

# ADAPTIVNI KORISNIČKI INTERFEJS ZA SIMULATOR POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

## ADAPTIVE USER INTERFACE FOR POWER CONSUMPTION SIMULATOR

A. Vučetić<sup>1</sup>, V. Čirić<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Stipendista Ministarstva za nauku i zaštitu životne sredine

<sup>2</sup> Elektronski fakultet, Univerzitet u Nišu  
{vucetica, vciric}@elfak.ni.ac.yu

**Sadržaj** - U cilju poboljšanja kvaliteta simulatora potrošnje električne energije neprestano se razvijaju nove metode simulacije koje uključuju nove ulazne faktore. Dinamičnost razvoja metoda predstavlja problem u implementaciji korisničkog interfejsa. Cilj ovog rada je projektovanje adaptivnog korisničkog interfejsa za simulatore potrošnje električne energije. U radu je predloženo rešenje koje omogućava upravljanje različitim tipovima simulatora kroz jedinstveni korisnički interfejs. Predloženo rešenje značajno smanjuje obim komunikacije između korisničkog interfejsa i simulatora, a samim tim su povećani kvalitet i udobnost koji interfejs pruža korisniku. Takođe, predloženim rešenjem je omogućeno podešavanja simulacije identifikovati kao fajl koji nosi malu količinu podataka.

**Abstract** – *In order of further improvement of power consumption simulator quality new input factors are constantly included in simulation methods. Because of rapid development of these methods there are many problems in user interface implementation. The aim of this paper is to develop adaptive user interface for power consumption simulators. Solution that enables interaction with different types of simulators through single user interface is proposed. Proposed solution significantly reduces the amount of communication between the user interface and the simulator, which leads to more friendly user interface. Presented solution also enables the simulation to be identified as a file that occupies a small amount of memory.*

### 1. UVOD

Prognoza potrošnje električne energije je veoma bitna za planiranje i efikasnu eksploataciju elektroenergetskog sistema, pa upravo zbog toga, ova tema već duži vremenski period zaokuplja interesovanje stručne javnosti. Elektroenergetska industrija se oslanja kako na kratkoročne prognoze, koje sežu nekoliko minuta, sati ili dana u budućnost, tako i na dugoročne prognoze kojima se predviđa potrošnja električne energije za nekoliko godina ili nekoliko desetina godina unapred [1]. Načini prognoze potrošnje električne energije evoluirali su tokom vremena. Na samom početku, prognoze su uključivale samo podatke o potrošnji i promeni potrošnje u prošlosti. Međutim, veoma brzo, se javila potreba za modelovanjem i drugih faktora.

U cilju modelovanja velikog broja faktora koji imaju uticaj na potrošnju električne energije, razvijeni su brojni

modeli elektroenergetskih sistema [2]. Kako su modeli za prognozu potrošnje električne energije evoluirali tokom vremena, rastao je broj faktora koje ovi modeli uključuju, a samim tim i složenost simulatora koji su korišćeni u ovu svrhu. Osim toga, porast broja ulaznih veličina donela je sa sobom i povećanu raznorodnost i obim podataka koje treba obraditi.

Kod svih aplikacija za simulaciju potrošnje električne energije, mogu se uočiti dva jasno odvojena podsistema: korisnički interfejs i sam simulator. Pri razvoju simulatora, veoma je teško od samog početka stvoriti jasnu sliku o prirodi ulaznih podataka. Iz tog razloga pri projektovanju simulatora koristi se inkrementalni pristup. Gotovo svaka faza u razvoju simulatora dovodi do promene skupa faktora koji se uzimaju u obzir za simulaciju. Pri čestim promenatam simulatora, javlja se problem u projektovanju korisničkog interfejsa.

