



НАМЕНСКИ ЈЕЗИК ЗА МОДЕЛОВАЊЕ РАЧУНАРСКИХ МРЕЖА И ГЕНЕРИСАЊЕ КОНФИГУРАЦИЈА SWITCH УРЕЂАЈА

A DOMAIN-SPECIFIC LANGUAGE FOR COMPUTER NETWORK MODELING AND GENERATION OF SWITCH CONFIGURATIONS

Јелена Јаковљевић, Факултет техничких наука, Нови Сад

Област – ЕЛЕКТРОТЕХНИКА И РАЧУНАРСТВО

Кратак садржај – У овом раду представљен је наменски језик за моделовање рачунарских мрежа и генератор за генерисање конфигурационих скрипти повезаних уређаја, где је посебна пажња посвећена switch уређајима. Описан је алат који се заснива на основном конфигурирању switch уређаја компаније Cisco. За развој коришћено је окружење EMF за креирање мета-модела и окружење Sirius за развој графичке синтаксе наменског језика.

Кључне речи: Наменски језици, развој софтвера вођен моделима, рачунарске мреже, switch уређај, детекција циклуса у графу

Abstract – In this work we present a domain-specific language for computer network modeling and a generator for generating configuration scripts for connected devices. The focus of this work is on switch devices. The developed tool is focused on the basic configuration of Cisco switch devices. The EMF environment was used for the creation of the meta-model while the Sirius environment was used for developing the graphical syntax of the domain-specific language.

Keywords: Domain-Specific Language, Model-Driven Software Development, Computer Networks, Network Switch, Cycle Detection in Graph

1. УВОД

Рачунарска мрежа је појам који се односи на рачунаре и друге уређаје који су међусобно повезани, кабловима или на други начин, у сврху међусобне комуникације и размене података. У зависности од географске области коју обухватају, рачунарске мреже се деле на локалне и глобалне. Рачунарску мрежу у локалној области, LAN (Local Area Network), чини група мрежних уређаја у истој области међусобно повезаних одговарајућим кабловима или бежичном везом. Тема овог рада јесу LAN мреже. Најчешће су то мреже које се користе у истој згради или комплексу зграда.

Како се рачунарска мрежна система развијају из дана у дан, постоји оправдана потреба за развојем алата за пројектовање и анализу мрежних система. Најбољи начин за представљање мрежних система јесте шематски приказ топологије рачунарских мрежа јер је

најразумљивији особама које раде са таквим системима. Зато се као логичан избор за моделовање рачунарских мрежа намеће графички наменски језик. Графички језик представља информације користећи просторни размештај графичких елемената. Визуелна нотација уводи графичке симболе за концепте моделовања тако што повезује концепте моделовања описане у мета-моделу тј. апстрактној синтакси, на њихову визуелну, конкретну представу.

Приликом пројектовања и подешавања рачунарских мрежа потребно је за сваки уређај подесити његове мрежне карактеристике. Што је рачунарска мрежа већа и садржи више повезаних уређаја, овај посао је сложенији. Ручно подешавање сваког појединачног уређаја је напорно и подложно грешкама. Стога би било пожељно у што већој мери аутоматизовати и олакшати описани процес. Аутоматизација процеса подешавања рачунарских мрежа представља и основну мотивацију за овај рад. Циљ је убрзати и поједноставити поступак подешавања рачунарских мрежа. Да би овај циљ био остварен потребно је развити графички наменски језик за моделовање конкретних рачунарских мрежа и генератор конфигурационих скрипти. Помоћу развијеног графичког наменског језика треба омогућити моделовање мрежних уређаја и веза између њих. Такође, потребно је развити и генератор који ће, на основу података из модела специфицираног помоћу наменског језика, генерисати конфигурационе скрипте, односно извршне текстуалне датотеке. Покретањем генерисаних скрипти на конкретним мрежним уређајима аутоматски би се подесиле њихове мрежне карактеристике.

2. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМА

У овом поглављу биће описани делови развијеног софтверског алата, као и генератор конфигурационих скрипти развијен на основу њега. На слици 1. приказана је архитектура развијеног софтверског алата.

