] RFC 2475: An Architecture for Differentiated Services, IETF, December 1998
- [7] Steven Berson, Subramaniam Vincent: Aggregation of Internet Integrated Services State, USC Information Sciences Institute, February 1998
- [8] RFC 3175: Aggregation of RSVP for IPv4 and IPv6 Reservations, IETF, September 2001
- [9] R. Guerin, S. Blake, S. Herzog: Aggregating RSVP-based QoS Requests - IETF draft, IETF, November 1997