Cilj ovog rada je projektovanje adaptivnog korisničkog interfejsa za simulator potrošnje električne energije. U radu će biti predstavljen model aplikacije SIMEPS i dati zahtevi za projektovanjem interfejsa, sa detaljnom analizom problema projektovanja komunikacije između korisničkog interfejsa i simulatora. Biće predloženo rešenje koje omogućava upravljanje različitim tipovima simulatora kroz jedinstveni korisnički interfejs, značajno smanjuje obim komunikacije, a samim tim i povećava kvalitet i udobnost koji interfejs pruža korisniku. Biće omogućeno analizu identifikovati kao fajl koji nosi malu količinu podataka, tako da je memorija potrebna za pamćenje stanja simulacije izuzetno mala. U cilju prikaza modela aplikacije u radu će najpre biti dat kratak pregled modela i parametara simulacije potrošnje električne energije.

### 2. MODELI I PARAMETRI SIMULACIJE POTROŠNJE ELEKTRIČNE ENERGIJE

Modeli simulacije potrošnje električne energije se mogu podeliti u dve velike grupe [2]: **Ekonometrijski model** – oslanja se na podatke iz različitih anketa koji se odnose na ukupnu potrošnju električne energije, karakteristike domaćinstava, posedovanje različitih električnih prijemnika i ekonomske promjenjive koje su pogodne za veoma dobro razvijene ekonometrijske tehnike [2], [3]. **Inženjerski model** – uključuje inženjerska znanja o tehničkim i konstrukcionim svojstvima različitih prijemnika. Ova znanja se koriste za procenu električne energije koja se potroši u cilju zadovoljenja različitih

potreba rezidencijalnih potrošača. Jedan od najpoznatijih inženjerskih modela je *bottom-up* model ERÅD [2]. Ovaj model uključuje veliki broj jednačina, parametara i ulaznih veličina koje su dobijene korišćenjem anketa, merenja, eksperimenata i teoretskih razmatranja.

Bez obzira na velike razlike između postojećih modela, podaci koji predstavljaju ulaze simulatora potrošnje električne energije, po prirodi pripadaju jednoj od grupa navedenih u tabeli 1, [1]-[4]. Pored ulaznih podataka, koji predstavljaju bazu znanja simulatora, grupi ulaznih podataka pripadaju i parametri simulacije. Raznovrsnost ovih parametara (tabela 1), po broju, prirodi i opsegu vrednosti je veoma različita za različite tipove simulatora, ali je zajedničko to da korisnički interfejs simulatora treba da obezbedi jednostavan mehanizam kojim korisnik upravlja radom simulatora.

Tabela 1. Pregled ulaznih i izlaznih podataka za simulatore potrošnje električne energije

Smer podataka	Namena i tip podataka	Opris podataka	
Ulazni podaci	Baza znanja	podaci o potrošnji u prethodnom periodu	Inženjerski pristup
		tehnički podaci o električnim prijemnicima	
		meteorološki podaci	
	podaci o demografsko ekonomskoj strukturi	Ekonomski pristup	
podaci o ceni i načinu tarifiranja električne energije			
	Parametri simulacije	Velika količina podataka raznovrsnih po prirodi	
	Upravljački podaci	Početak, zaustavljanje i prekid simulacije	
Izlazni podaci	Kriva opterećenja (vektor)	U zavisnosti od vremena (druga dimenzija), U zavisnosti od temperature (treća dimenzija)...	
	Skalarne veličine	Veličine koje mogu biti veoma raznovrsne po prirodi	

Kao rezultat obrade ulaznih podataka simulatori potrošnje električne energije generišu izlazne podatke u vidu krive opterećenja (*load curve*), koje daju informaciju o promeni opterećenja posmatranog dela elektroenergetskog sistema u nekom vremenskom periodu. Sama kriva opterećenja može biti predstavljena tabelarno ili u obliku odgovarajućeg grafika. Osim toga, korisnički interfejs simulatora treba da ponudi grafički ili tabelarni prikaz zavisnosti krive potrošnje od pojedinih parametara simulacije, što korisnički interfejs može da učini veoma složenim.

