

Zajem radijskih parametrov mobilnega omrežja s pomočjo CPE modema

Rok Ušaj, Rudolf Sušnik, Luka Koršič, Janez Sterle

INTERNET INSTITUT d.o.o., Črna vas 128, 1000 Ljubljana

E-pošta: rudolf.susnik@iinstitute.eu

Collecting mobile network radio parameters using consumer CPE modem

Abstract. Besides introducing new services, 5G also delivers enhanced broadband experience, e.g., by Fixed Wireless Access (FWA) service.

In FWA architecture, CPE modem is a key element and as such should be closely monitored by the service provider in order to make sure service delivered is of expected quality. Considering the latter, CPE modems also provide some data on radio network parameters. Although a CPE modem is not a calibrated measurement tool, it can be considered optimal choice since the main concern is customer's experience rather than exact values of the radio parameters.

A generic approach for collecting radio network parameters values measured by CPE modem is presented. An API has been developed for fetching and parsing data from the modem's web interface. Thus, no other access privileges than common customer access to the CPE modem is required. The API has been integrated into our own qMON product, a specialized tool for QoS/QoE monitoring, which, beside wide set of measuring and monitoring functions, also provides management, data collection, data analytics and data visualization features.

The paper concludes by explaining the added value of analyzing various parameters on a specific case and further explains how results can be helpful in maintaining customers satisfaction.

1 Uvod

Z razvojem mobilnih omrežij se pojavljajo vedno nove možnosti uporabe le-teh, tako npr. peta generacija mobilnih omrežij (5G) izdatno podpira zahteve, ki se pojavljajo v industriji in spremljajočih procesih [1]. Poleg tega je eno od pomembnih področij uporabe 5G tudi brezžični dostop do t.i. fiksnih storitev (internet, telefon, televizija), ki je zlasti zanimiv za geografska področja brez ustrezne kableske oz. žične infrastrukture. Omenjeni brezžični fiksní dostop se je začel uveljavljati že s tehnologijo četrte generacije mobilnih omrežij (4G ali LTE – angl. Long Term Evolution), z višjimi prenosnimi hitrostmi v 5G pa je pridobil še dodatno privlačnost za potencialne uporabnike [2].

Na uporabniški strani se za sprejem signala, neglede na to ali gre za poslovnega ali rezidenčnega uporabnika, običajno uporablja modem oz. komunikacijski prehod (ker tovrstne naprave obstajajo v različnih izvedbah in ker jih različni ponudniki komunikacijskih storitev

različno poimenujejo, v članku uporabljamo besedno zvezo CPE modem, ki izhaja iz angl. Customer-Premises Equipment in pomeni napravo, ki je nameščena pri uporabniku). V našem primeru imamo opravka s CPE modmom, ki ga povežemo v mobilno radijsko omrežje. Čeprav CPE modemi niso namenjeni izvajanju meritev radijskih ali kakšnih drugih omrežnih parametrov, vendarle običajno nudijo nekaj osnovnih podatkov o radijski povezavi, ki je vzpostavljena z omrežjem. Tako pridobljene rezultate radijskih parametrov moremo obravnavati zgolj kot informativne, saj CPE modem ni (kalibriran) merilni inštrument. Vendar pa lahko obratno rečemo, da poznavanje točnih vrednosti s stališča uporabnika niti ni nujno potrebno, saj nas zanima predvsem kakovost storitve pri uporabniku ter trend sprememb. Zaključimo lahko, da je uporaba CPE modem pravzaprav optimalna izbira za opisani namen.

Podatki o radijski povezavi CPE modema z mobilnim omrežjem so uporabniku dostopni preko uporabniškega oz. administrativnega spletnega vmesnika, kar je s stališča izvajanja kontinuiranega spremljanja parametrov ter nadaljnje obdelave podatkov precej neugoden način. V nadaljevanju članka zato opisujemo enega od možnih načinov splošnega pristopa k avtomatskemu zbiranju relevantnih parametrov. Rešitev temelji na priklopu dodatne naprave (npr. RaspberryPI – RPI) na CPE modem. Na napravi RPI poganjamo programsko kodo, ki iz administrativnega spletnega vmesnika CPE modema izlušči potrebne podatke, jih ustrezno formatira in pošlje v centralno podatkovno bazo, kjer se tovrstni podatki zbirajo za nadaljnjo analizo. RPI hkrati uporabimo tudi za izvajanje različnih testov: merjenje hitrosti prenosa, zakasnitev, zanesljivosti povezave, odzivnosti aplikacijskih strežnikov, ipd.

