

Poglavje 7

Kvalitativne metrike za ocenjevanje računalniških omrežij

V pričujočem poglavju si bomo ogledali še dve kvalitativni metriki¹ za oceno delovanja računalniških omrežij. Slednjih mnogokrat ni mogoče evaluirati v kvantitativni obliki, ali bi bilo pridobivanje le te izredno težko. V ta namen opišemo metriki *kvalitete storitve* (angl. *quality of service* - QoS) in *kvalitete uporabniške izkušnje* (angl. *quality of experience* - QoE). Do neke mere sta obe metriki pogojeni s subjektivnostjo ocenjevalca. Poleg obeh navedenih metrik izpostavimo tudi področje *vsebinske analize prometa* v omrežju.

7.1 Kvaliteta storitve

Kvaliteta storitve (angl. *quality of service* - QoS) je ena od osnovnih metrik za kvalitativno oceno delovanja računalniškega omrežja ter s tem posredno njegovega ponudnika. S predhodno postavitvijo modela in simulacijami lahko preverimo, ali bodo spremembe v obstoječem omrežju ali konfiguracija novega omrežja željeno QoS zagotovile, ali ne. Osnovna definicija QoS opiše kot zmožnost zagotavljanja *dogovorjenega zmogljivostnega nivoja pretoka podatkov* ali *zmogljivosti storitve*.

QoS na področju računalniških omrežij vrednotimo kot skupek zmogljivostnih parametrov ali performans. Le te so sledeče:

- *intenzivnost porajanja napak* (angl. *error rate*);
- *pasovna širina* ali *hitrost* (angl. *bit rate*);

¹Kvalitativna metrika odraža kvaliteto opazovanega sistema, pri čemer je kvantitativno (številčno) neizmerljiva.

- *prepustnost* (angl. *throughput*);
- *latenca* (angl. *latency*);
- *dosegljivost* (angl. *availability*);
- *prihajanje paketov v ponorno točko v nepravem zaporedju* (angl. *out of order*);
- *prihajanje paketov z različnimi latencami* (angl. *jitter*), itd.;

Navkljub temu, da je večina predhodno naštetih parametrov kvantitativne narave, iz njih ne moremo sestaviti enotne kvantitativne ocene za QoS, zato slednjo uvrščamo med kvalitativne metrike. Za QoS je karakteristično tudi to, da mnogokrat nastopa kot samoevalvacijska metrika ali metrika, s katero svojo storitev ocenjuje sam ponudnik storitev omrežja.

Ponudnik se v svojem običajno arhitekturno *poddimenzioniranem* omrežju za doseganje QoS običajno zateka k metodam *prioritizacije prometa* (različnim vrstam prometa dodeljuje različne prioritete) in *rezervacijam resursov* (npr. z uporabo RSVP protokola). Tako modernejšie definicije QoS opišejo kot zmoglost zagotavljanja različnih prioritiet različnim aplikacijam. QoS je pomemben predvsem za danes aktualne *neelastične storitve* kot so npr. aplikacije predvajanja multimedijskih vsebin (angl. *multimedia streaming applications*). Mednje npr. sodijo storitve „Voice over IP“, „IPTV“, večuporabniške internetne igre, videokonference, aplikacije teleprisotnosti, misijsko kritične aplikacije itd. Pod pojmom neelastičnosti storitev smatramo značilnost tistih spletnih storitev, ki so občutljive na čase dostave paketov (angl. *delay sensitive*) in zahtevajo fiksno hitrost prenosa podatkov (angl. *fixed bit rate*).

V nefiksni brezžični omrežjih, kot so mobilna omrežja, se kot dodaten performančni parameter pojavlja tudi ovrednotenje zagotavljanja predajanja živih sej (angl. *handover*) med sosednjimi baznimi postajami, ki pokrivajo prostor celic.

