

**ДИНАМИЧКА ПРОМЈЕНА ПРОФИЛНЕ КОНФИГУРАЦИЈЕ У СИСТЕМУ ЗА
УПРАВЉАЊЕ ПАМЕТНИМ БРОЈИЛИМА****DYNAMIC CHANGE OF PROFILE CONFIGURATION IN SMART METER
MANAGEMENT SYSTEM**

Марина Бобар, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – Овај рад говори о изазовима обраде велике количине догађаја генерисаних на паметним бројилима приликом екстремних временских услова. Описане су предности паметних бројила као и сервиси који су од значаја за пренос информација са паметних бројила до система за управљање паметним бројилима. У раду је предложено софтверско рјешење за унапређење обраде догађаја.

Кључне речи: Паметна мрежа, Напредна мјерна инфраструктура, Паметна бројила, Систем за управљање паметним бројилима

Abstract – This paper addresses the challenges of processing the large amount of events generated on smart meters under extreme weather conditions. The advantages of smart meters and the services that are important for transferring information from smart meters to the smart meter management system are described. This paper proposes a software solution for enhancing event processing.

Keywords: Smart Grid, Advanced Metering Infrastructure, Smart Meter, Smart Meter Management System

1. УВОД

За несметано функционисање индустрије, транспортних, комуникационих, рачунарских система и других инфраструктура неопходно је непрекидно напајање електричном енергијом. Са развојем технологије повећава се и зависност модерног друштва од електричне енергије у свим аспектима живота. Због тога постоји потреба за ефикасним управљањем напајањем и снабдијевањем потрошача висококвалитетном и поузданом електричном енергијом. Прекиди у напајању електричном енергијом имају негативан утицај на квалитет живота, те имају значајне директне или индиректне економске посљедице. Пружање непрекидног, поузданог и квалитетног напајања електричном енергијом је комплексан задатак и у нормалним условима.

Током посљедње деценије дошло је до пораста броја елементарних непогода. Глобално загријавање се рефлектује повећаном фреквенцијом великих поплава, урагана, олуја. У зависности од јачине олује и количине начињене штете, прекиди у напајању могу

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Дарко Чапко, ванр. проф.

трајати неколико сати или чак неколико дана. Са дужином трајања прекида повећавају се и економски губици што даје већи значај брзој рестаурацији напајања електричном енергијом.

Паметна бројила помажу у смањењу ризика прије, током и након катастрофе истовремено постављајући темеље за снажнију, отпорнију енергетску будућност. Правилна и брза детекција испада је сложен процес и зависи од великог броја фактора. Један дио тог процеса представља начин на који се догађаји обрађују у систему за управљање паметним бројилима, а то је управо фокус овог мастер рада. У оквиру тог система постоји профилна конфигурација која дефинише на који начин и који догађаји ће се обрађивати. Тематика овог рада јесте реализација софтверског рјешења које ће омогућити аутоматску динамичку промјену профилне конфигурације.

2. ТЕОРИЈСКЕ ОСНОВЕ

Електроенергетски систем је систем у оквиру ког се изводе све електроенергетске трансформације из или у електричну енергију, њен пренос, дистрибуција и непосредна потрошња [1]. Електроенергетска мрежа представља мрежу струјних генератора, далековода, трансформатора и дистрибутивних система, а чији је циљ квалитетно снабдијевање крајњих корисника потребном количином електричне енергије уз минималне трошкове.

Паметна мрежа је модерна електроенергетска мрежа која пружа побољшану ефикасност, поузданост и сигурност, уз интеграцију обновљивих и алтернативних извора енергије, кроз аутоматизовану контролу и модерне комуникационе технологије [2].

2.1. Паметна бројила

Паметна бројила представљају посљедњи корак у еволуцији бројила. Повезана су са центром дистрибутивне компаније путем двосмјерне комуникационе везе преко које се могу преносити измјерене вриједности као и контролне поруке. Поред мјерења протока енергије, омогућавају размјењивање информација о потрошњи енергије између дистрибуција и потрошача [3]. Паметна бројила осим прикупљања и слања података омогућавају примање и извршавање команди даљинским путем (као што су укључење и искључење уређаја), као и аутоматско слање даљинских читавања, али такође и слања одговора на захтјев који пристиже са одговарајућег сервиса.

2.2. Напредна мјерна инфраструктура

Напредна мјерна инфраструктура (енг. *Advanced Metering Infrastructure – AMI*) је један од главних аспеката паметне мреже. Састоји се од напредних бројила или паметних бројила који прате, контролишу потрошњу енергије, и комуницирају у циљу оптимизације потрошње електричне енергије, као и система за управљање и складиштење података.