2 Vloga merjenja in testiranja pri zagotavljanju storitev uporabnikom

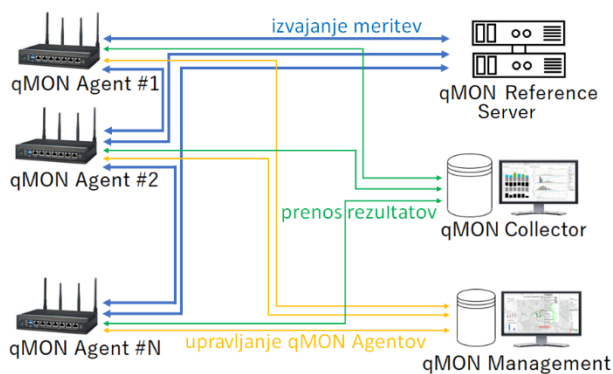
Kontinuirano merjenje oz. spremljanje radijskih parametrov uporabnikovega modema in drugih omrežnih parametrov nas (oz. ponudnika storitev) zanima s stališča zagotavljanja ustreznega nivoja kakovosti uporabniške izkušnje.

Merjenje kakovosti uporabniške izkušnje v sodobnih omrežjih ni preprosta naloga. Merjenje mora biti namreč dovolj obsežno in obenem dovolj pragmatično, da zberemo ustrezno količino relevantnih podatkov, ki nam omogočajo izračun kakovosti uporabniške izkušnje (angl. Quality of Experience – QoE), ki jo dejansko zaznavajo uporabniki.

Rezultati meritev in njihov prikaz v realnem času (operativna slika) so ključnega pomena za učinkovito spremljanje dogajanja v omrežju in nadalje tudi za optimizacijo omrežja. Ključni dejavniki, ki vplivajo na delovanje omrežja in storitev (angl. Key Performance Indicator – KPI), so razpršeni po celotnem omrežju, za njihov zajem pa v praksi uporabljamo različna orodja. Sestavljanje celovitega »omrežnega odtisa« je zato zapleteno in drago, predvsem pa pogosto manjkajo bistvene navzkrižne povezave med parametri. Prav zato je prej omenjena celovita operativna slika ključnega pomena za nadzor omrežja in postavljanje diagnoze v primeru težav. Težave v omrežju namreč lahko dolgo časa ostanejo neodkrita, zato jih z doslednim spremljanjem operativne slike poskušamo odkriti še preden imajo neprijetne posledice za uporabnike.

2.1 Metodologija

Ker je merjenje le eno od opravil pri spremljanju stanja uporabniških naprav in omrežja, je potrebno ključno temo pričujočega prispevka (tj. zajem radijskih parametrov mobilnega omrežja) umestiti v širšo sliko merilnega oz. nadzornega sistema. Ogradje merilnega sistema predstavlja naša lastna rešitev qMON [3], ki je namenjena merjenju kakovosti storitev in uporabniške izkušnje v omrežjih IP (angl. Internet Protocol), spremljanju rezultatov meritev v realnem času, navzkrižnem primerjanju različnih parametrov ter s tem odkrivanju težav in optimiziranju omrežja. Čeprav rešitev qMON deluje na poljubnem omrežju IP, je specializirana za mobilna omrežja in omogoča poglobljen vpogled v parametre mobilnega sistema. Slika 1 ponazarja delovanje rešitve qMON, podrobnejši opis delovanja sledi v naslednjih odstavkih.



Slika 1. Grafična ponazoritev delovanje rešitve qMON [3].