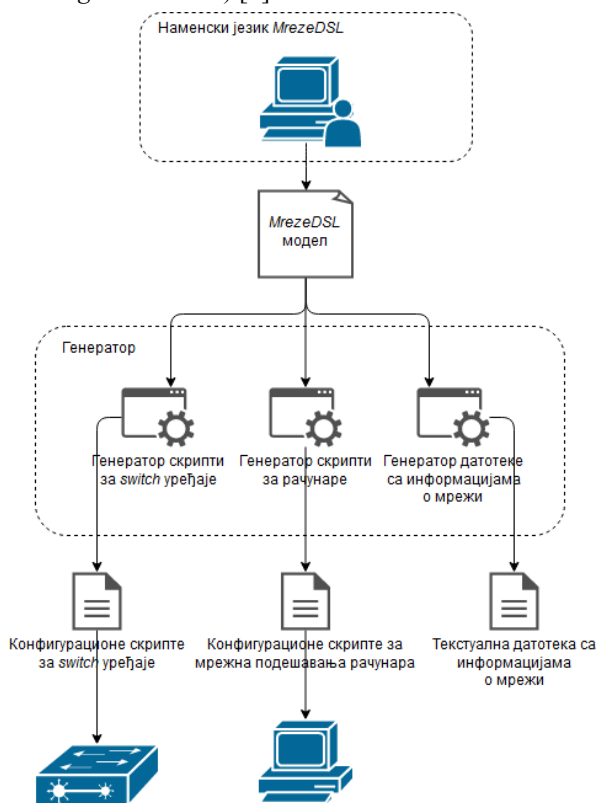
У оквиру овог рада развијен је графички наменски језик *MrezeDSL*. Помоћу графичког наменског језика *MrezeDSL* креира се *MrezeDSL* модел рачунарске мреже са жељеним изгледом и понашањем уређаја.

Графички наменски језик *MrezeDSL* развијен је у оквиру алата *Eclipse*. Имплементирани су алати за синтаксну и семантичку проверу модела, као ограничења дефинисана над мета-моделом. Мета-

НАПОМЕНА:

Овај рад проистекао је из мастер рада чији ментор је био др Иван Луковић, ред. проф.

модел који представља апстрактну синтаксу језика *MrezeDSL* имплементиран је у окружењу *EMF (Eclipse Modeling Framework)* [1].



Слика 1. Архитектура система

Конкретна синтакса имплементирана је у два облика, као текстуална и као графичка синтакса. Текстуални део конкретне синтаксе развијен је у алату *Xtext* [2], док је за графички део коришћено окружење *Sirius* [3].

У оквиру рада развијен је генератор за генерисање конфигурационих скрипти за одређене мрежне уређаје. Након креирања модела помоћу језика *MrezeDSL* корисник покреће генерисање конфигурационих скрипти. Генерисање скрипти представља *M2T (Model to Text)* трансформацију и своди се на трансформацију креираног модела рачунарске мреже у текстуалне датотеке.

Како је за један наменски језик могуће развити више различитих генератора, у раду су развијени генератор конфигурационих скрипти за *switch* уређаје, генератор скрипти за мрежна подешавања рачунара и генератор текстуалне датотеке са информацијама о рачунаској мрежи. Сви генератори кода написани су у програмском језику *Xtend* [4].

Покретањем скрипти на уређајима за које су предвиђене, уређајима се задаје жељена мрежна конфигурација без потребе за додатним подешавањима.

3. ЈЕЗИК ЗА ОПИС РАЧУНАРСКИХ МРЕЖА

Наменски језик поседује апстрактну и конкретну синтаксу. Апстрактна синтакса представља структуру и граматичка правила језика, док се конкретна синтакса бави нотацијом и репрезентацијом језика [5]. Апстрактна синтакса моделује концепте из домена на основу концепата мета-мета-модела. Избор нотације, конкретне синтаксе, прати актуелну презентацију

доменских концепата и идеално сваком концепту језика одговара једна репрезентација, као што је симбол. На основу развијене апстрактне синтаксе могуће је развити више конкретних синтакси различитих нотација. Приликом развоја конкретне синтаксе језика *MrezeDSL* коришћене су графичка и текстуална синтакса.