Na začetku razdelka smo omenili pojma *dogovorjenega zmogljivostnega nivoja pretoka podatkov* in *zmogljivosti storitve*. Oba pojma sta običajno predmet *sporazuma o ravni storitev* ali *sporazuma o zagotavljanju storitev* (angl. *service level agreement - SLA*), ki predstavlja pogodbeni dogovor med ponudnikom storitve in naročniško stranko. SLA dogovori na področju zagotavljanja omrežnih storitev temeljijo na treh postavkah. Le te so sledeče:

- *kvaliteta storitev*: običajno je pogojena s prihodno in odhodno hitrostjo prenosa podatkov;
- *dosegljivost storitev*: dosegljivost (angl. *availability of service*) predstavlja delež časa v daljšem časovnem intervalu, ko je omrežje/storitev dejansko na razpolago; kot smo predhodno že omenili, je ciljno vodilo ponudnikov 99,999% dosegljivost, ki pa je v praksi ne dosegaajo;

- *odgovornost*: SLA naj bi definiral tudi odgovornosti za nedoseganje pogodbenih nivojev storitev in posledice kršenja le teh; z vidika SLA majhnih naročnikov - uporabnikov storitev je odgovornost mnogokrat nejasno izražena in je definirana v korist ponudnikov;

7.2 Kvaliteta uporabniške izkušnje

Kvaliteta uporabniške izkušnje (angl. *quality of experience* - QoE) kot kvalitativna spremenljivka opiše uporabnikovo videnje QoS, ki jo ponuja ponudnik, ali uporabnikovo zadovoljstvo s storitvijo. Iz povedanega je razvidno, da pojmov QoS in QoE ne smemo enačiti, sta pa do neke mere soodvisna. Pri tem ne smemo prezreti tudi tega, da so zmogljivostni parametri področja QoS merljivi, uporabnikova ocena QoE pa je bolj ali manj subjektivna kategorija in moramo za doseganje splošne kvalitativne ocene QoE pridobiti in upoštevati ocene večjega števila uporabnikov (angl. *mean opinion score*). Uporabnik za oceno svoje QoE uporablja naslednje kriterijske parametre:

- *cena storitve*;
- *zanesljivost in dosegljivost storitve*;
- *efektivnost storitve*;
- *privatnost in varnost storitve*;
- *prijaznost uporabniškega vmesnika storitve*;
- *svoje zaupanje do storitve*;

Tudi QoE je težko kvantitativno ovrednotiti, zato sodi med kvalitativne metrike. V vsakem primeru je cilj vsakega ponudnika, da maksimizira QoE čim večjega števila uporabnikov.

7.3 Vsebinska analiza paketov v omrežju

Zaradi vse večje količine podatkovnega prometa imajo ponudniki vse več problemov z zagotavljanjem pogodbeno dogovorjenih zmogljivosti prenosa podatkov. Zaradi slednjega gre v prihodnje pričakovati, da bodo ponudniki začeli promet obravnavati po prioritetah glede na vsebino prometa (vsebino posameznih paketov). Osnovna metoda za zagotavljanje analize vsebine prometa je „globok vpogled v pakete“ (angl. *deep packet inspection* - DPI, *information extraction* - IE) in praktično služi kot osnova za kasnejše filtriranje prometa. DPI metoda se primarno usmerja na analizo podatkovnega dela paketov, sekundarno pa na naslovni del, preko katerega se v nekaterih primerih tudi da določiti naravo paketa.

V tehničnem smislu na nivoju paketov DPI vrši sledeče funkcije:

- *blokiranje paketov*;

- *upočasnjevanje toka paketov;*
- *preusmerjanje paketov;*
- *označevanje paketov;*
- *poročanje o paketih;*

DPI kot metodo uporabljajo tako ponudniki storitev, kot tudi države in korporacije, vsak od njih glede na svoje ciljne namene.