Princip delovanja qMON temelji na merjenju in aktivnem testiranju omrežnih parametrov, npr.: radijske parametre lahko zgolj pasivno merimo, medtem ko merjenje prenosnih hitrosti in zakasnitev na prenosni poti izvajamo aktivno s prenašanjem podatkov med dvema točkama v omrežju. Merjenje in testiranje se izvaja na t.i. qMON Agentih, ki emulirajo uporabniško aktivnost in način uporabe storitev ter tako celostno zajamejo pogoje

končnih uporabnikov oz. storitev. Meritve se izvajajo med qMON Agenti ter med qMON agenti in referenčno točko qMON Reference Server.

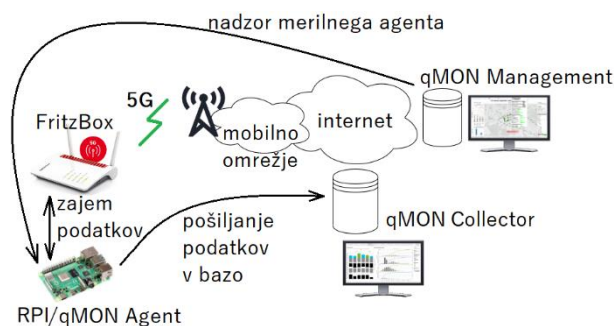
Rezultati meritev oz. testiranj se shranjujejo v podatkovni bazi qMON Collector. Od tod jih zajemajo algoritmi napredne analitike, ki omogočajo poglobljen vpogled v omrežje (primerjalne analize, operativni trendi, ocena QoE, napovedovanje obnašanja naprav in sistemov v realnih pogojih obremenitve, itd.). Končni rezultati se nato še vizualizirajo oz. uredijo v interaktivna poročila.

Pomemben del rešitve je tudi nadzorni sistem qMON Management, ki omogoča konfiguriranje qMON Agentov s pomočjo spletnega vmesnika, tj. izbira vrste meritev, prilagajanje meritev glede na specifične potrebe, določanje časovnega zaporedja meritev/testiranja, itd.

3 Avtomatizacija meritev in testiranja

3.1 Arhitektura merilnega/testnega sistema

Slika 2 prikazuje soodvisnost gradnikov sistema. Cilj je pridobiti vrednosti omrežnih parametrov, ki jih meri v mobilno omrežje povezani CPE modem FritzBox 6850 5G (parametri se torej nanašajo na povezavo CPE modema z omrežjem), te vrednosti shraniti (baza qMON Collector) ter jih po potrebi obdelati ter vizualizirati



Slika 2. Zasnova merilnega/testnega sistema s CPE modmom kot merilnim pripomočkom in RPI kot upravljano napravo, ki izkorišča CPE modem za pridobivanje rezultatov meritev.

Ker imamo do CPE modema zgolj uporabniški dostop preko spletnega vmesnika, za zajem rezultatov meritev omrežja uporabimo qMON Agenti, ki teče na RPI. qMON Agent zajete podatke ustrezno obdeli oz. formatira ter jih pošilja v podatkovno bazo qMON Collector. RPI oz. qMON Agent služi zgolj za zajemanje in formatiranje vrednosti rezultatov meritev pridobljenih s CPE modmom, medtem ko se vsa komunikacija med RPI oz. qMON Agentom ter nadzornim sistemom qMON Management in podatkovno bazo qMON Collector odvija preko CPE modema FritzBox.

Izvajanje meritev oz. zajem podatkov nadzorujemo s pomočjo nadzornega sistema qMON Management, kjer med drugim določimo, kateri parametri nas zanimajo, kako pogosto jih bomo merili/zajemali in kam bomo zapisovali rezultate.