Концепти апстрактне синтаксе су:

- **Дијаграм** - представља коренски елемент мета-модела и одговара самом дијаграму који се креира;
- **Тип кабла** - дефинише тип кабла;
- **Атрибут** - дефинише додатне атрибуте за тип кабла;
- **Мрежа** - одговара рачунаској мрежи;
- **IP адреса** - одговара интернет адреси додељеној уређају или рачунаској мрежи;
- **Уређај на мрежи** - одговара уређајима који чине рачунарску мрежу;
- **Порт** - одговара порту уређаја на рачунаској мрежи;
- **Кабл** - одговара каблу који повезује уређаје на рачунаској мрежи;
- **OSI ниво два** - представља уређаје који припадају другом *OSI* нивоу;
- **OSI ниво три** - представља уређаје који припадају трећем *OSI* нивоу;
- **Hub** - представља уређај *hub*;
- **Switch** - представља подешавања која су заједничка за уређај *switch* другог и трећег *OSI* нивоа;
- **Switch2** - представља подешавања која су специфична за уређај *switch* другог *OSI* нивоа;
- **Switch3** - представља подешавања која су специфична за уређај *switch* трећег *OSI* нивоа;
- **WorkingStation** - представља уређај који је радна станица, односно персонални рачунар или нека врста сервера;
- **Рутер** - одговара уређају рутер;
- **Рутинг табела** - одговара рутинг табели одређених уређаја трећег *OSI* нивоа;
- **Рута** - одговара једном реду рутинг табеле;
- **VLAN** - представља *VLAN* подешавање *switch* уређаја.

Део конкретне синтаксе језика *MrezeDSL* који се односи на дефинисање типова каблова имплементиран је као текстуална конкретна синтакса. Тип кабла представља опис кабла и не приказује се посебно на дијаграму. Из тог разлога дефинисање типова каблова имплементирано је као текстуална синтакса. На слици 2. приказан је део конкретне текстуалне синтаксе којом су дефинисани типови каблова за пример *MrezeDSL* модела.

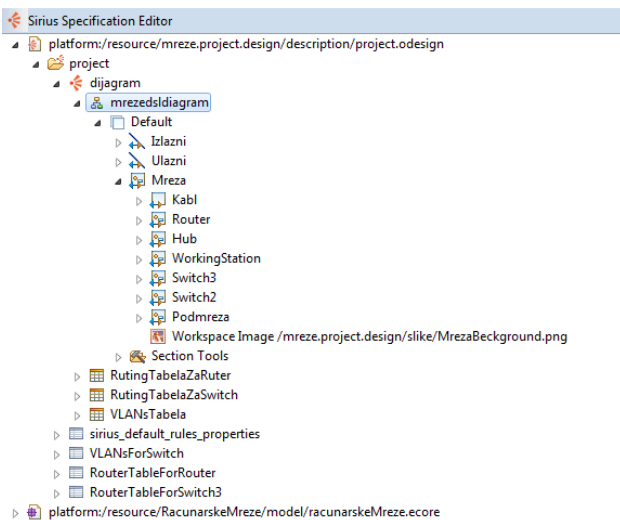
Алати за графичко моделовање углавном користе радну површину која омогућава позиционирање моделованих елемената у две димензије. Такав дијаграм репрезентује графички поглед на модел. Спецификација конкретне синтаксе наменског језика *MrezeDSL* приказан је на слици 3.

```

TipKabla {
  "crossover" {
    maxDuzina 100
    povezuje Iste
    PovezujePortove RJ_45
  },
  "straightthrough" {
    maxDuzina 100
    povezuje Razlicite
    PovezujePortove RJ_45
    atribut {
      {
        nazivAtributa "shielded"
        tipAtributa "boolean"
      }
    }
  },
  "koaksijalac" {
    povezuje Iste
    PovezujePortove koaksijalni
  },
  "opticki" {
    povezuje Iste
    PovezujePortove opticki
  }
}

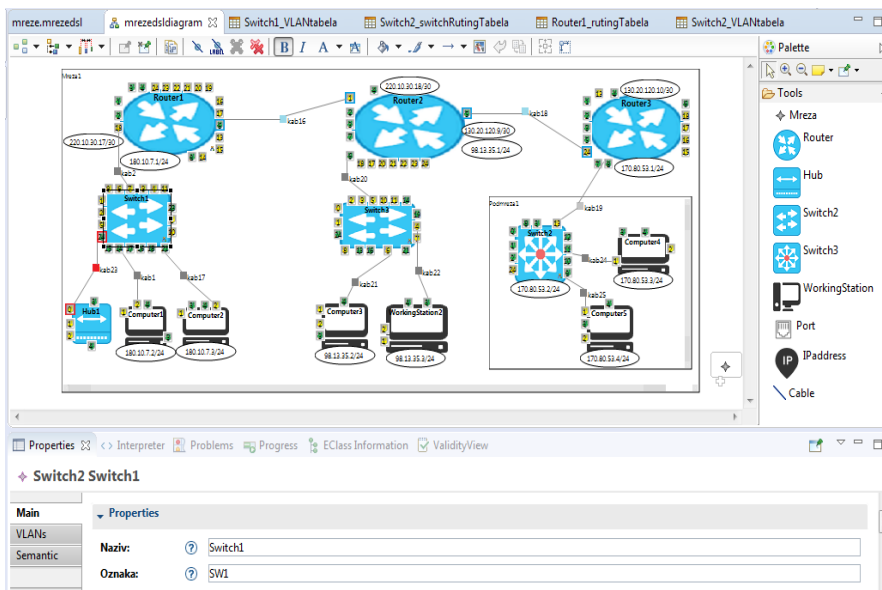
```

