

Kakovost storitve

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

Quality of service

Recently QoS (Quality of Service) has been very frequently used and many times also misused term. This article intends to exploit the many possible angles of looking at QoS. We will try to offer the most suitable QoS definitions, discover its understanding from the point of users and service providers, present its technical, psychological and sociological aspects in today's communication networks.

In the last decade the development of computer science and telecommunications has been very fast. Being »on-line« is not anymore a domain of a little group of experts. At the beginning of Internet users were satisfied merely with access to desired applications. But when the use of online applications becomes a routine and even a necessity, a simple access is not enough anymore. Users suddenly realise that they need some sort of quality – from applications, network connections, data transmission or from any other element of up-to-date communication networks.

1. Uvod

Kakovost storitve (Quality of Service - QoS) je vse pogosteje uporabljan in mnogokrat tudi zlorabljan pojem. Zato naj ga na tem mestu najprej osvetlimo z več zornih kotov, podamo njegove definicije, njegovo razumevanje s strani uporabnikov in ponudnikov storitve, predstavimo njegove tehnične, psihološke in sociološke vidike ter možnost njegove implementacije v sodobnih telekomunikacijskih omrežjih.

Razvoj računalništva in telekomunikacijskih omrežij je v zadnjem desetletju napredoval z velikimi koraki in biti povezan ali "on-line" ni več le domena posvečenih. Na začetku je uporabnikom vsekakor najbolj pomembna sama povezljivost v omrežje in obstoj določenih aplikacij, ki jim olajšajo delo. Ko pa delo z računalnikom in uporaba omrežij postane rutina, celo nuja, zgolj osnovne lastnosti ne zadoščajo več. Tedaj se uporabniki naenkrat zavedo potrebe po kakovosti - najsi bo to za aplikacije, povezave v omrežje ali kak drug gradnik sodobnih komunikacijskih omrežij.

2. Definicija kakovosti storitve

Splošno veljavne in enoznačne definicije kakovosti storitve ni. Obstaja pa množica definicij, ki služijo širšim ali ožjim področjem znotraj računalništva in telekomunikacij.

Tako je ITU (International Telecommunication Union) v priporočilu X.902 kakovost storitve za potrebe odprtega porazdeljenega procesiranja (Open Distributed Processing) definiral kot: "Niz zahtev za kakovost kolektivnega obnašanja enega ali več objektov" [1]. Pri tem z več parametri QoS opišemo hitrost in zanesljivost prenosa podatkov (zakasnitev, propustnost, število napak in drugo). Bolj splošna pa je definicija v priporočilu E.800 [2], ki pravi: "Kakovost storitve je skupni učinek lastnosti storitve, ki določajo zadovoljstvo uporabnika."

V ATM (Asynchronous Transfer Mode) leksikonu [3] najdemo naslednjo definicijo kakovosti storitve: "Kakovost storitve se nanaša na niz performančnih parametrov s katerimi opišemo promet preko dane navidezne povezave." Ti parametri so zakasnitve celic, število izgubljenih celic, število okvarjenih celic, število napačno vstavljenih celic, spremenljivost zakasnitve celic in povprečna zakasnitev celic. S temi parametri je definiranih pet razredov kakovosti storitve. Od razreda storitev po najboljših možnostih brez zagotovil, do razreda, ki omogoča sočasni prenos podatkov. Ti razredi pa so definirani za prenos podatkov na nižjih protokolnih plasteh in aplikacijam niso neposredno dostopni.

IETF (Internet Engineering Task Force) se je v svojem dokumentu RFC 1946 [5] kakovosti storitve dotaknil z naslednjimi besedami: "Z naraščanjem povpraševanja po sočasnih omrežnih storitvah narašča tudi potreba po določljivih storitvah prenosa podatkov v teh omrežjih. Določljivost pa od aplikacij in omrežne infrastrukture zahteva sposobnost zahtevati, vzpostaviti in uveljaviti tako določen prenos podatkov. Skupaj lahko tem storitvam rečemo rezervacija pasovne širine in kakovost storitev." V dokumentu RFC 1932 [6] pa takole: "Parametri kakovosti storitve za sočasne aplikacije so taki, da imajo ti podatki prednost pred podatki RSVP (Resource reSerVation Protocol)

pretokov ali pa se v določeni obliki prenašajo znotraj njih."