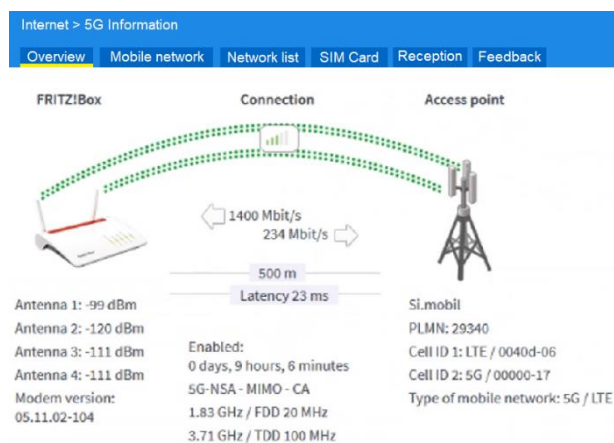
RPI oz. qMON Agent ni namenjen zgolj pasivnemu zajemanju podatkov s CPE modemom (radijski parametri), pač pa omogoča tudi aktivno izvajanje testov kot npr.: hitrost prenosa podatkov (t.i. speed-test), meritev obhodnih časov, odzivnost domenskih strežnikov, nalaganje (poljubne) spletne strani, ipd. Ne glede na številne možnosti sistema, se na tem mestu osredotočamo na pasivni zajem radijskih parametrov.

3.2 Uporabniška naprava

Uporabili smo uporabniško napravo - CPE modem Fritzbox 6850 5G [5], ki je izdelan v skladu s standardom 3GPP Release 15 [6] in podpira tako nesamostojni način delovanja 5G (angl. 5G Non-StandAlone – 5G NSA), kot samostojni način delovanja 5G (angl. 5G StandAlone – 5G SA) ter uporablja antenski sistem s tehniko prostorskega multipleksiranja 4x4 MIMO (angl. Multiple In Multiple Out). Po podatkih proizvajalca CPE modem zmore hitrosti prenosa do 1,4 Gbit/s v smeri proti uporabniku (angl. download) in do 600 Mbit/s v smeri od uporabnika (angl. upload). CPE modem podpira večino za nas zanimivih frekvenčnih pasov, med drugimi tudi pasova n3 (1,8 GHz) in n78 (3,5 GHz) v katerih smo izvedli večino testiranja. Poleg 5G modem podpira še mobilni tehnologiji 4G/LTE in 3G.

3.3 Zajem podatkov z uporabniške naprave

Uporabljeni CPE modem Fritzbox 6850 5G v sklopu svojega administrativnega/nadzornega spletnega portala prikazuje tudi podatke o radijskem omrežju, kamor je priključen (slika 3).



Slika 3. Izpis nekaterih radijskih parametrov in njihovih vrednosti v spletnem vmesniku CPE modema.

Slika 3 prikazuje primer izpisa radijskih parametrov, od koder lahko ugotovimo, da je CPE modem povezan v omrežje 5G NSA operaterja »Si.mobil« (oz. A1) s kodo javnega kopenskega mobilnega omrežja (angl. Public Land Mobile Network, PLMN) 29340. Nosilec povezave 4G/LTE je na frekvenci 1,83 GHz, ima pasovno širino 20 MHz in deluje v načinu frekvenčnega multipleksa (angl. Frequency Division Duplex – FDD). Nosilec povezave 5G pa je na frekvenci 3,71 GHz, ima pasovno širino 100 MHz in deluje v načinu časovnega multipleksa (angl.

Time Division Duplex – TDD). Na voljo so vrednosti nivoja sprejetega signala RSRP (angl. Reference Signal Received Power) za posamezne antene, vidimo pa tudi identifikacijsko oznako celic 4G/LTE in 5G (angl. Cell ID), največjo (teoretično) hitrost prenosa proti uporabniku (1,4 Gbit/s) oz. od uporabnika (234 Mbit/s) ter podatek o zakasnitvi (23 ms).