Слика 2. Конкретна текстуална синтакса



Слика 3. Спецификација графичке синтаксе наменског језика MrezeDSL

На слици 4. приказан је изглед радне површине креираног алата. Палета са алатима за креирање



Слика 4. Изглед радне површине креираног алата

елемената налази се са десне стране радне површине. У доњем делу радне површине налази се део за измену вредности атрибута селектованог елемента. Такође, креирани модел рачунарске мреже могуће је семантички валидирати по креирним доменским ограничењима.

Нека од креираних ограничења су ограничења јединствености назива мреже, јединствености ознаке каблова, уређаја на мрежи и IP адреса, као и ограничење да се само претходно слободни портови могу повезати каблом. Све интернет адресе у оквиру модела треба да буду задате у децималном запису. За уређаје на мрежи креирана су ограничења јединствених редних бројева портова.

Портови могу бити обележени само позитивним бројем, и само на портovima switch уређаја може бити дефинисано VLAN подешавање. Такође, постоји ограничење јединствености ознаке VLAN подешавања за сваки switch уређај. Кабл на основу свог дефинисаног типа кабла мора да повезује или уређаје истог или уређаје различитог OSI нивоа. Затим, кабл мора да повеже један улазни и један излазни порт и само врсту порта за коју је дефинисан по свом типу кабла.

У оквиру рада имплементирана је и детекција циклуса како би се могли уочити и отклонити потенцијални проблеми у рачунаској мрежи која има циклусе. За детекцију циклуса коришћена је претрага први у дубину, а модел рачунарске мреже је посматран као неусмерени граф.

Уређаји на рачунаској мрежи представљају чворове, а каблови везе између њих. Детекција циклуса имплементирана је у екстерној класи у програмском језику Java, а позива се из контекстног менија развијеног алата.

Резултат провере исписује се на дијалогу, уколико постоји пронађен циклус исписују се називи елемената сваког пронађеног циклуса.

4. ГЕНЕРАТОР КОНФИГУРАЦИОНИХ СКРИПТИ

За сваки *switch* уређај на мрежи генерише се скрипта као датотеке са *.cfg* и *.txt* екстензијама како би се подешавања могла покренути на више начина. Садржај скрипте представљају *Cisco IOS* команде којима се постиже жељено понашање уређаја задато у креираном моделу. Скрипте је довољно само покренути на правом *Cisco switch* уређају и подешавања ће бити учитана и сачувана. Тиме се уређај подешава онако како је означено у графичком алату, без потребе за познавањем самих команди и процеса конфигурације што у мноме олакшава цео процес. На слици 5. приказан је део генерисане конфигурационе скрипте за *switch* уређај.