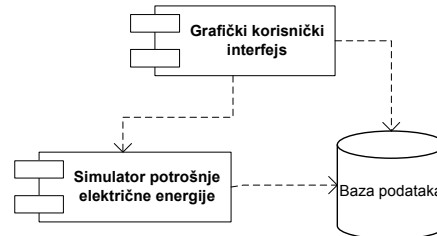
Dužina vremenskog perioda, kao i rezolucija sa kojom su podaci predstavljeni se veoma razlikuju od simulatora do simulatora i postoji trend da se rezolucija krivih potrošnje povećava čime se dobija na kvalitetu rezultata simulacije.

SIMEPS je aplikacija koja se razvija na Elektronskom fakultetu u Nišu, u okviru projekta TR-6203B, „Simulator potrošnje električne energije u elektroenergetskom sistemu sa dinamičkom dodelom tarifa“, koji finansira Ministarstvo za nauku i zaštitu životne sredine. Namena

aplikacije SIMEPS je da pruži informacije o ponašanju sistema za proizvodnju i distribuciju električne energije i omogući predviđanje opterećenja u različitim tarifnim režimima, i na taj način omogući poboljšanje efikasnosti pri proizvodnji, distribuciji i potrošnji električne energije.

### 3. MODEL APLIKACIJE SIMEPS I ZAHTEVI ZA PROJEKTOVANJEM INTERFEJSA

Na slici 1 prikazan je uopšteni model simulacionog softvera.



Slika 1. Uopšteni model simulacionog softvera

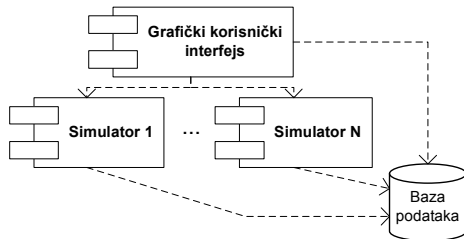
U modelu sa slike 1 se jasno izdvajaju celine karakteristične za troslojnu arhitekturu aplikacije [5]: baza podataka, logika aplikacije (koju u ovom slučaju predstavlja sam simulator) i grafički interfejs. Ovakva organizacija aplikacije omogućava da uloga logike aplikacije može da se dodeli bilo kom tipu simulatora potrošnje električne energije. Ovo je moguće ukoliko je baza podataka ispravno projektovana i dovoljno sadržajna, i ukoliko je interfejs koji simulator ima prema toj bazi podataka takođe dobro osmišljen.

Razvoj SIMEPS simulatora je zamišljen kao inkrementalno-iterativni proces. To praktično znači da su projektovanje i implementacija ovog simulatora podeljeni u nekoliko faza, pri čemu se svaka faza odlikuje ne samo novim ulaznim veličinama koje se uzimaju u obzir pri simulaciji, već i primenom drugačije metode simulacije. Ovakav pristup je neophodan zbog činjenice da SIMEPS simulator veoma zavisi od tipa podataka koje obrađuje.

Iako je projektom predviđeno da se na kraju svog evolutivnog procesa, SIMEPS simulator oslanja samo na podatke o ekonomsko demografskoj strukturi domaćinstava, na meteorološke podatke i podatke o prethodnoj potrošnji, za potrebe testiranja različitih metoda simulacije, neophodno je obezbediti odgovarajuću bazu podataka koja u sebi sadrži informacije koje bi zadovoljile različite tehnike simulacije potrošnje električne energije (tabela 1), tako da je baza podataka projektovana da može da prati razvoj simulatora.