V članku *Distributed Multimedia and Quality of Service: A Survey* [9] je predlagana splošna definicija kakovosti storitve za aplikacije s potrebo po sočasni komunikaciji: "Kakovost storitve določa niz kvantitativnih in kvalitativnih lastnosti porazdeljenega večpredstavnega sistema, ki so potrebni za doseganje zahtevane funkcionalnosti aplikacije."

Če se v tem članku omejimo zgolj na kakovost storitve s stališča prenosa podatkov, lahko rečemo, da kakovost storitve predstavlja nabor pravil in parametrov prenosa o katerih se, pred ali med prenosom podatkov, dogovorijo uporabniki in omrežje. Znotraj takega dogovora potem lahko oblikujemo razrede kakovosti storitev, ki so določeni glede na vrednosti parametrov prenosa podatkov.

3. Kakovost storitve z vidika ponudnika in uporabnika storitve

Pojem "kakovost storitve" je tudi v tem kontekstu zelo širok in se večinoma uporablja zgolj za objektivne mere kakovosti povezav in prenosa podatkov v omrežju. Glede na uporabnika ter njegovo dojetjem dela in storitev pa kakovost postaja vse bolj subjektivna mera, ki jo določa on sam. Zato lahko rečemo, da je bistven vidik določanja primerne kakovosti storitve, mnenje uporabnikov, ki s svojo oceno izrazijo stopnjo zadovoljstva s storitvijo.

V večini primerov uporabnik dojema kakovost storitve precej drugače kot njen ponudnik. Med najpomembnejše razloge za to sodi prav način njenega dojetanja. Medtem, ko ponudnik za to uporablja objektivne mere, uporabnik kakovost storitve ocenjuje subjektivno. S stališča prvega so pomembne mere za kakovost storitve zakasnitev, bitna hitrost, propustnost, stopnja napak pri prenosu in podobno. Drugi pa storitev večinoma ocenjuje na podlagi svojih izkušenj pri njeni uporabi. Te pa niso odvisne zgolj od zmogljivosti omrežja ali opreme ponudnika storitve, ampak tudi od terminalske opreme uporabnika, prijaznosti njegovih aplikacij, njegove usposobljenosti in podobno. V zadnjem času se vse bolj uveljavlja pojem *kakovost izkušnje* (Quality of Experience - QoE), ki predstavlja celovito uporabnikovo zaznavanje storitve. V nadaljevanju bomo za objektivne mere kakovosti storitve uporabljali pojem kakovost storitve, za subjektivne mere zaznavanja kakovosti storitve s strani uporabnikov pa pojem kakovost izkušnje.

Ker so storitve namenjene njenim uporabnikom bi se lahko strinjali naj v končni fazi njihovo kakovost določajo in ocenjujejo sami. Žal pa imajo uporabniki lahko zelo različne predstave o kakovosti storitve in

svoje želje večinoma izražajo v netehničnem jeziku. Tega morajo ponudniki storitve ovrednotiti s parametri kakovosti s katerimi potem nastavijo delovanje prenosnega omrežja. Mnogokrat uporabniki zahtevajo "kakovost storitve" čeprav ne vedo točno kaj to je.

Problem lahko rešimo s sklenitvijo *sporazuma o ravni storitve* (Service Level Agreement - SLA) med ponudnikom in uporabnikom. Pri tem je potrebno uskladiti želje uporabnikov in zmožnosti omrežja. Seveda je pomembno, da ponudnik in uporabnik najdeta skupni jezik. Prvi mora razumeti kako kakovost storitve dojema uporabnik, ta pa kaj lahko od ponudnika zahteva in pričakuje. S tem sporazumom se navadno določi tudi cena, ki je seveda odvisna od dogovorjene stopnje kakovosti storitve.