Поред конфигурационих скрипти за *switch* уређаје генеришу се и скрипте са основним интернет подешавањем рачунара за сваки такав уређај на мрежи. У скрипти се подешава мрежни интерфејс уређаја, односно његова *IP* адреса и маска. На крају генерише се и сама спецификација рачунарске мреже као текстуална датотека. Она садржи податке о дефинисаној рачунарској мрежи као што су назив и адреса мреже, број уређаја, број каблова и листу уређаја на мрежи. У листи уређаја за сваки од њих пишу њихове карактеристике.

```
10 configure terminal
11
12 interface vlan 1
13 ip address 180.10.7.1 255.255.255.0
14 exit
15
16
17 vlan 5
18 name five
19
20 interface vlan 5
21 ip address 180.10.7.1 255.255.255.0
22 exit
23
24 spanning-tree vlan 5 priority 0
25
26 vlan 6
27 name six
28
29 interface vlan 6
30 ip address 180.10.7.1 255.255.255.0
31 exit
32
33 spanning-tree vlan 6 priority 0
34
35 no vlan 6
36 end
37
38 configure terminal
39 interface FastEthernet 0/8
40 switchport access vlan 5
41 end
42 configure terminal
43 interface FastEthernet 0/15
44 switchport access vlan 5
45 end
```

Слика 5. Део генерисане конфигурационе скрипте

5. ЗАКЉУЧАК

Приликом подешавања рачунарских мрежа за сваки уређај потребно је подесити његове карактеристике на мрежи. Повезивањем већег броја уређаја и проширивањем мреже конфигурирање рачунарске мреже постаје сложеније, а ручним конфигурирањем расте могућност појаве грешке.

На основу искуства стеченог током израде алата описаног у овом раду, закључује се да се за поједностављивање и аутоматизацију процеса

подешавања уређаја рачунарске мреже може користити графички наменски језик. На основу модела специфицираног помоћу наменског језика *MrezeDSL* генеришу се конфигурационе скрипте за подешавање мрежних карактеристика повезаних уређаја. Предност коришћења наменског језика представља и могућност укључивања доменских експерата у развој како би развијени алат био што прилагођенији стварној потреби корисника. Наменски језик уједно сакрива техничке детаље имплементације и омогућава корисницима, који не морају познавати конкретне наредбе уређаја, лако конфигурирање рачунарске мреже.

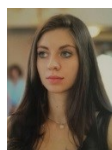
У овом раду описан је алат заснован на основном конфигурирању *switch* уређаја компаније *Cisco*. Да би описани алат доживео ширу практичну примену потребно је проширити мета-модел. Увођењем нових концепата и атрибута у мета-модел, била би омогућена потпуна конфигурација *switch* уређаја, али и уређаја трећег *OSI* нивоа, преваходно рутера. Такође, проширивањем мета-модела може се подржати концепт бежичне рачунарске мреже. На основу ових проширивања, поред имплементираних детекције циклуса у рачунарској мрежи, биле би омогућене и комплексније анализе мреже за којима постоји реална потреба. Проширивањем генератора скрипти било би могуће подржати и уређаје других произвођача мрежне опреме.

Пожељно би било имплементирати и додатне функционалности попут аутоматског задавања *IP* адреса повезаним уређајима на основу адресе мреже, као и проверу опсега адреса у локалном сегменту рачунарске мреже. Неопходно је подржати нову стандардну *IP* адресу верзије шест, наследника верзије четри, која решава проблем исцрпљености адреса претходне верзије. Такође, могла би бити подржана и функционалност аутоматског попуњавања рутинг табеле на основу моделованих веза између уређаја. Оваквим функционалностима поступак моделовања рачунарске мреже био би додатно убрзан.

6. ЛИТЕРАТУРА

- [1] Eclipse Modeling Framework, Доступно на: <https://eclipse.org/modeling/emf/>, август 2018.
- [2] Xtext, Доступно на: <https://www.eclipse.org/Xtext/>, август 2018.
- [3] Sirius, Доступно на: <https://www.eclipse.org/sirius/>, август 2018.
- [4] Xtend, Доступно на: <https://www.eclipse.org/xtend/>, август 2018.
- [5] M. Brambilla, J. Cabot, M. Wimmer: Model-Driven Software Engineering in Practice, Morgan & Claypool Publishers, 2012.

Кратка биографија:



Јелена Јаковљевић рођена је у Новом Саду 1992. године. Факултет техничких наука, одсек Рачунарство и аутоматика, уписала је 2011. године. Основне академске студије завршила је 2015. године.