Sa druge strane, za potrebe svih simulatora koji će se oslanjati na SIMEPS bazu, kao projektni zahtev javlja se zahtev za korišćenjem jednog zajedničkog korisničkog interfejsa za različite implementacije simulatora (slika 2). Međutim, kako je već napomenuto, ulazni i izlazni podaci iz simulatora mogu da budu veoma različiti po prirodi (tabela 1), čak i za jedan tip simulatora. Osim toga, grafički interfejs treba da posluži i za zadavanje parametara simulacije, koji su po prirodi promenljivi i zavise od tipa simulatora. Imajući ove zahteve u vidu,

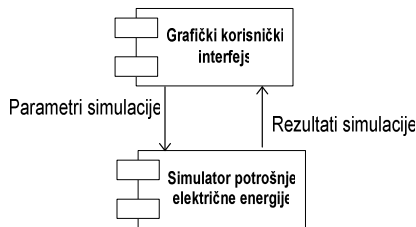
javlja se problem komunikacije između korisničkog interfejsa i različitih tipova simulatora potrošnje (slika 2).



Slika 2. Model simulacionog softvera SIMEPS

#### 4. KOMUNIKACIJA INTERFEJSA I SIMULATORA POTROŠNJE

Na slici 3 je dat šematski prikaz komunikacije korisničkog interfejsa i simulatora potrošnje.



Slika 3. Šematski prikaz komunikacije korisničkog interfejsa i simulatora potrošnje

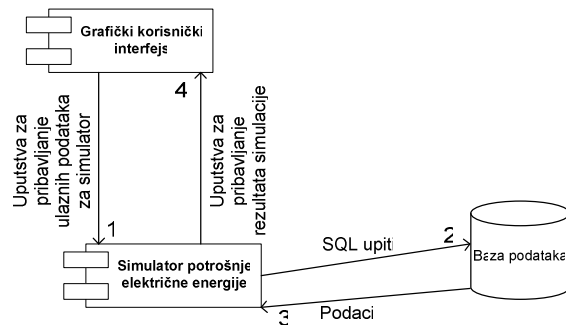
Komunikacija između korisničkog interfejsa i simulatora potrošnje električne energije je dvosmerna (slika 3). Simulator potrošnje električne energije zahteva veliki obim ulaznih podataka. Kao što je već ranije napomenuto, broj i priroda ovih podataka se razlikuju za pojedine tipove simulatora. Osim toga, ovde se kao parametri simulacije mogu javiti i podaci koji nisu strogo vezani za samu simulaciju, već su rezultat neke interakcije korisnika sa simulatorom (tabela 1).

Sa druge strane, simulator potrošnje električne energije obezbeđuje rezultate simulacije koje korisnički interfejs prikazuje u vidu tabela, grafika, ili kao skalarni rezultat. Kao što je prikazano u poglavlju 2, i izlazni rezultati simulacije potrošnje električne energije mogu da budu veoma raznovrsni po strukturi i načinu prikaza, iako im je smisao jedinstven.

Raznovrsnost i obim podataka u komunikaciji između korisničkog interfejsa i simulatora imaju uticaj na brzinu odziva aplikacije i na složenost implementacije jedinstvenog korisničkog interfejsa, što predstavlja problem za ispunjenje projektnih zahteva. Takođe, javlja se i problem ponovljivosti simulacije. Kako bi bilo moguće ponoviti simulaciju, sve podatke koje daje korisnički interfejs simulatoru, potrebno je zapamtiti u datoteci. Uzimajući u obzir obim podataka, prostor potreban za pamćenje ovakve datoteke je značajan. U cilju rešavanja problema komunikacije koji se javlja zbog obima i raznovrsnosti podataka, moguće je razviti posebne strukture podataka koje su sposobne za prenos bilo kakvih informacija između korisničkog interfejsa i simulatora potrošnje električne energije, bez obzira na

njihovu prirodu. Međutim, ovakva implementacija ne nudi fleksibilnost koja bi zadovoljila projektni zahtev za korisničkim interfejsom koji bi podržao više tipova simulatora. Čak i u slučaju poznatog metoda simulacije, veoma je teško projektovati interfejs i strukture podataka koje bi nosile sve neophodne informacije. Zbog toga je neophodno pribеći drugačijem rešenju.