Za uspešno avtomatizacijo zajema radijskih parametrov moramo zagotoviti avtomatski zajem podatkov s spletne strani, za kar smo v Python-u razvili ustrezno komponento oz. vmesnik uporabniškega programa API (angl. Application Programming Interface), ki je del qMON Agenta. Pogostost izvajanja oz. klica API-ja je določena z nastavitvami v nadzornem sistemu. Za uspešen zajem podatkov s spletne strani moramo pri klicu API-ja podati naslov le-te (ali več njih, če so želeni podatki razpršeni po več (pod)straneh) ter uporabniško ime in geslo. V kodi API-ja poskrbimo tudi za generiranje ustreznega identifikatorja seje (angl. Session ID). Ker podatke zajemamo neposredno s spletne strani CPE modema, je ključnega pomena, da natančno predvidimo katera (pod)stran ali več njih, vsebuje zelene podatke. Slednje je v splošnem za vsak tip modema različno, poleg tega pa se lahko z nadgraditvijo programske opreme spremeni. Vse naštetto predstavlja precejšnjo komplikacijo, ki jo moramo pri načrtovanju API-ja ustrezno upoštevati.

```

{id": {},
"measurements": [
  {
    "radio_operator_code": "29340",
    "radio_pci": 285,
    "radio_tac": "2774",
    "radio_rsrp_dbm": -103,
    "radio_rsrq_db": -17,
    "radio_sinr_db": -6,
    "radio_band": "B20",
    "radio_rx_channel": 6400,
    "radio_tx_channel": 24400,
    "radio_access_technology": "4G",
    "radio_tech_num": 5,
    "radio_bw_mhz": 10,
    "radio_cell_id": "89",
    "timestamp": "2022-05-31T00:34:30.672+02:00",
    "hash": "e02ddb5529cb664f7acc750f89e2d336ae68Rpi",
    "aliasHash": "e02dd"
  }
]
}

```

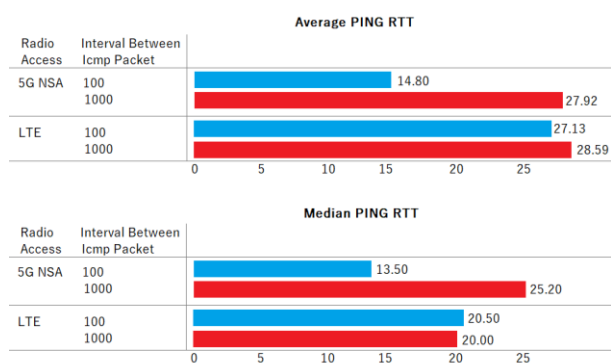
Slika 4. Podatki, zapisani v JSON formatu in pripravljeni za prenos v bazo qMON Collector.

Zajem podatkov s CPE modema pravzaprav pomeni, da s CPE prenesemo celotno izvorno datoteko spletne (pod)strani, ki jo je potrebno še ustrezno obdelati, da pridemo do zelenih podatkov. Pri tem lahko uporabimo katero izmed obstoječih prosto dostopnih knjižnic, kot je npr. »BeautifulSoup« [7]. Podatke pred pošiljanjem v bazo qMON Collector pretvorimo v obliko, ki jo predpisuje podatkovna baza, tj. oblika JSON (angl. JavaScript Object Notation). Slika 4 prikazuje primer zapisa rezultatov radijskih parametrov v obliki JSON. V sliki najdemo tudi seznam najbolj uporabnih parametrov, ki opisujejo radijsko povezavo in nam hkrati služijo za nadzor povezav, odkrivanje napak in optimizacijo omrežja.

3.4 Analiza in prikaz rezultatov

Ko imamo podatke zbrane v podatkovni bazi, jih lahko obdelujemo na različne načine in za različne namene. Običajno je glavni cilj merjenja, optimizirati omrežje tako, da bodo uporabniki omrežja deležni pričakovane uporabniške izkušnje.

Najbolj zapletene probleme običajno rešujemo predvsem s pomočjo poznavanja zadevne problematike (angl. domain knowledge) in manj z uporabo umetne inteligence. V večini primerov je potrebno, da izberemo oz. primerjamo več različnih parametrov, pri čemer je ustrezno orodje za vizualizacijo podatkov v veliko pomoč. Kot bomo videli na primeru, ki nam ga prikazuje slika 5, pa je nadvse koristno, če nam orodje poleg časovnega prikaza vrednosti omogoča tudi prikaz različnih statističnih parametrov prikazanega vzorca, npr. povprečno vrednost, mediano, standardno deviacijo, ipd.



Slika 5. Primerjava povprečne (zgornji del slike) in medianske (spodnji del slike) vrednosti odziva na paket ICMP/Ping za tehnologiji 5G NSA in 4G/LTE v omrežju kjer so bile zaznane težave (št. vzorcev $N > 20.000$).

