

# MBone : ogrodno omrežje za oddajo več uporabnikom hkrati

Dragoslav Petrovič  
ISKRATEL d.o.o., enota Maribor,  
Tržaška c. 37a, 2000 Maribor, Slovenija  
*d.petrovic@iskratel.si*

Boštjan Vlaovič  
Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo  
in informatiko, Univerza v Mariboru  
Smetanova 17, 2000 Maribor, Slovenija  
*bostjan.vlaovic@uni-mb.si*

## MBone: network skeleton for multicast applications

In this paper we present short description of the Multicast Backbone (MBone). In the 1992 MBone was established for testing purposes of point to multipoint connections. IP multicasting is a powerful extension of the Internet Protocol to efficiently deliver datagram packets to multiple hosts instead of a single host. Its benefits for applications such as live audio and video conferencing among Internet sites around the world have been clearly demonstrated over the past years in an experimental deployment called the "Multicast Backbone", or MBone. It has grown from 40 subnets in four countries in 1992 to more than 6000 subnets in 1998 [2]. Today it is a core part of multicasting Internet applications.

## 1. Uvod

Že od samega nastanka interneta se je pojavljala želja po distribuciji informacij na več naslovov hkrati – "multicast" način dela. Takšen način dela bi omogočil množico novih multimedijskih storitev ob optimalni obremenitvi omrežja. Primeri uporabe vključujejo distribucijo zvoka in slike, konferenčne sisteme ipd. Vse do leta 1992 smo lahko naslovili sporočilo IP samo na en naslov – "unicast" način dela – saj usmerjevalniki niso podpirali oddajanje več uporabnikom hkrati.

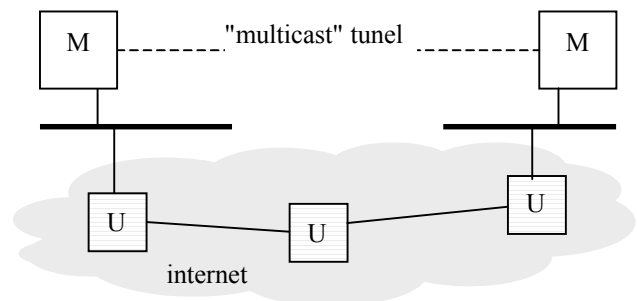
V letu 1992 se je znotraj IETF pričelo z aktivnim razvojem programske opreme, ki bi omogočila oddajanje več uporabnikom hkrati z obstoječo strojno opremo. Tako je nastal Multicast Backbone – MBone. V začetku je bilo MBone preprosto navidezno omrežje, ki je predstavljalo nekakšno nadgradnjo interneta, danes pa je nepogrešljiv del le-tega [1][2].

V nadaljevanju članka je opisana zgradba omrežja MBone ter princip transparentnega prehajanja – tuneliranja. Sledijo opisi protokolov, ki so najpogosteje uporabljeni za usmerjanje paketov v omrežju MBone. V četrtem razdelku se osredotočimo na prednosti in

slabosti posameznih protokolov ter naredimo kratko primerjavo. Sledi zaključek, v katerem so na kratko podana razmišljanja o bodočem razvoju omrežja MBone.

## 2. Zgradba omrežja MBone

MBone je navidezno omrežje, saj uporablja iste fizične povezave kot internet. Oddajanje več prejemnikom hkrati je omogočeno s transparentnim prehajanjem "multicast" paketov po omrežju IP (internetu). Jedro sistema je program "mrouted", ki je nameščen na delovnih postajah s podporo omrežju MBone. Program sprejete "multicast" pakete zamaskira v "unicast" obliko in jih usmeri na izhodne vmesnike do omrežja internet.



Slika 1: Primer "multicast" tunela.

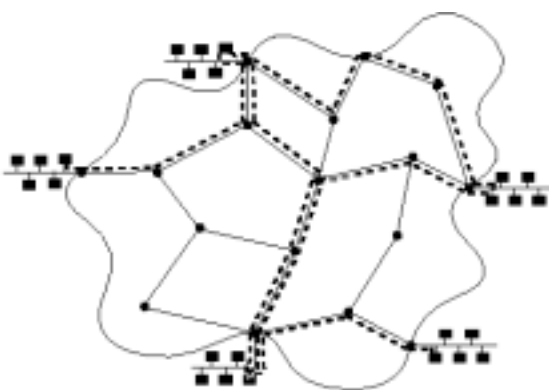
Povezava med tovrstnimi delovnimi postajami (m-usmerjevalniki) je zagotovljena z uporabo tunelskega protokola od točke do točke (Slika 1). Le-ta omogoča transparenten prenos "multicast" paketov med posameznimi točkami z uporabo interneta. Vsak tunel povezuje dve točki z eno logično povezavo, ki lahko poteka preko skupine IP usmerjevalnikov [1].