Obzirom da se tokom celog evolutivnog puta SIMEPS simulator oslanja na jednu bazu podataka (slika 2), nameće se sledeće rešenje: simulatoru potrošnje električne energije ne treba dostaviti podatke, već mu treba dostaviti „uputstvo“ kako da te podatke pročita iz baze podataka. Isto tako, komunikaciju u smeru simulator-korisnički interfejs treba rešiti dostavljanjem „uputstva“ o načinu čitanja rezultata simulacije iz baze podataka. Ovim rešenjem se postiže da izmene u strukturi simulatora ne utiču na izmene u implementaciji korisničkog interfejsa, već samo dovode do promene u uputstvima koje korisnički interfejs dostavlja simulatoru, odnosno u uputstvima za čitanje rezultata simulacije (slika 4).



Slika 4. Tok podataka u programskom sistemu SIMEPS

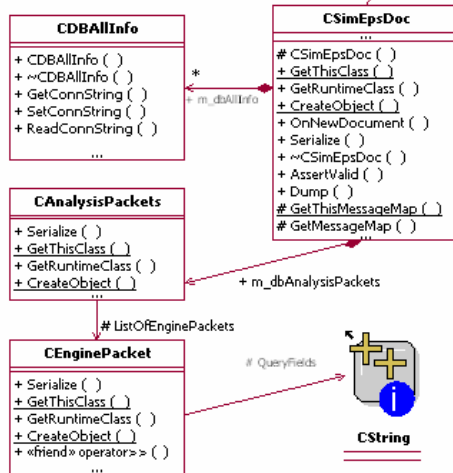
Na slici 4 je prikazan tok podataka u SIMEPS aplikaciji. Brojevima od 1 do 4 (slika 4) je označen redosled događaja u aplikaciji. Komunikacija označena događajima 1 i 4 (slika 4), odvija se slanjem uputstava za pribavljanje ulaznih podataka za simulator i uputstava za pribavljanje rezultata simulacije. Svako uputstvo, događaj 1, nosi informaciju o tipu simulatora koji obrađuje uputstvo i predstavljeno je odgovarajućim skupom SQL upita, koji se razmenjuju na relaciji korisnički interfejs-simulator (slika 4).

#### 5. IMPLEMENTACIJA MODELA PAKETA UPITA

Skup SQL upita koji u sebi sadrži dovoljno informacija za dobijanje odgovarajućih podataka iz baze podataka, predstavljen je jednim *Paketom* upita. Na slici 5 prikazan je UML model paketa upita.

Pri implementaciji korisničkog interfejsa, korišćeno je razvojno okruženje Microsoft Visual Studio. Aplikacija se oslanja na Document-View arhitekturu [5]. Dokument u modelu (*CSimEpsDoc*), slika 5, sadrži sa jedne strane informacije o bazi podataka (*CDBAllInfo*), a sa druge strane listu paketa upita (*CAnalysisPackets*). Informacije o bazi podataka sadrže sve podatke koji su neophodni aplikaciji da se poveže na određenu bazu. Svaki paket iz liste paketa upita poseduje informaciju o tipu paketa

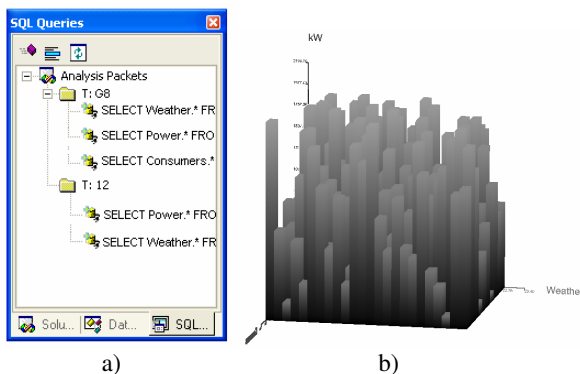
(uputstva) i listu SQL upita inkapsuliranih u *CEnginePacket* klasi. Svaki SQL upit je predstavljen stringom (slika 5). Korisnički interfejs, nakon zadavanja komande za pokretanje simulacije šalje jedan paket iz liste paketa upita simulatoru. Simulator na osnovu primljenog paketa čita iz dokumenta informacije potrebne za povezivanje na bazu i povezuje se na bazu. Kako tip paketa nosi informaciju o semantici liste SQL upita, simulator čita podatke iz baze podataka korišćenjem liste dobijenih SQL upita i u zavisnosti od tipa paketa formira odgovarajući model simulacije (poglavlje 2). Nakon formiranja modela simulacije, pokreće se simulacija.



