

UDC: 004.3

Info M str. 40-43

**NOVE MOGUĆNOSTI MERENJA POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE
PRI REST KOMUNIKACIJI NA SAVREMENIM MOBILNIM UREĐAJIMA
NEW POSSIBILITIES OF MEASURING THE CONSUMPTION OF ELECTRICITY
IN REST COMMUNICATION ON MODERN MOBILE DEVICES**

Predrag Sibinović, Mladen Nikolić

REZIME: Brz tehnološki razvoj podstiče upotrebu mobilnih uređaja za razne svrhe u životima ljudi. Velika raznovrsnost resursa mobilnih uređaja pomaže da se dođe do napretka u gotovo svim oblastima ili pak svakodnevnim životnim aktivnostima. Poseban problem za mobilne resurse namenjene ključnim životnim oblastima (zdravstenoj zaštiti ili vođenju tehnoloških procesa), predstavlja ograničenje autonomnosti napajanja. Sa druge strane, potreba za novim resursima dovela je do usavršavanja veb servisa. U cilju pojednostavljenja procesa komunikacije među internet servisima REST standard se nametnuo kao pristupačno rešenje i potisnuo SOAP na polju mobilnih aplikacija. Po predviđanjima naučnika ali i poslovnih kompanija uređaji povezani sa internetom će do 2020 godine doživeti ekspanziju IoT (Internet of Things), pa se REST komunikacija već sada nameće kao rešenje koje se može smatrati dominantnim i u bliskoj budućnosti. U ovom radu je predstavljen novi niz mogućnosti merenja potrošnje električne energije pri REST komunikaciji u cilju optimizacije utroška električne energije i povećanju energetske autonomije mobilnih uređaja.

KLJUČNE REČI: veb servisi, RESTful servisi, mobilni sistemi, život baterije, analitički model

ABSTRACT: Rapid technological development encourages versatile uses of mobile devices in people's lives. The complexity of resources of mobile devices bolsters progress in almost all fields, especially in daily activities. Limitations to the autonomous power supply represent a particular problem regarding mobile resources intended for crucial areas in life (public health or management of technological processes). On the other hand, the demand for new resources has led to the improvement of the web services. For the purposes of simplifying the process of communication between various Internet services, the REST standard has imposed itself as an affordable solution and exceeded SOAP in the field of mobile applications. According to the predictions of scientists, as well as business companies, devices connected to the Internet shall expand until 2020 in the form of IoT (Internet of Things). Thus, REST communication is already perceived as a solution which can be regarded as dominant in the near future. This paper presents new possibilities of measuring energy consumption during REST communication for the purposes of optimising energy consumption and increasing energy autonomy of mobile devices.

KEY WORDS: Web services, RESTful services, Mobile systems, Battery life, Analytical model

UVOD

Mobilni internet je unapredio i doveo do savršenstva upotrebu mobilnih uređaja te promenio navike u komunikaciji ljudi. Komunikacija je sve više orijentisana na društvene mreže, razne aplikacije za razmenu multimedijalnih poruka putem interneta u realnom vremenu i druge aplikacije koje nam pomažu u svakodnevnom životu. Sve ove aplikacije su zavisne od komunikacije sa nekim od svojih servera. Bilo da je to navigacija, aplikacija za dopisivanje ili igrice. Međutim, jedan od ograničavajućih faktora jeste autonomnost i energetska nezavisnost uređaja, dok sa druge strane, tržište diktira potrebu za brzim procesorima i uređajima manjih dimenzija ali i što većim dimenzijama ekrana pa se javlja potreba za smanjenjem potrošnje električne energije. Jedan od načina za produžetak života baterije jeste upravo poboljšanje energetske efikasnosti [1]. Energetsku efikasnost uređaja je moguće postići putem hardverskih inovacija i softverskom optimizacijom. Poznata je činjenica da je najveći potrošač energetskih resursa baterije mobilnog uređaja ekran, a zatim slede internet servisi i senzori. Pored hardverskih optimizacija kojima je moguće postići veću efikasnost, znatne uštede u potrošnji moguće je postići i programskim putem. Većina postojećih veb servisa izgrađeni su korišćenjem (SOAP), odnosno pristu-