M-usmerjevalnik zamaskira prejeti "multicast" paket v IP paket ter ga odda v omrežje. IP usmerjevalniki (U na sliki 1) vzdolž tunela ne vedo ničesar o vsebini paketa. Ko zamaskiran paket pride do m-usmerjevalnika na ponorni strani, le-ta odvrže IP glavo paketa ter vsebino – "multicast" paket – usmeri do uporabnika (Slika 2).



**Slika 2: Maskiranje "multicast" paketa v IP paket.**

Topologijo omrežja MBone lahko ponazorimo kot kombinacijo zvezde in zanke, kjer kraki zvezde predstavljajo povezave znotraj zaključenega omrežja, med tem ko so povezave med vozlišči v zanki tuneli med m-usmerjevalniki (Slika 3) [3].



**Slika 3: Zgradba omrežja MBone.**

### 3. Protokoli

V obdobju nastajanja omrežja MBone je prevladoval usmerjevalni protokol za oddajanje več prejemnikom na osnovi vektorja razdalje (DVMRP – Distance Vector Multicast Routing Protocol). Le-ta je uporabljal način razprši in prekličiči (broadcast and prune). Z ozirom na drevesno strukturo, ki jo uporablja omrežje oddajanja več uporabnikom hkrati, jo imenujemo tudi metoda najkrajše povratne poti (Reverse Shortest Path Tree) [4]. Postopek omenjenega usmerjanja narekujejo naslednji koraki:

- Izvor razpršeno odda paket v lokalno omrežje (broadcasting). Usmerjevalnik sprejme paket in ga pošlje na vse odhodne vmesnike.
- Vsak usmerjevalnik, ki sprejme paket, izvede t.i. pregled povratne poti (Reverse Path Forwarding Check). S tem postopkom preveri, ali je paket sprejet na vmesniku, ki je v tabelah usmerjevalnika zaveden kot ponor za izvorni naslov prejetega paketa. Na ta način bo usmerjevalnik vedno izbral tisti odhodni vmesnik, ki zagotavlja najkrajšo pot do izvora.
- V primeru, da paket doseže enega izmed mejnih usmerjevalnikov omrežja MBone, bo le-ta poiskal skupino uporabnikov s periodičnim razpršenim

oddajanjem IGMP (Internet Group Management Protokol – internetni protokol za upravljanje skupin) povpraševanj. Če obstaja interesna skupina za prejem paketa, bo le-tega posredoval vsem članom skupine. V primeru, da interesne skupine ne najde, bo izvoru poslal sporočilo o preklicu sprejemanja paketov iz obravnavanega "multicast" naslova.

S tem postopkom se pridobi informacija o navidezni strukturi oz. topologiji omrežja MBone. Metode, ki uporabljajo način dela razprši in prekličiči imenujemo protokoli dela v zgoščenem omrežju (Dense Mode Protocol). Zgoščeno omrežje vsebuje veliko število MBone uporabnikov. Tovrstna metoda ima tudi veliko pomanjkljivost – informacija o stanju vsakega posameznega vira mora biti shranjena v vseh MBone usmerjevalnikih. V primeru, da omrežje ni zgoščeno, se hrani velika količina nekoristnih informacij.

Od leta 1992, ko je omrežje MBone vsebovalo 40 podomrežij (končnih skupin uporabnikov), se je pričelo širiti z veliko hitrostjo. Le-ta je narekovala podvojitev števila podomrežij vsakih šest mesecev. Tako je prerasel okvire preprostega navideznega omrežja in postal sestavni del interneta. Vzporedno z razvojem omrežja so se na tržišču pričeli pojavljati usmerjevalniki, ki znajo samostojno upravljati "multicast" pakete. Vsled tega je razvoj privedel tudi do novih protokolov usmerjanja (Slika 4).

MOSPFP – Multicast extension of OSPF – uporablja za zagotovitev oddaje več uporabnikom hkrati protokol najprej odprte najkrajše poti (Open Shortest Path First). MOSPFP usmerjevalniki razpršeno oddajajo informacije o skupinskih prejemnikih – to omogoča vsem MOSPFP usmerjevalnikom vpogled v navidezno strukturo omrežja. V nasprotju z informacijo o skupinskih prejemnikih, se "multicast" paketi s koristno vsebino posredujejo samo tistim prejemnikom, ki jih izrecno zahtevajo. Ob prenosu podatkov torej uporabljamo obraten način dela kot pri postopku razprši in prekličiči. Kljub temu, da je ta način, v primerjavi z DVMRP, primernejši za redka omrežja – omrežja, ki ne vsebujejo velikega števila uporabnikov omrežja MBone – ga zaradi razpršene oddaje informacije o skupinskih prejemnikih štejejo med protokole za zgoščena omrežja [3].