4. Parametri kakovosti storitve

Splošno sprejetih subjektivnih mer¹ za kakovost izkušnje nimamo (ponavadi subjektivne mere obstajajo za točno določene storitve, na primer za sprotni prenos govora). Zato bomo na tem mestu poskušali podati parametre s pomočjo katerih lahko določimo objektivne mere in ocene za kakovost storitev. Najpomembnejši parametri so:

- bitna hitrost (pasovna širina),
- zakasnitev,
- spremenljivost zakasnitve,
- rezervacija omrežnih virov,
- verjetnost napak pri prenosu,
- zasedenost omrežja,
- razpoložljivost omrežja,
- varnost in zasebnost podatkov.

Glede na nabor parametrov kakovosti storitve, ki jih ponuja omrežje, in potrebe uporabnika, se ta dva dogovorita o vrednostih parametrov prenosa, ki lahko veljajo celoten čas prenosa ali pa se dinamično spreminjajo glede na trenutne potrebe.

Edini pravi način za doseganje zadovoljivih rezultatov, s stališča operaterjev omrežij in ponudnikov storitev, je zagotavljanje kakovosti storitev preko omejenega nabora vrednosti parametrov prenosa, ki jih ti lahko spremljajo in nadzorujejo. Da bi lahko s spreminjanjem parametrov prenosa vplival na delovanje ponujanje storitve, mora operater ali ponudnik podrobno poznati njeno obnašanje. Ob tem pa mora zagotoviti primerno (želeno) kakovost storitve, s katero zadovolji uporabnika ter hkrati čimbolj optimalno in ekonomično izkoristiti prenosno omrežje.

¹ Subjektivne mere so navadno povprečne ocene velikega števila ocenjevalcev, ki temeljijo na vnaprej dogovorjeni in pripravljeni lestvici ocen

5. Medsebojna odvisnost parametrov kakovosti storitve

Vsi zgoraj naštetih parametri kakovosti storitve med seboj niso neodvisni in jih zato večinoma ne moremo obravnavati ločeno. Sprememba nekaterih izmed njih lahko odločilno vpliva na druge, odvisno od stopnje njihove soodvisnosti.

Zelo lep primer take soodvisnosti sta bitna hitrost povezave in zakasnitve prenosa podatkov preko nje. Če povečamo prvo, se bo druga zmanjšala in obratno. Zakasnitev prenosa po fizični povezavi τ med dvema sosednjima vozliščema v omrežju je sestavljena iz zakasnitve razširjanja (propagacije) signala τ_p in zakasnitve predaje paketa (to je čas, ki ga oddajnik porabi, da preda celoten paket na liniji) τ_t po enačbi:

$$\tau = \tau_p + \tau_t \quad (1)$$

pri čemer je zakasnitev razširjanja signala τ_p konstantna in znaša približno² 5 $\mu\text{s}/\text{km}$. Zakasnitev predaje paketa τ_t pa je odvisna od dolžine paketa L [bit] in bitne hitrosti na liniji R [bit/s] po enačbi:

$$\tau_t = L/R \quad (2)$$

Na primer, če 1000 oktetov dolg paket prenašamo v 100 km oddaljeno napravo preko povezave s hitrostjo 64 kbit/s, bo zakasnitev po enačbi (1) $\tau = \tau_p + L/R = 0.5 + 125 = 125.5$ ms, če pa enak paket prenašamo preko povezave s hitrostjo 128 kbit/s znaša zakasnitev $\tau = 0.5 + 62.5 = 63$ ms.

Podobna soodvisnost obstaja med zakasnitvijo in zasedenostjo omrežja, med razpoložljivostjo in zasedenostjo omrežja, med spremenljivostjo zakasnitve in zasedenostjo omrežja, itd. Zagotavljanje kakovosti storitev preko nadzora omenjenih parametrov zatorej ni preprosta naloga. Pri spremembi enega izmed njih moramo vedno upoštevati tudi njegov vpliv na druge parametre.

6. Standardizirane vrednosti parametrov kakovosti storitve

Glede na zelo splošne in ohlapne velikega nabora parametrov ter njihove soodvisnosti ne moremo pričakovati natančno določenih in standardiziranih vrednosti parametrov, ki bi zagotavljali točno določeno ali standardizirano kakovost storitve.

² ITU priporočilo G.114 [4] navaja vrednosti 4 $\mu\text{s}/\text{km}$ za zemeljske koaksialne vodnike, 5 $\mu\text{s}/\text{km}$ za optične vodnike in 6 $\mu\text{s}/\text{km}$ za podmorske kable.