pom kojim se veb servisi smatraju "operacijama" sastavljenih od ulaznih i izlaznih parametara, koje se mogu izvršiti protiv sistema [2]. Sa tačke gledišta primene klijenta, svaki sistem se posmatra kao daljinski modul sa jednom ili više operacija. U novije vreme, reprezentacioni transfer stanja (REST) pojavio kao potpuno nov i isplativ alternativni pristup za izgradnju veb servisa, koji se bazira na izlaganju sistema preko "resursa", a ne operacija. REST promovise i generalizuje principe WWW, u smislu da daljinski sistemi (sajtovi) nude klijentskim aplikacijama odnosno pretraživačima pristup resursima (stranama), oslanjajući se na smanjeni set standardnih postupaka (GET, POST, PUT, DELETE, itd.) [3].

Većina mobilnih aplikacija današnjice ima ulogu da prenesu informacije od korisnika do specijalizovanog servera te da na osnovu tih informacija i zahteva vrati potrebne informacije ili rešenja problema. Internet komunikacija prvenstveno angažuje 3g modem kao periferni uređaj, a zatim i procesor. Sve ove komponente dodatno opterećuju bateriju svojim delovanjem, dok povećana potrošnja i *izvlačenje* struja većih inteziteta dovodi do samozagrevanja ćelija što za posledicu ima smanjenje kapaciteta baterije [4].

S obzirom da konzumacija internet servisa i aplikacijau velikoj meri utiče na smanjenje autonomnosti mobilnih

uređaja, ukazuje se potreba optimizacijom utroška energije. Cilj ovog rada je da analizira mogućnosti merenja potrošnje električne energije tokom REST komunikacije.

REST KOMUNIKACIJA U APLIKACIJAMA

Kada se govori o broju mrežnih servisa i korišćenom transferu, može se reći da se REST izdvojio kao dominantan mrežni servis, koji je čak potisnuo SOAP i WSDL servise upravo zbog jednostavnosti korišćenja [3,4]. Procena naučnika ali i velikih poslovnih kompanija je da će 2020 godne uređaji povezani sa internetom doživeti ekspanziju IoT (Internet of things) [6]. Gledano sa strane razvojnih inženjera i programera, REST komunikacija se nameće kao izuzetno rešenje za komunikaciju. Moraju se zadovoljiti zahteva komunikacija bude mala i brza, da se ne troši previše resursa na kodiranje i dekodiranje poruka i da samo programska implementacija ne troši prevelike resurse kako RAM memorije tako i stalne memorije uređaja. Što zbog ograničenih resursa uređaja u hardverskom smislu tako i zbog energetske efikasnosti uređaja [7,8]. Savremene tendencije upotrebe REST komunikacije se kreću i u pravcu pametnih kuća kontrolisanih mobilnim uređajima. Upravo u takvim sistemima se REST komunikacija smatra jako skalabilnom i primenjivom [12].

REST (Representational State Transfer) je arhitekturni stil koji je razvijen od strane *Technical Architecture Group* (TAG), paralelno sa HTTP 1.1.

Iz studije AVG Technologies o planu i razvoju mobilnih sistema za 2016 godinu, anonimnim uzorkovanjem 3 miliona korisnika, prepoznate su aplikacije koji imaju najveći uticaj na potrošnju baterije [9].