PIM – Protocol Independent Multicast – protokolno neodvisno oddajanje več prejemnikom je razdeljeno na dva sklopa:

- PIM-DM (Dense Mode – način za zgoščena omrežja) in

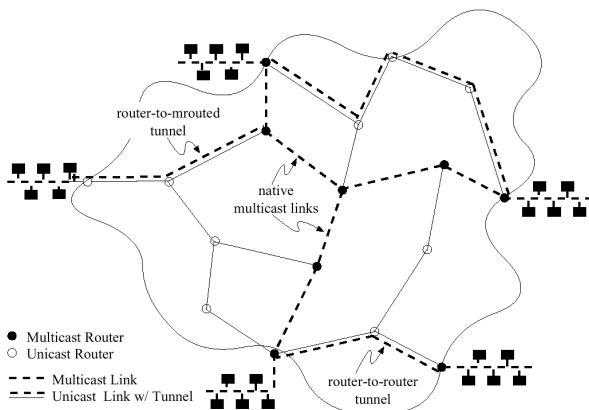
- PIM-SM (Sparse Mode – način za redka omrežja).

PIM-DM je zelo podoben načinu na osnovi vektorja razdalje (DVMRP).

Razlikuje se v dveh točkah:

- PIM (DM in SP) uporablja obstoječe IP usmerjevalne zapise za pridobitev povratne poti (RPF – Reverse Path Forwarding), med tem ko si DVMRP gradi zapise na osnovi lastnih poizvedovanj – RSPT. Ime izhaja iz dejstva, da se ne ozira na usmerjevalni protokol, ki je tvoril IP usmerjevalne tabele.
- PIM-DM vedno pošilja pakete vsem – v primeru, da interesne skupine ni, se izvoru pošlje sporočilo o preklicu – za razliko od DVMRP, ki se izogiba oddaji paketov na vmesnike z negativnim testom najkrajše povratne poti.

Vsi do sedaj opisani protokoli so primerni za uporabo v zgoščenih omrežjih. V nadaljevanju se bomo posvetili protokolu, ki so primernejši za redka omrežja.



**Slika 4: Trenutna zgradba omrežja Mbone.**

Novi razred protokolov (Sparse Mode) so razvili za optimizacijo delovanja v omrežjih, kjer so prisotne razpršene interesne skupine z manjšim številom članov. Za razliko od načina razprši in očisti, se v tem načinu vsebina oddaja samo posameznim članom – tistim, ki so se neposredno naročili na vsebino [3].

Vsa pristopna sporočila se pošiljajo osnovnemu usmerjevalniku (core router). Uporaba osnovnega usmerjevalnika zagotavlja tvorbo enotne "multicast" drevesne strukture. Le-to uporabljajo vsi Mbone usmerjevalniki. Koliko osnovnih usmerjevalnikov bo v omrežju prisotnih in kje se bodo nahajali se lahko določi med načrtovanjem omrežja ali pa to dinamično

urejajo usmerjevalniki s pomočjo mehanizma Bootstrap.

V nadaljevanju bomo opisali dva takšna protokola: protokol, ki temelji na osnovni drevesni strukturi, in protokolno neodvisno oddajanje več prejemnikom za redka omrežja [3].

Usmerjanje Core Based Trees (CBT – osnovna drevesna struktura) tvori enotno dvosmerno drevesno strukturo. Protokol uporablja izključno deljeno drevesno strukturo in ne uporablja tehnike testa najkrajše povratne poti. Vsi izvori in potencialni uporabniki dela omrežja pošiljajo podatke svojemu osnovnemu usmerjevalniku (stični točki). Podatki od usmerjevalnika do uporabnika potujejo po isti poti, saj je uporabljeno dvosmerno drevo.

PIM-SM tudi tvori strukturo osnovnih usmerjevalnikov, ki imajo vlogo stične točke (RP – Rendezvous Point). V omrežju lahko obstaja več stičnih točk, posamezen uporabnik pa lahko uporablja le eno samo. Informacije, kateri usmerjevalniki v omrežju so stične točke, in preslikava "multicast" skupin na le-te je izvedena s pomočjo mehanizma Bootstrap. S tem je zagotovljena robustnost, saj mehanizem Bootstrap zagotavlja alternativne poti v primeru izpada osnovne stične točke. PIM-SM tvori drevesno strukturo s postopkom najkrajše povratne poti ob uporabi že obstoječih IP usmerjevalnih zapisov. Različne "multicast" skupine lahko uporabljajo različne stične točke, člani posamezne skupine pa vedno uporabljajo isto stično točko. Vsak izvor pošilja "multicast" pakete (zamaskirane v "unicast" obliko) do svoje stične točke. Ob prejemu neposrednega pridružitvenega sporočila od uporabnika se lahko v stični točki izvede več akcij:

- ob obstoju informacije o posredovanju do stične točke za "multicast" skupino, ki se ji uporabnik želi pridružiti, se "unicast" maska odvrže in se izvede posredovanje paketov po obstoječem drevesu,
- če informacije za posredovanje ni, se pošlje preklicno sporočilo predhodni stični točki,
- v primeru, da se stična točka želi vključiti v sprejem paketov, pošlje predhodni stični točki pristopno sporočilo.