AMI је заправо систем који мјери, прикупља и анализира потрошњу енергије од напредних уређаја као што су паметна бројила, преко различитих комуникационих медија, на захтјев или периодично на основу унапред дефинисаног распореда. Омогућава аутоматско прикупљање велике количине корисничких и мрежних података на сигуран, поуздан и јефтин начин [4].

2.3. Систем за управљање паметним бројилима

Систем за управљање дистрибутивном мрежом надгледа сваку компоненту и извршава операције користећи динамичку процјену стања у реалном времену. Систем за управљање паметним бројилима (енг. *Smart Meter Management System – SMMS*) представља један од подсистема у оквиру система за управљање дистрибуцијом електричне енергије (енг. *Distribution Management Service – DMS*). С обзиром на то да паметна бројила генеришу велики број догађаја које је често тешко обрадити, SMMS има улогу филтрирања тих догађаја и смањења оптерећења осталих сервиса у оквиру DMS-а.

Процјена валидности догађаја обухвата провјеру исправности бројила са ког је догађај стигао, структуре поруке, старости догађаја и профилну валидацију. Довољно је да догађај не испуњава једно од правила да би се сматрао неисправним. Остали сервиси у оквиру DMS система се претплаћују на типове податка који су им од интереса. Приликом промјена SMMS обавјештава претплаћене сервисе о насталој промјени. То омогућава осталим сервисима као и клијентским апликацијама увид у промјену чим промјена настане. Сервиси добијају само информације на које су се преплатили што омогућава избегавање непотребног оптерећивања сервиса.

2.4. Догађаји у оквиру паметне мреже

Догађаји представљају информације које потичу са паметног бројила и индикатори су аномалија у мрежи. Састоји се од неколико атрибута, укључујући информације о извору, односно уређају са ког потиче, уређају који је одговоран за детекцију и комуникацију, врсти и типу догађаја. Врсте догађаја су: аларми, информације, грешке и упозорења. Тип догађаја даје информацију о томе на који процес се догађај односи.

2.5. Профилна конфигурација

Профил се може додијелити цијелој мрежи, региону, једној трансформаторској области или фидеру. Фидер је најмања јединица којој профил може бити додијелен. Фидер „пролази“ поред индивидуалних потрошача који се на њега прикључују, умјесто да се за сваки од њих успоставља сопствена електроенергетска веза са сабирницама.

Профили у оквиру система за управљање паметним бројилима дефинишу начин на који ће се догађаји обрађивати и филтрирати. Профили се могу креирати и додјељивати одређеним дијеловима мреже. Поред тога, омогућена је и промјена већ постојећих профила, како њихове конфигурације тако и могућности додјељивања другим дијеловима мреже. Профилна конфигурација дефинише који типови догађаја ће се обрађивати, а који занемарити, као и временски период чекања на догађај истог или супротног типа са истог паметног бројила.

3. ФОРМУЛАЦИЈА ПРОБЛЕМА

Са повећањем оптерећења, повећава се и број информација које пристижу са паметних бројила што може узроковати велико кашњење у комуникацији као и губитак података и довести до вишеструких грешака и погрешне координације заштите.

Профилна конфигурација у оквиру SMMS система има два подразумевана профила додијелена дијеловима мреже у зависности од временских услова, нормални и олујни. Нормални профил је подразумевани профил који је додијелен цијелој мрежи, чији се конфигурабилни параметри могу подешавати ручно од стране корисника. Конвенционално рјешење је имплементирано тако да када наступе временске непогоде, корисник ручно из клијентске апликације додјељује олујни профил дијелу мреже који је под утицајем невремена. Постављање активног профила зависи од корисника који управља клијентском апликацијом што може довести до људских грешака и има утицај на правовремену реакцију која може бити кључна у екстремним временским условима.

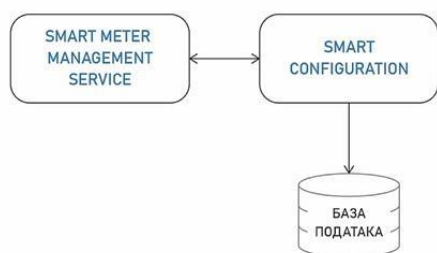
Сви дијелови мреже којима је додијелен олујни профил имају исте параметре по којима се обрађују догађаји пристигли са паметних бројила која се налазе у тим дијеловима. Међутим, поставља се питање да ли је то добра пракса с обзиром на то да различити фидери могу имати различите карактеристике. Фидери погођени олујом не морају бити на истој удаљености од система за управљање догађајима што доводи до тога да догађаји са различитих фидера могу имати различита времена кашњења. Такође, неки фидери имају већи значај од других, док неки генеришу много већи број догађаја од других у зависности од тежине испада.