Literatura

- [1] N. C. Hock, *Queuing Modelling Fundamentals*. John Wiley & Sons, Chichester, Anglija, 1996.
- [2] M. Anu, "Introduction to modeling and simulation," in *Proceedings of the 29th conference on Winter simulation* (S. Andradóttir, K. J. Healy, D. H. Withers, and B. L. Nelson, eds.), pp. 7–13, 1997.
- [3] L. Kleinrock and R. Gail, *Queuing systems, problems and solutions*. John Wiley & Sons, New York, ZDA, 1996.
- [4] N. Zimic and M. Mraz, *Temelji zmogljivosti računalniških sistemov*. Založba FE in FRI, Ljubljana, Slovenija, 2006.
- [5] R. Jamnik, *Verjetnostni račun in statistika*. Društvo matematikov, fizikov in astronomov socialistične republike Slovenije, Zveza organizacij za tehnično kulturo Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 1986.
- [6] K. S. Trivedi, *Probability and Statistics with Reliability, Queuing and Computer Science Applications*. John Wiley & Sons Inc., New York, ZDA, 2002.
- [7] H. Stöcker, *Matematični priročnik z osnovami računalništva*. Tehnična založba Slovenije, Ljubljana, Slovenija, 2006.
- [8] J. Virant, *Modeliranje in simuliranje računalniških sistemov*. Didakta, Radovljica, Slovenija, 1991.
- [9] J. F. Shortle, J. M. Thompson, D. Gross, and C. M. Harris, *Fundamentals of queueing theory*. John Wiley & Sons, Hoboken, ZDA, 2018.
- [10] J. L. Peterson, *Petri Net Theory and the Modeling of Systems*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, ZDA, 1981.
- [11] J. Bordon, M. Moškon, N. Zimic, and M. Mraz, "Semi-quantitative Modeling of Gene Regulatory Processes with Unknown Parameter Values Using Fuzzy Logic and Petri Nets," *Fundamenta Informaticae*, vol. 160, no. 1–2, pp. 81–100, 2018.

- [12] J. Virant, *Logične osnove odločanja in pomnjenja v računalniških sistemih*. Založba FE in FRI, Ljubljana, Slovenija, 1996.
- [13] T. Murata, "Petri Nets: Properties, Analysis and Applications," *Proceedings of The IEEE*, vol. 77, no. 4, pp. 541–580, 1989.
- [14] W. G. Schneeweiss, *Petri Nets for Reliability Modeling*. LiLoLe Verlag, 1999.
- [15] A. S. Tanenbaum and D. J. Wetherall, *Computer Networks*. Prentice Hall Inc., Boston, ZDA, 2011.
- [16] N. Jensen and L. Kristensen, *Coloured Petri Nets*. Springer,, 1998.
- [17] K. Jensen, "A Brief Introduction to Coloured Petri Nets," in *Proceedings of the Third International Workshop on Tools and Algorithms for Construction and Analysis of Systems (TACAS '97)*, 1997.
- [18] K. Jensen, *Coloured Petri Nets Basic concepts*. Springer, 1997.
- [19] D. Božić, *Analiza in zgled uporabe programskega orodja CPNTools za postavljanje modelov dinamičnih sistemov*. Diplomsko delo FRI-UL, 2012.
- [20] M. Dolenc, *Verifikacija komunikacijskih protokolov na osnovi barvnih Petrijevih mrež*. Diplomsko delo FRI-UL, 2015.
- [21] "Matematična ocena latence proizvajalca Rugged." <https://w3.siemens.com/mcms/industrial-communication/en/rugged-communication/Documents/AN8.pdf/>, 2015.
- [22] "Matematična ocena latence proizvajalca O3b Networks." http://www.o3bnetworks.com/media/40980/white%20paper_latency%20matters.pdf/, 2015.
- [23] "Primer on Latency and Bandwidth." <https://www.oreilly.com/library/view/high-performance-browser/9781449344757/ch01.html>, 2018.
- [24] "Hop Count Definition." <https://www.techopedia.com/definition/26127/hop-count>, 2019.
- [25] "Network traffic monitoring." <https://www.techopedia.com/definition/29977/network-traffic-monitoring>, 2018.
- [26] "Internet dveh hitrosti." <http://webfoundation.org/2015/10/net-neutrality-fails-to-load-web-foundation-response-to-todays-eu-vote/>, 2016.
- [27] "About Cacti." <http://www.cacti.net/>, 2016.
- [28] P. Antončič, *Monitoriranje računalniških omrežij*. Diplomsko delo FRI-UL, 2012.

-
- [29] N. Bricman, *Zasnova fizičnega omrežja za potrebe novega ponudnika internetnih storitev*. Diplomsko delo FRI-UL, 2018.