Z opisanim načinom gradnje dreves oz. informacij o usmerjanju je nakazano osnovno načelo uporabe stičnih točk. Sprejemniki pristopajo k enotni drevesni strukturi z neposrednimi pristopnimi sporočili, izvori pa se registrirajo pri stičnih točkah.

#### 4. Razlike med protokoli

Protokoli dela v redkem omrežju imajo nekatere prednosti pred protokoli dela v zgoščenem omrežju. Med drugim ponujajo boljšo skalabilnost usmerjevalnikov, saj sledijo stanju povezave le usmerjevalniki med izvorom in članom skupine. Pri protokolih v zgoščenem omrežju pa sledijo stanju povezave usmerjevalniki v celotnem omrežju.

Protokoli za delo v redkih omrežjih tudi bolje izkoriščajo omrežje. To zagotavlja uporaba neposrednih pristopnih sporočil, saj tako promet poteka izključno po poteh, določenih v drevesnih strukturah.

Slabosti protokolov dela v redkih omrežjih izvirajo v veliki meri iz uporabe stičnih točk, ki lahko predstavljajo točke okvare. Slednje lahko ob množični uporabi omrežja predstavljajo tudi ozko grlo za "multicast" promet. Poudariti velja, da tehnika uporabe stičnih točk ne zagotavlja optimalnih poti.

Za povzetek povedanega navajamo osnovne lastnosti "multicast" protokolov:

- Opisani protokoli uporabljajo tako način oddaj in prekliči (broadcast and prune) kot mehanizem neposrednih pristopnih sporočil (explicit join).
- V splošnem velja, da se način dela oddaj in prekliči uporablja v zgoščenem omrežju. Le-ta uporablja drevesno strukturo najkrajše povratne poti z izvorom pri uporabniku.
- Metode neposrednih pristopnih sporočil se navadno uporabljajo v redkih omrežjih. Uporabljajo tako drevesa najkrajših poti kot deljena drevesa v osnovnih usmerjevalnikih oz. stičnih točkah.

#### 5. Zaključek

Mnogi uporabniki že imajo primeren dostop do interneta za spremljanje okrnjenih multimedijских vsebin. Z nadaljnjim razvojem dostopovnega omrežja in množično uporabo sodobnih tehnologij, kot so dostop preko kablanskega omrežja in ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), ki se letos uvaja tudi v slovenskem telefonskem omrežju, se bo povečalo število uporabnikov in ponudnikov vsebin.

Današnja tehnologija že nudi možnosti oddajanja več uporabnikom hkrati. Vzporedno se pojavljajo nova področja uporabe. Medcelinske seje, oddajanje v živo, izobraževanje na daljavo, prenos dogodkov iz kongresov, distribucija televizijskih programov in filmov, ipd., predstavljajo le del možne uporabe. Tudi večjim podjetjem z razvejano računalniško

infrastrukturo so s tehnikami oddaje več uporabnikom hkrati odprte nove poti pri medsebojni komunikaciji in prenosu informacij.

#### Literatura

[1] Jon Crowcroft, Mark Handley, Ian Wakeman. *Internetworking Multimedia*, UCL Press, UK, 1998.

[2] Kevin Savetz, Neil Randall, Yves Lepage. *MBONE: Multicasting Tomorrow's Internet*, IDG, USA, 1996.

[3] Kevin C. Almeroth. *The Evolution of Multicast: From the Mbone to Inter-Domain Multicast to Internet2 Deployment*, Department of Computer Science, UC Santa Barbara, USA, 1999.

[4] Oliver Hersent, David Gurle, Jean-Pierre Petit. *IP Telephony – Packet-based multimedia communications systems*, Pearson Education Limited, UK, 2000.



Dragošlav Petrovič je leta 1987 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru. Trenutno je zaposlen kot sistemski inženir v podjetju Iskratel, d.o.o. in je v prvem letniku podiplomskega študija. V letih 1987 do 1996 je bil zaposlen v podjetju Metalna Elektronika d.o.o., kot razvojni inženir na področju strojne in programske opreme.



Boštjan Vlaovič je leta 1999 diplomiral na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Univerza v Mariboru. Trenutno je zaposlen kot mladi raziskovalec na isti fakulteti in je v drugem letniku podiplomskega študija. Posebno ga zanima prenos govora po paketnem omrežju in integracija le-tega s tradicionalnim telefonskim omrežjem.