Tabela 1: Prvih 10 aplikacija po utrošku baterije [9]

| | | | |
|---|-------------------|----|----------|
| 1 | Samsung All Share | 6 | Facebook |
| 2 | Samsung Security | 7 | WhatsApp |
| 3 | Beaming Service | 8 | WeChat |
| 4 | ChatOn | 9 | AppLock |
| 5 | Google Maps | 10 | BBM |

Tabela 2: Prvih 10 aplikacija po upotrebi interneta [9]

| | | | |
|---|---------------------|----|--------------------|
| 1 | Facebook | 6 | Beaming Service |
| 2 | The Weather Channel | 7 | BBM |
| 3 | Instagram | 8 | WhatsApp |
| 4 | Google Maps | 9 | Facebook Messenger |
| 5 | Clean Master | 10 | BBM |

ANALIZA PROBLEMA

Na osnovu analize dostupnih studija, hardvera mobilnog uređaja, operativnog sistema i programskih instrukcija nameću se tri problema na koja treba dati odgovor kao uslov za valjanu analizu potrošnje baterije [10,11].

Prvo pitanje se tiče praćenja aktivnosti procesora na veoma finom nivou odnosno, mora se posedovati tačna infor-

macija o izvršenju određene instrukcije ili bloka instrukcija. Ovaj problem se može lako rešiti na uređajima sa jednom niti izvršavanja, dok su za novije višenitne uređaje potrebna kompleksnija rešenja budući da je *HTTP* zahteve nemoguće uraditi iz glavne nitine Androidu.

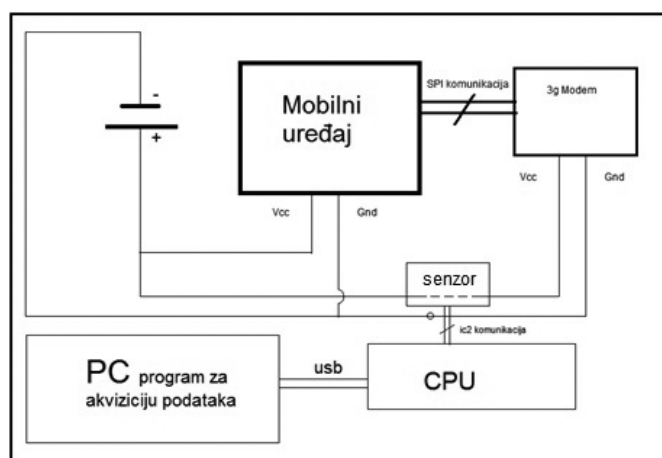
Drugi problem se tiče procesa praćenja potrošnje energije celokupnog sistema sa komponentama (procesor, ali i GPRS/3G modem...).

Treći problem se sam nameće iz prva dva i tiče se mapiranja potrošnje svake od instrukcija programa a u cilju analize energetske efikasnosti procesa.

Pored odgovora na ova tri postavljena problema, potrebno je osmisлити veoma precizni način merenja utroška električne energije.

Bitni faktori koji mogu uticati na potrošnju baterije prilikom REST komunikacije su: veličina podataka koji se transportuju, učestalost i rad servera. Potrošnja baterije se može meriti na dva načina: putem senzora ugrađenog u sam uređaj ili eksternog senzora.

S obzirom da naprocespraznjenjabaterijemogu uticati idrugogruprocesaislanjakoji se ne mogu nikompenzovati ni izolovati, sledi da je korišćenje eksternog senzora preciznije i merodavnije. Takođe treba imati u vidu da je praznjenje baterije nelinearan proces [5]. Na slici 1 predstavljen je šematski prikaz opreme za merenje intenziteta struje 3g modema.