Ena redkih standardiziranih storitev je sprotni prenos govora (interaktivni pogovor), zato si jo podrobneje ogledjmo. ITU priporočilo G.114 [4] določa maksimalne dovoljene zakasnitve na celotni prenosni poti ob predpostavki, da je ustrezno poskrbljeno za kontrolo odboja. Vzrokov za odboj na prenosni poti je več, najpomembnejša sta odboj zaradi neprilagojenih linijskih impedanc in odboj v prostoru. Za govorca odboj sam po sebi ni nezaželen, ko pa nastopa z večjo zakasnitvijo, postane skrajno neprijeten in moteč. Proti njemu se borimo z zmanjševalniki (Echo Suppressor) in izničevalniki odboja (Echo Canceller), ki naj bi se uporabili že pri zakasnitvah nad 25 ms [7].

Zakasnitev na celotni prenosni poti je določena kot zakasnitev zvoka od ust govorca do ušes poslušalca. Sestavljena je iz stalnega in spremenljivega dela. Prvi predstavlja zakasnitev obdelave govornega signala, ki je za dani sistem stalna, drugi pa zakasnitev prenosa okvirov govora, ki je odvisna od prenosnega omrežja in se navadno spreminja s časom. Na prvi del zakasnitve omrežje nima vpliva. Zato se bomo v tem delu ukvarjali s spremenljivim delom zakasnitve in pa z drugimi parametri kakovosti storitve, ki so neposredno odvisni od delovanja in zmogljivosti prenosnega omrežja. Za sprotni prenos govora veljajo naslednje standardizirane vrednosti zakasnitve na celotni prenosni poti [4].

150 ms	primerno za večino aplikacij
150 - 400 ms	sprejemljivo za nekatere aplikacije, če se uporabnik zaveda vpliva zakasnitve na delovanje aplikacije
400 ms	neprimerno za večino aplikacij

Zakasnitve okoli 150 ms so zadovoljive za večino interaktivnih aplikacij, vendar pa nekatere visoko interaktivne govorne in podatkovne aplikacije za dobro delovanje vseeno zahtevajo nižje vrednosti. Podobno velja za zakasnitve nad 400 ms, ki so v osnovi neprimerne za večino interaktivnih aplikacij in se jih moramo izogibati, razen v primerih, ko je dostopnost do storitve (aplikacije) pomembnejša od njene kakovosti. Podrobnejše rezultate meritev vpliva večjih zakasnitve na kakovost interaktivnega pogovora lahko najdete v dodatkih A in B priporočila ITU G.114 [4], v [8] pa so podrobneje obdelane možnosti prenosa govora preko podatkovnih omrežij, tudi s stališča kakovosti storitve.

7. Parametri kakovosti storitve za zahtevne aplikacije

Uveljavljene aplikacije, ki izhajajo iz podatkovnega sveta (elektronska pošta, prenos datotek, brskanje po svetovnem spletu), so večinoma nezahtevne glede kakovosti storitve pri prenosu podatkov. Večini je dovolj že povegljivost in razumne vrednosti ostalih

parametrov kakovosti storitve. Z napredkom tehnologije, večanjem zahtev uporabnikov, konkurence in zlivanjem omrežij pa so se na podatkovnih omrežjih pojavile aplikacije, ki jim zgolj povezljivost ne zadošča več. Za ustrezno delovanje od omrežja pričakujejo izpolnjevanje določenih, večkrat zelo strogih, zahtev glede prenosnih parametrov. Kot najzahtevnejše se izkažejo aplikacije, ki delujejo v realnem času. Ena trenutno najpomembnejših in najbolj aktualnih je prenos interaktivnega govora, ki od omrežja zahteva naslednje:

- zadostna razpoložljiva bitna hitrost,
- rezervacija pasovne širine,
- nizka zakasnitev (prenos v realnem času),
- čimmanjša spremenljivost zakasnitve,
- nizek nivo napak na prenosni poti.