Oglejmo si resničen primer, kjer izkustveno opažamo, da se omrežje 5G pogosto odziva počasneje kot omrežje 4G/LTE (upamo seveda, da problem ugotovimo prej kot naši uporabniki). V ta namen zberemo v obeh omrežjih (tj. 4G/LTE in 5G) čim več rezultatov meritev odziva na pakete Ping (funkcija Ping je sestavni del protokola nadzornih sporočil, angl. Internet Control Message Protocol – ICMP).

Rezultati so prikazani v sliki 5. Zgornji del slike prikazuje povprečno vrednost odziva na pakete Ping v obravnavanih omrežjih. Interval pošiljanja paketov Ping je 100 ms oz. 1000 ms. Glede na povprečne vrednosti sklepamo, da posebnih težav ni pričakovati, saj je omrežje 5G NSA v obeh primerih odzivnejše kot omrežje 4G/LTE. Vendar pa spodnji del slike 5, kjer je prikazana mediana istega parametra, kaže, da v omrežju vendarle očitno nekaj ni najbolje nastavljeno, saj je mediana odziva pri intervalu 1000 ms znatno daljša v omrežju 5G NSA kot v omrežju 4G/LTE, česar seveda ne pričakujemo. Rezultat analize nam pokaže, da bo v naslednjem koraku potrebno ponovno preveriti nastavitve na omrežju 5G.

4 Zaključek

V prispevku smo opisali pristop in izvedbo avtomatizacije zajema radijskih parametrov mobilnega omrežja na primeru uporabe CPE modema kot merilnega orodja. Predstavili smo tudi širši pogled na problematiko meritev, testiranja in analiz v mobilnem omrežju. Reševanja problema avtomatizacije meritev smo se lotili na povsem generičen način in z uporabo metod, ki ne zahtevajo več kot zgolj uporabniški dostop do modema oz. njegovih nastavitvev, tj. dostop do administrativnega spletnega vmesnika, od koder črpamo podatke, ki nas zanimajo.

Aplikacija, ki jo nadgradimo še s testiranjem različnih omrežnih parametrov (npr. hitrost prenosa podatkov, zakasnitev pri prenosu, odzivnost odpiranja spletnih strani, ipd.), je uporabna za kontinuirano spremljanje uporabniških naprav nameščenih pri končnih uporabnikih. Z analizo zbranih podatkov je mogoče ovrednotiti in predvideti kakovost storitve ter trende na strani uporabnika, kar je mogoče koristno uporabiti za izboljšanje zadovoljstva uporabnikov, npr. z individualiziranimi predlogi uporabnikom (glede na njihovo konkretno situacijo), s splošno optimizacijo omrežja ali pa na kak drug poslovno-tehnični način.

Zahvala

Delo je sofinancirano s strani EU programa H2020 v sklopu projektov 5G-INDUCE (pogodba št.: 101016941) in EVOLVED-5G (pogodba št.: 101016608).

Literatura

- [1] R. Bolla et al, From cloud-native to 5G-ready vertical applications: An industry 4.0 use case, Proc. IEEE Intern. Conf. on High Performance Switching and Routing (HPSR), Paris, France, June 2021, IEEE, USA, 2021.
- [2] Ericsson Mobility Report, Ericsson, junij 2022, <https://www.ericsson.com/mobility-report>.
- [3] qMON – Quality Monitoring Suite, Internet Institute, <https://www.iinstitute.eu/#qmon>.
- [4] Whitepaper – Beyond 5G/6G KPIs and Target Values, 5GPPP, junij 2022, <https://doi.org/10.5281/zenodo.6577506>.
- [5] FritzBox 6850 5G Technical Specification, AVM, julij 2022, <https://en.avm.de/products/fritzbox/fritzbox-6850-5g/technical-specifications/>.
- [6] 3GPP – Release 15, <https://www.3gpp.org/release-15>.
- [7] Beautiful Soup Documentation, avgust 2022, <https://www.crummy.com/software/BeautifulSoup/bs4/doc/>.