Slika 1. Šematski prikaz opreme za merenje intenziteta struje 3g modema

MATERIJALI I METODE

Pored već naglašenih problema fizičkog merenja i predloga potencijalnog rešenja prikazanog na slici 1, potrebno je formirati i softversko test okruženje. Pod pojmom test program podrazumeva se celina od skupa instrukcija na web serveru, test aplikacija na mobilnom uređaju, odgovarajući set podataka kao i izvršavanje transporta podataka od servera do mobilnog uređaja i obratno. Uloga test programa na mobilnom uređaju je mogućnost podešavanja određenih kombinacija parametara REST komunikacije. Nakon toga test program na mobilnom uređaju otpočinje REST komunikaciju sa definisanim

serverom. U okviru slanja REST zahteva serveru se šalju prethodno zadati podaci, a to su podaci vezani za željenu veličinu podatka koji se povlače sa servera kao i vreme obrade servera. Vreme obrade servera je simulacija kašnjenja odgovora servera od trenutka kada server prihvati REST zahtev do trenutka kada odgovori. Naime, server će za zadato vreme odložiti odgovor uspavljanjem programske niti u kojoj je prihvatio pomenutu konekciju.

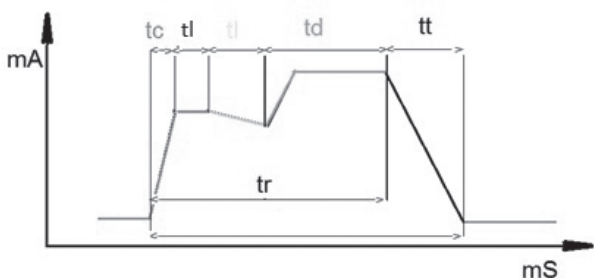
Na samom veb serveru se takođe nalazi test program. On na osnovu zahteva primljenog od strane test programa mobilnog uređaja iz baze podataka selektuje određeni broj redova i vraća ih kao odgovor. Pored toga na osnovu parametra o simulaciji vremena obrade simulira imaginarnu obradu zadanog trajanja.

Test program na mobilnom uređaju ima zadatak da u lokalni csv (*coma separated value*) zapis upisuje vreme od početka testa, zatim šifru trenutne operacije koju izvodi i vrednost koju je pročitao sa mikrokontrolera koji putem senzora meri intenzitet protoka struje u napojnim vodovima 3g modema. Akvizicija se vrši na svakih 5 ms. Upisivanje u csv zapis se ne vrši na svaku akviziciju već se podaci sakupljaju u listu, a nakon završenog REST zahteva se ta lista dodaje u lokalni zapis. Na taj način može se izbeći usporavanje i opterećivanje mobilnog uređaja tokom samog procesa REST komunikacije.

Test program mora posedovati sledeća setovanja za promenu parametara testa: veličina podataka koja se zahteva od servera, vreme u sekundama između dva testa, broj ponavljanja REST zahteva tokom testa kao i vreme koje je serveru potrebno da obradi zahtev.

SOFTVERSKI SEGMENTI U TOKU REST KOMUNIKACIJE

Segmenti u životnom veku jedne REST komunikacije su: vreme konekcije na server (t_c), vreme slanja zahteva (t_p), vreme čekanja na odgovor (t_l) i vreme prijema podataka (t_d). Grafički prikaz segmenata u profilu potrošnje se može videti na slici 2.



Slika 2. Segmenti u profilu potrošnje jednosmerne električne energije tokom REST komunikacije

Iz prethodno navedenog, ukupni utrošak energije tokom REST zahteva može se predstaviti sledećim matematičkim modelom:

$$E_{(w,s)} = (aI_c * t_c + aI_p * t_p + aI_l * t_l + aI_d * t_d + aI_t * t_t) * 5_v \quad (1)$$

Gde je:

$$t_d = \frac{Ds}{Vd}$$

$$tp = Hs / Vu$$

aI_p - prosečna potrošnja tokom slanja zahteva serveru

aI_c - prosečna potrošnja tokom konekcije

t_c - vreme provedeno tokom konekcije

Hs - veličina POST hedera u bajtovima

Vu - brzina slanja podatka u bajtovima po sekundi

aI_l - prosečna potrošnje tokom čekanja na odgovor servera

t_l - vreme čekanja na odgovor od servera

aI_d - prosečna potrošnja tokom prijema podataka

Ds - veličina podataka koja se prima od servera u bajtovima

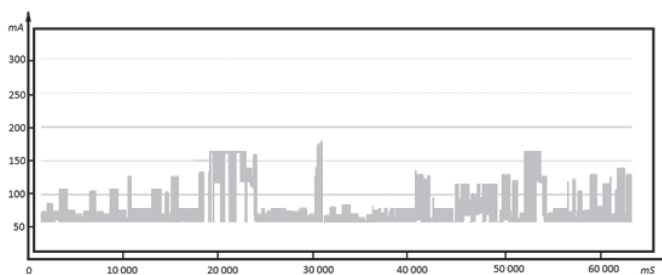
Vd - brzina prijema podataka u bajtovima po sekundi

aI_t - prosečna potrošnja tokom zakasnelog odziva i prelaska u stacionarno stanje

t_t - vreme prelaska u stacionarno stanje

REZULTATI MERENJA

Na početku istraživanja izvršena su merenja potrošnje modema u stanju mirovanja. Pod pojmom stanja mirovanja se podrazumeva povezanost modema na baznu stanicu u potpunosti, ali bez ikakvih programskih aktivnosti koje koriste modem. Stopirane su sve klijentske aktivnosti koje su konzumenti interneta i koje koriste resurse 3g modema. Cilj ovog merenja je da prikaže potrošnju koju modem ostvaruje tokom svog rada i održavanja konekcije sa baznom stanicom. Na slici 3 je prikazan profil protoka jednosmerne električne struje koju troši modem u stacionarnom stanju.

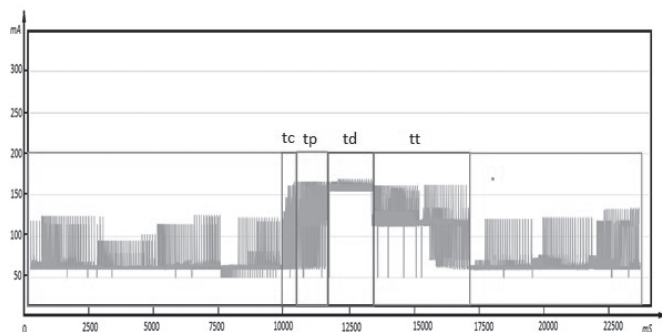


Slika 3. Profil potrošnje jednosmerne struje 3g modema u stacionarnom stanju

Na osnovu ovih merenjapokazano je da prosečna potrošnja jednosmerne električne struje 3g modema u stacionarnom stanju iznosi 78 mA. Snimljeno je 30 sekvenci u različitim delovima dana sa iste lokacije u trajanju od 10 minuta. Ova merenja pokazuju da modem u stanju bez aktivnosti prouzrokovane nekom od korisničkih klijentskih aktivnosti ima identičnu prosečnu potrošnju i da ima povremene skokovite promene izazvane sopstvenom aktivnošću koji imaju intenzitet do 160mA.

Nakon snimanja karakteristika stacionarnog stanja snimljeno je i energetske ponašanje modema tokom procesa REST

komunikacije. Na slici 4 se mogu videti dva obrađena profila utiška jednosmerne električne struje sa označenim segmentima. Takođe su izmerene prosečne vrednosti intenziteta jednosmerne električne struje koju modem konzumira tokom REST komunikacije.



Slika 4. Profil potrošnje jednosmerne struje 3g modema tokom REST komunikacije

Na osnovu merenja i prosečnih vrednosti u izdvojenim segmentima jednačina (1) postaje:

$$E_{(w \cdot s)} = (123 * t_c + 163 * (t_p + t_d) + 140 * t_t) * 0.005_w + 2,875_{(w \cdot s)} \quad (2)$$