Када се све претходно наведено узме у обзир долазимо до закључка да би једно од унапређења тренутног рјешења могло бити аутоматско креирање профила засебно за сваки фидер или за групу фидера са истим карактеристикама, које не зависи од корисника апликације. Сходно томе, једно од рјешења би било аутоматизовати систем тако да сам дође до сазнања да је дошло до временских неприлика на основу броја догађаја и времена кашњења, те сам генерише адекватан профил за фидер. На тај начин ће се догађаји са фидера обрађивати на њима одговарајући начин, односно у зависности од њихове фреквенности и кашњења.

Циљ овог рјешења јесте повећање исправности обраде података, смањење оптерећења сервиса који користе обрађене догађаје, као и смањење губитака и грешака приликом обраде. Овакво софтверско рјешење треба да обезбиједи правовремену реакцију на олују и смањи зависност обраде догађаја од корисника апликације.

4. ПРЕДЛОЖЕНО РЈЕШЕЊЕ

Софтверско рјешење описано у овом поглављу је реализовано помоћу *Microsoft Visual Studio 2015* развојног окружења у *C#* програмском језику. Основни циљ *SmartConfiguration* апликације јесте да на основу података пристиглих од система на који је повезана, односно SMMS-а, направи одговарајуће промјене које ће утицати на унапређење обрађивања догађаја са паметних бројила те самим тим довести до бољих перформанси система.



Слика 1. Архитектура предложеног рјешења

На Сlici 1 приказана је архитектура рјешења. Комуникација између апликације и SMMS је двосмјерна, гдје систем на сваких 60 секунди шаље информације које су од значаја за рад апликације. У обрнутом смјеру, апликација позива изложене методе SMMS-а које омогућавају манипулације над профилима и фидерима. Приликом креирања или ажурирања профила све настале промјене се смјештају у базу података, тако да увијек постоји могућност увида у постојеће профиле и њихове конфигурабилне параметре.

4.1. Опис рада апликације

Главна намјена апликације јесте да на детектовано „ненормално понашање” паметних бројила (када шаљу велики број догађаја) реагује динамичком промјеном профилне конфигурације у оквиру SMMS-а. Слједи анализа примљених информација и уколико се детектује да је на фидеру дошло до проблема, приступа се бази података и провјерава да ли за тај фидер већ постоји профил. Уколико не постоји, креира се нови профил. У профилу се између осталог подешава и који типови догађаја су дозвољени/забрањени чиме се дефинише њихов приоритет и смањује број догађаја.

Параметар профилне конфигурације који је од највећег значаја за апликацију је *stewing* период. Он представља период у ком се обрада паузира и догађај се привремено ставља у *stewing* табелу. Прије покретања *stewing* периода и смјештања у табелу, провјерава се да ли у њој већ постоји догађај супротног типа за исто паметно бројило (за догађај типа *POWER_DOWN* који представља нестанак напајања, супротан је *POWER_UP* односно повратак напајања). Подразумијевана вриједност *stewing* параметра јесте 30 секунди што значи да

уколико у том периоду не стигну два догађаја са истог бројила супротних типова оба се архивирају и њихова обрада се зауставља.

Проблем настаје приликом загушења комуникационих канала. Кашњење информација у току временских непогода, може узроковати да догађај не стигне на сервис за вријеме *stewing* периода иако је генерисан у том периоду што може довести до обрађивања оба догађаја супротног типа са истог бројила те самим тим повећати број обрађених и проследијених догађаја и оптеретити друге сервисе. Информација о просјечном кашњењу догађаја је значајна јер се то вријеме додаје на подразумевану иницијалну вриједност од 30 секунди. На тај начин се параметар *stewing* динамички мијења у зависности од тога колико догађаји касне.

Са повећањем/смањењем кашњења повећава/смањује се и *stewing* период. Овим се обезбјеђује да фидери са различитим временским кашњењем догађаја имају додијелене профиле са различитим конфигурацијама. Ако фидер већ садржи профил, његов *stewing* параметар се ажурира уколико се просјечно кашњење догађаја са тог фидера промијенило и слједи позив ка SMMS-у за ажурирање промијењеног профила. Након креирања профила позива се метода на SMMS-у којом се профил додјељује одговарајућем фидеру, а затим слједи још један позив ка сервису којим се мијења активни режим профила над тим фидером, односно умјесто нормалног новокреирани профил постаје активан. Када апликација установи да су непогоде прошле, након пет минута устаљеног нормалног режима фидеру поново се активира нормалан профил.