Slika 5. Model paketa upita

Na kraju simulacije, pored rezultata simulacije, koje smešta u bazu podataka, simulator generiše i jedan paket (uputstvo) čiji model takođe odgovara strukturi sa slike 5. Na osnovu ovog paketa korisnički interfejs čita rezultate simulacije iz baze podataka i prikazuje rezultate na odgovarajući način.

Na slici 6a je prikazan deo korisničkog interfejsa aplikacije SIMEPS za manipulaciju paketima upita. dok je na slici 6b prikazan deo korisničkog interfejsa sa rezultatima dobijenim nakon završene simulacije.



Slika 6. Korisnički interfejs: a) Manipulacija paketima upita; b) Prikaz rezultata simulacije

Implementacijom informacija potrebnih za povezivanje na bazu i liste paketa u klasi dokumenta, slika 5, omogućeno je da sam dokument nosi informaciju o celoj analizi, tako da je podešavanja simulatora moguće identifikovati kao fajl. Fajl sa ovim podešavanjima ne sadrži veliki obim informacija, pa je memorija potrebna za pamćenje analize izuzetno mala.

## 6. ZAKLJUČAK

U ovom radu je predstavljen adaptivni korisnički interfejs za simulator potrošnje električne energije. Prikazani su reprezentativni modeli i parametri simulacije potrošnje električne energije. Predstavljen je model aplikacije SIMEPS. Dati su zahtevi za projektovanjem interfejsa i istaknut je problem projektovanja komunikacije između korisničkog interfejsa i simulatora potrošnje električne energije, uz poštovanje zahteva prilagodivosti interfejsa različitim simulatorima. Predloženo je rešenje komunikacije koje se ogleda u implementaciji paketa upita. Ovo rešenje omogućava upravljanje različitim tipovima simulatora kroz jedinstveni korisnički interfejs. Značajno je smanjen obim komunikacije između korisničkog interfejsa i samog simulatora, a samim tim i povećan kvalitet i udobnost koji interfejs pruža korisniku. Omogućeno je da sam dokument nosi informaciju o svim podešavanjima simulatora, tako da je podešavanja simulatora moguće identifikovati kao fajl. Ovaj fajl ne sadrži veliki obim informacija, pa je memorija potrebna za pamćenje analize mala.

## LITERATURA

- [1] D. Kolokotsa, K. Kalaitzakis, G. Stavrakakis, *Advanced artificial neural networks for short-term load forecasting*, Proceedings of the EREC Conference on Renewable Energy Sources for Island Tourism and Water, (Crete, Greece), 26-28 May 2003.
- [2] M. Bodil, N. Larsen and N. Runa, *How to quantify household electricity end-use consumption*, Discussion Papers No. 346, Statistics Norway, Research Department, March 2002.
- [3] M. Rasanen, J. Ruusunen and R.P. Hamalainen, *Customer level analysis of dynamic pricing experiments using consumption-pattern models*, Energy Vol. 20. No. 9, pp. 897-906, 1995.
- [4] M. Rasanen, J. Ruusunen and R.P. Hamalainen, *Identification of customers' price responses in the dynamic pricing of electricity*, Proceedings of the IEEE Conference on Systems, Man and Cybernetics, (Vancouver, Canada), October 1995.
- [5] H. Sarjoughian and R. Singh, *Building Simulation Modeling Environments Using Systems Theory and Software Architecture Principles*, Advanced Simulation Technology Symposium (ASTC), Washington DC, April 2004.