Gde je:

$$t_d = \frac{Ds}{Vd}$$

$$tp = Hs / Vu$$

t_c - vreme provedeno tokom konekcije

Hs - veličina POST hedera u bajtovima

Vu - brzina slanja podataka u bajtovima po sekundi

t_t - vreme čekanja na odgovor od servera

al_d - prosečna potrošnja tokom prijema podataka

Ds - veličina podataka koja se prima od servera u bajtovima

Vd - brzina prijema podataka u bajtovima po sekundi

ZAKLJUČAK

Na osnovu dosadašnjih dostupnih studija iz oblasti mobilnih tehnologija, ali i potreba savremenog softverskog inženjerstva može se zaključiti da postoji potreba za što boljim razumevanjem korelacije programskih instrukcija i potrošnje energije mobilnih uređaja u cilju povećanja energetske autonomije. Naročito je bitno ustanoviti korelaciju REST komunikacije i utroška energije kao dominantnog sistema prenosa podataka u savremenim tokovima. Nakon teorijske analize urađena su i fizička i eksperimentalna merenja koja su za rezultat dala

matematički model koji se može koristiti u simulatorima energetske efikasnosti mobilnih aplikacija. Hardverska i softverska rešenja ponuđena u ovom radu daju veoma dobru polaznu osnovu za dalja istraživanja na temu energetske efikasnosti u komunikaciji između mobilnih uređaja i veb servera.

REFERENCE

- [1] J. Li, K. Bu, X. Liu, B. Xiao. ENDA: Embracing network inconsistency for dynamic application offloading in mobile cloud computing, in: Proceedings of the Second ACM SIGCOMM Workshop on Mobile Cloud Computing, ACM, (2013):39–44
- [2] Box, D., Ehnebuske, D., Kakivaya, G., Layman, A., Mendelsohn, N., Nielsen, H.F., Thatte, S., Winer, D., Simple Object Access Protocol, (2000)
- [3] Vinoski, S., RPC and REST: dilemma, disruption, and displacement. IEEE Internet Computing 12, (2008): 92–95
- [4] M. Gariga, et al., RESTful service composition at a glance: A survey, Journal of Network and Computer Applications 60, (2016):32–53
- [5] J.Araujo, et al., Impact of capacity and discharging rate on battery life time: A stochastic model to support mobile device autonomy planning, Pervasive and Mobile Computing 39, (2017):180–194
- [6] L.Atzori, A.Iera, G.Morabito, Understanding the Internet of Things: definition, potentials, and societal role of a fast evolving paradigm, Ad Hoc Networks 56, (2017): 122–140
- [7] N.Kshetri, The evolution of the internet of things industry and market in China: An interplay of institutions, demands and supply, Telecommunications Policy 41, (2017):49–67
- [8] O. Bello, S. Zeadally, M. Badra, Network layer inter-operation of Device-to-Device communication technologies in Internet of Things (IoT), Ad Hoc Networks 57, (2017):52–62
- [9] Android™ App Performance Report, AVG Technologies, (2016)
- [10] Shaosong Li, S. Mishra. Optimizing power consumption in multicore smartphones, Journal of Parallel and Distributed Computing 95, (2016): 124–137
- [11] R. P. Torres, C.T.Huitzil, H.G.Zapién, Power management techniques in smartphone-based mobility sensing systems: A survey, Pervasive and Mobile Computing 31, (2016):1–21
- [12] Igor Djurić. "Concept of mobile remote controller" Info M br. 61 (2017): 35–39.



Predrag Sibinović, asistent, Visoka tehničko-tehnološka škola strukovnih studija, Kosančićeva 36, 37000 Kruševac

Kontakt: psibinovic@gmail.com

Oblasti interesovanja: Sistemi automatskog upravljanja, Informacione tehnologije, Web programiranje



Mladen Nikolić, profesor strukovnih studija, Visoka tehničko-tehnološka škola strukovnih studija, Kosančićeva 36, 37000 Kruševac

Kontakt: mladennikolic2603@yahoo.com

Oblasti interesovanja: Zaštita životne sredine, Elektromagnetna zračenja, Informacione tehnologije