Развијањем *SmartConfiguration* апликације је обезбјеђена независност система од корисника и аутоматска реакција на промјене у пољу узроковане временским неприликама.

5. ТЕСТИРАЊЕ

Тестирања су вршена на рачунару (виртуелној машини) са процесором Intel i3-3210 CPU @ 3.20 GHz, и меморијом - 32 GB (18000 MB додијелено виртуелној машини). За потребе тестирања сматра се да је позната топологија мреже и узете су слједеће референтне вриједности гдје очекивано је да имамо 10 милиона паметних бројила у моделу мреже што је еквивалентно броју корисника. Нормалан режим рада представља генерисање 8-12 догађаја у секунди, док се у екстремним условима у просјеку генерише 90-120 догађаја.

Прво су приказани резултати симулације праве олује, односно невремена које траје дужи временски период. Сценарио који је тестиран обухвата симулацију 10 минута нормалног режима рада, након чега слједи 135 минута олујног, а по завршетку олује још 10 минута нормалног режима рада.

На основу графика са Сlike 2, гдје је зеленом бојом представљено оптерећење процесора када апликација није покренута, а плавом када јесте, долази се до закључка да је просјечно оптерећење процесора мање када је имплементирано рјешење покренуто.



Слика 2– Перформансе SMMS-а без и са покренутом апликацијом

Сљедећи сценарио тестирања укључује симулацију „лажних“ екстремних услова у трајању од 5 минута. Тестирано је и након колико времена од детекције абнормалног понашања би било најбоље да апликација реагује на промјене. Посматрано је реаговање апликације одмах и након 3 и 5 минута од детектовања проблема. Резултати су приказани у Табели 2, гдје параметар τ представља вријеме протекло од детекције невремена до реаговања на промјене.

Табела 1. Оптерећење процесора од стране SMMS система без покретања апликације као и за различите периоде реаговања.

τ [min]	avg CPU [%]
Без апликације	15,25
0	13,73
3	13,32
5	18,10

Као што се може видјети у Табели 1 разлике у оптерећењу процесора, са и без утицаја апликације на SMMS су мале и нису од великог значаја. Различити временски периоди дјеловања апликације након детекције проблема такође немају већи утицај на перформансе те се стога као крајње рјешење узима да апликација дјелује одмах по детекцији јер је за вријеме стварних временских непогода сваки минут од значаја.

6. ЗАКЉУЧАК

На основу тестирања перформанси посматраног система долазимо до закључка да имплементирано рјешење побољшава перформансе рада SMMS-а за вријеме стварних или лажних узбуна, а теоријски и осталих сервиса који користе обрађене догађаје, међутим, тестирање перформанси сервиса којима SMMS прослијеђује обрађене и филтриране податке излази из оквира теме овог рада.

Предложено рјешење се даље може проширити тако да се редукује број позива ка SMMS-у, што захтјева модификацију апликације али и самог система. Тренутно су потребна два позива, први за

креирање/ажурирање профила, а други за постављање активног профила што успорава рад и апликације као и SMMS - а. Креирање генеричке апликације, односно апликације која ће моћи да се повеже и са другим сервисима би био значајан напредак који би омогућио ширу примјену апликације. Још једно од унапређења би свакако било додавање нових стратегија за начин обрађивања података као и филтрирања у циљу повећања тачности и брже детекције испада.

7. ЛИТЕРАТУРА

- [1] др Владимир Ц. Стрезоски, „Основи електроенергетике”, Факултет техничких наука у Новом Саду, 2019.
- [2] Patrick McDaniel, Stephen McLaughlin, Security and Privacy Challenges in the Smart Grid, *IEEE Security & Privacy*, vol. 7, no. 3, pp. 75 – 77, 2009.
- [3] Qie Sun, Hailong Li, Zhanyu Ma, Chao Wang, Javier Campillo, Qi Zhang, Fredrik Wallin, Jun Guo, A Comprehensive Review of Smart Energy Meters in Intelligent Energy Networks, *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 3, no. 4, pp. 464 – 479, 2016.
- [4] Enrico Valigi, Eugenio Di Marino, Networks optimization with advanced meter infrastructure and smart meters, *CIREN – 20th International Conference on Electricity Distribution*, 2009.

Кратка биографија:



Марина Бобар рођена је 12.01.1996. године у Власеници, Република Српска. Основну и средњу школу је завршила у Власеници. Факултет техничких наука уписује 2014. године, а основне студије је завршила 2018. и исте године уписује мастер на смјеру Примењено софтверско инжењерство.