Vse našete zahteve, razen zadnje, je v klasičnih paketnih omrežjih težko izpolniti. Zadostna bitna hitrost za prenos govora načeloma ni problematična, težave pa nastanejo, ker mora biti na voljo ves čas aktivnosti aplikacije. V zvezi s tem je tudi želja po rezervaciji pasovne širine, ki bi aplikaciji zagotovila pasovno širino ves čas njenega trajanja. Nizka zakasnitev se navezuje na vrednosti podane v razdelku 6 in je tesno povezana s svojo spremenljivostjo, ki mora biti v sprejemniku kompenzirana z dodatno zakasnitvijo, ki se prišteva skupni zakasnitvi na prenosni poti. Na še večje težave pa naletimo pri prenosu interaktivnega videa, ki vključuje vse zgornje zahteve, poleg tega ima pa še velike zahteve po pasovni širini. Te so odvisne predvsem od kakovosti prenašane slike in lahko znašajo tudi nekaj deset Mbit/s. Prenos podatkov takih aplikacij zato še zdaleč ni lahko delo.

8. Psihološki in sociološki vidiki uvajanja različnih stopenj kakovosti storitev

Uvajanje različnih stopenj kakovosti storitve v paketnih omrežjih narekuje več dejavnikov. Čeprav ponavadi najprej pomislimo na velike zahteve aplikacij, uvajanje novih storitev in želje uporabnikov pa smo verjetno bližje resnici, če rečemo, da bo gonilna sila uvajanja kakovosti storitev ekonomija. Ponudniki storitev in operaterji omrežij se bodo v želji pridobivanja konkurenčne prednosti lotili nudenja različnih stopenj kakovosti storitve. Glede na to, da je štartna osnova večinoma zelo nizka³, naj bi vsako nudenje boljše kakovosti storitve pomenilo višji dohodek. Za boljšo kakovost storitve bo seveda potrebno plačati več.

³ Tu imamo v mislih predvsem javna IP omrežja, ki trenutno podpirajo le prenos po najboljših zmožnostih.

Vprašanje pa je, kako bodo to sprejeli uporabniki. Če se osredotočimo na omrežje Internet, ki ga uporablja daleč največ ljudi, opazimo, da je le to izredno demokratično. Vsi uporabniki, ki v istem trenutku zasedajo določeno povezavo, imajo enake možnosti za prenos podatkov in zanje dosegajo enake prenosne parametre. Z uvedbo različnih stopenj kakovosti storitve bomo to demokratičnost porušili in trenutno enakopravni uporabniki omrežja se bodo razslojili na "reveže" in "bogataše". Zgolj ugibamo lahko kako bo to vplivalo na njih ter posledično tudi na operaterje omrežij in ponudnike storitev. Vsekakor bo to snov za nadaljnje raziskave.

9. Zaključek

Kakovost storitve je zelo širok pojem, ki se ga ne da zadovoljivo zaobseči z nekaj stavki ali stlačiti v eno samo definicijo. Temu je tako tudi zaradi subjektivnih dejavnikov, ki vstopijo v definicijo s človeškim dožemanjem storitev. Celo, če vse skupaj zožimo zgolj na prenos podatkov in se kakovost storitve določa glede na omejeno število parametrov, stvar še zdaleč ni trivialna. Potem so tu še psihološki in sociološki vidiki možnih posledic uvajanja različnih stopenj kakovosti storitve, ki so še popolnoma neraziskani. Snovi za raziskavo je torej več kot dovolj.

Literatura

- [1] X.902: Information technology - Open distributed processing - Reference Model, ITU, Geneva, November 1995
- [2] E.800: Terms and definitions related to quality of service and network performance including dependability, ITU, Geneva, August 1995
- [3] TTI Vanguard: ATM Lexicon, <http://www.tticom.com/atmglosy/atmlex.htm#qos>
- [4] G.114: One-way transmission time, ITU, Geneva, February 1996
- [5] RFC 1946: Native ATM Support for ST2+, IETF, May 1996
- [6] RFC 1932: IP over ATM: A Framework Document, IETF, April 1996
- [7] G.131: Control of talker echo, ITU, Geneva, August 1996
- [8] Anton Kos: Prenos govora preko podatkovnih omrežij, magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, april 1998
- [9] Andreas Vogel: Distributed Multimedia and Quality of Service: A Survey, <http://www.dstc.edu.au/AU/staff/andreas-vogel/papers/ieee-mm.ps>