

## ***AVTOMATIZACIJA IN OMREŽJA IKT NA OSNOVI TEHNOLOGIJE MATRIČJA V ELEKTROENERGETSKIH PODJETJIH***

Peter Ceferin, Igor Štih

Smart Com, d. o. o., Brnčičeva ulica 45, 1000 Ljubljana

[peter.ceferin@smart-com.si](mailto:peter.ceferin@smart-com.si) [igor.stih@smart-com.si](mailto:igor.stih@smart-com.si)

**Povzetek** – Razvoj informacijsko-komunikacijskih omrežij je tudi v elektrogospodarskih podjetjih dosegel visoko raven funkcionalnosti in storitev, ki jih lahko zagotavljajo različnim procesom in uporabnikom. Tako lahko danes zasledimo veliko raznolikost različnih tehnologij in mehanizmov, ki se v tovrstnih omrežjih uporabljajo. Segmentacija IKT omrežij na IT in OT omrežja je že dolgo prisotna. Vedno bolj se izvaja tudi segmentacija znotraj posameznih delov omrežij – IT, OT ter omrežij podatkovnih centrov. Ob vsem tem pa se zastavljajo vprašanja, kako obvladovati nastalo kompleksnost, ob zavedanju, da je obratovalno osebje ob porastu zahtev vedno bolj obremenjeno, tehnične ekipe v elektrogospodarskih podjetjih pa po številu ostajajo na tako rekoč enaki ravni že vrsto let. Drug pomemben element, ki ga je potrebno ves čas izpolnjevati, je zagotavljanje parametrov visoke razpoložljivosti v omrežjih in kibernetske varnosti, katera mora biti integrirana že na omrežni ravni, ter zagotavljanje storitev za širok nabor različnih uporabniških sistemov. S podobnimi dilemami se sooča celotna IKT industrija, zato se je kot odgovor na te izzive razvila tehnologija omrežij na osnovi t. i. matričja (ang. Fabric), ki v povezavi z gradniki avtomatizacije in upravljanja obratovalnemu osebju IKT omrežij omogoča učinkovito vodenje omrežij ob hkratnem povečevanju zahtev, ki se postavljajo pred sodobna IKT omrežja v elektrogospodarskih podjetjih. Članek podaja vlogo tehnologij matričja in avtomatizacije pri razvoju in načrtovanju sodobnih IKT omrežij v elektrogospodarskih podjetjih.

**Ključne besede:** telekomunikacijsko (TK) omrežje elektroenergetskega podjetja, Ethernet, tehnologija matričja, avtomatizacija, enostavnost in učinkovitost obratovanja, OT, IT

## ***AUTOMATION AND ICT NETWORKS BASED ON FABRIC TECHNOLOGY FOR POWER UTILITIES***

**Abstract** – The development of information and communication networks has also reached a high level of functionality and services in power utility companies, which they can provide to various processes and users. Thus, today we can find a great variety of different technologies and mechanisms used in such networks. Segmentation of ICT networks into IT and OT networks has been present for a long time. Segmentation within individual parts of networks - IT, OT, and data center networks is also increasingly being implemented. At the same time, questions are being asked on how to manage the resulting complexity, knowing that operating staff is increasingly burdened by higher and higher demands, and technical teams in electricity companies have remained at almost the same level for many years. Another important element that must be met at all times is to ensure the parameters of high availability in networks and cyber security, which must be ensured already at the network level, and finally - the provision of services for a wide range of different user systems. Similar dilemmas are faced by the entire ICT industry, so in response to these challenges, network technology based on Fabric has been introduced. Fabric technology in connection with the building blocks of automation and management systems for ICT networks allows efficient and simplified management of ICT networks while increasing the requirements for modern ICT networks in electricity companies. The article presents the role of fabric and automation technologies in the development and design of modern ICT networks in electricity companies.

**Keywords:** ICT network of power utility, Ethernet, Fabric technology, Automatization, Simplified and efficient network management, OT, IT

## 1 UVOD

Gradnja telekomunikacijskih (TK) omrežij v slovenskih elektrogospodarskih podjetjih (prenos, proizvodnja in elektrodistribucije) imajo že dolgo tradicijo, zato obstaja dolgoletna praksa, znanje in izkušnje tako na strani elektroenergetskih podjetij kot na strani specializiranih ponudnikov rešitev pri identifikaciji in kasnejši implementaciji najustreznejše tehnološke rešitve. Pa vendar se vsled hitrega razvoja tehnologij na eni strani ter širokega spektra tehnologij, ki so na voljo na konkurenčnem trgu, vedno znova postavlja vprašanje, katera tehnologija in rešitve na podlagi le-te so najprimernejše za konkretno situacijo. Področje tehnologij, s katerimi je možno vzpostaviti sodobno elektroenergetsko TK omrežje, je potrebno opazovati in presojeti z vidika zahtev, ki jih pred načrtovalce TK omrežij postavljajo uporabniki in naglo razvijajoče se področje različnih aplikacij in sistemov v pametnih omrežjih, avtomatizaciji distribucijskih sistemov (ang. DA – Distribution Automatization). Hkrati smo tudi priča povečevanju kompleksnosti vsled prepletanja različnih sistemov, kar je značilno tudi za TK omrežja. V preteklosti se je močno zasidrala tri-slojna arhitektura TK omrežij:

- Transportni sloj – le-ta zagotavlja povezljivost na ravni prenosnega medija med objekti TK omrežja ter prenosne kapacitete za sisteme višjih slojev, ki se lahko gnezdijo na enovit transportni sistem. Množično uporabljena tehnologija transportnega sloja elektroenergetskih sistemov, tudi slovenskih, je bila v preteklosti SDH (ang. Synchronous Digital Hierarchy), ki je poleg množičnosti (in s tem povezano stroškovno učinkovitostjo), zagotavlja visoko kakovost storitev, veliko razpoložljivost storitvam ter varnost. Poleg tega je bila ta tehnologija učinkovita in enostavna za obratovanje TK omrežij, kar je izredno pomembna ugotovitev, h kateri se bomo v članku vrnili kasneje.
- Podatkovni sloj – le ta zagotavlja storitve za povezovanje uporabniških sistemov, v preteklosti sistemov, ki so temeljili na TDM (ang. Time Division Multiplexing) tehnologiji, slovenska elektroenergetska podjetja pa so zaradi svoje naprednosti začela uvajati podatkovni sloj na podlagi Ethernet in IP tehnologij že precej zgodaj. Danes pa to predstavlja tudi v TK omrežjih elektroenergetskih podjetij *de facto* standard za podatkovni sloj. Običajno se podatkovni sloj z vidika arhitekture tudi deli na jedrni podatkovni sloj, agregacijski sloj ter dostopovni sloj. Ustrezna zasnova in uporaba posameznega sloja in povezovanje v celoto je odvisna od dimenzije omrežja, takšna segmentacija se uporablja zaradi preglednejšega in lažjega obvladovanja omrežja v času uporabe omrežja in morebitnih nadgradenj zaradi sprememb (predvsem povečevanja) uporabniških zahtev. Vedno večja stopnja digitalizacije v elektroenergetskih podjetjih ustvarja tudi vedno večje število podatkov, zato je postal pomemben del TK omrežij tudi segment podatkovnih centrov, kjer se uporablja najsodobnejše pristope za upravljanje aplikacij – virtualizacijo, ki je prinesla pomemben preskok pri razvoju in implementaciji vse večjega števila aplikacij – v IT segmentu poslovnih aplikacij, v OT (ang. Operational Technology) segmentu pa centrov vodenja, kot so npr. ADMS sistemi (ang. Advanced Distribution Management Systems), ki ležijo na virtualizirani strežniški infrastrukturi. Za podatkovni sloj se je uveljavil niz tehnologij, ki se uporabljajo, izstopajo predvsem tri: Ethernet z uporabo stikal, IP/MPLS, MPLS-TP.
- Uporabniški sloj- kjer se nahajajo različni podsistemi, ki se uporabljajo v elektroenergetskih omrežjih, kamor sodijo poslovni IT sistemi – poslovne aplikacije, telefonija, elektronska pošta ter t. i. OT sistemi – vodenje elektroenergetskega sistema, sistemi obratovalnih meritev, sistemi števnih meritev, sistemi zaščit in čedalje večje število naprednih aplikacij v pametnih omrežjih.

## 2 LASTNOSTI SODOBNIH TK OMREŽIJ ELEKTROENERGETSKIH PODJETIJ

Pomembna lastnost TK omrežij elektroenergetskih podjetij je ločevanje – segmentacija med poslovnimi IT in procesnimi OT omrežji. Načini ločevanja so različni, od gradnje fizično ločenih in tehnološko različnih TK omrežij do segmentacije in ločevanja na ravni različnih segmentov omrežja preko enovitega transportnega omrežja. Poglavitni vzrok za ločevanje omrežij tiči v zagotavljanju kibernetske varnosti, ki je za procesne OT sisteme ključnega pomena. Z vidika kibernetske varnosti je pomembno zavedanje, da prihaja do čedalje močnejšega povezovanja med IT in OT segmentoma, zaradi aplikacij, ki potrebujejo podatke iz enega in drugega segmenta. Zato lahko vztrajanje na zgolj fizičnem ločevanju (fizično ločeni IT in OT omrežji ali celo več ločenih omrežij), privede do zavajajoče situacije, ko smo prepričani, da je npr. OT segment, ki je fizično ločen in ni povezan z zunanjimi omrežji, odporen na kibernetska tveganja, pri tem pa zanemarimo uvajanje učinkovitih mehanizmov kibernetske varnosti že na omrežni TK ravni OT segmenta.

Pri načrtovanju TK omrežij v elektrogospodarstvu pa sta postala izrazito pomembna elementa tudi enostavnost in učinkovitost pri obvladovanju omrežja v fazi obratovanja, ob tem upoštevanju, da se uporabniške zahteve

zastrujejo, ravno tako ravni razpoložljivosti storitev in stopnji odpornosti na kibernetske grožnje. Administratorji TK omrežij so tako pred velikimi izzivi, kako zagotoviti vse te zahteve ob hkratnem zavedanju, da so strokovni kadri, ki zagotavljajo obratovanje TK omrežja in storitev glede števila omejeni ter da ne prihaja do širitev TK ekip v elektroenergetskih podjetjih.

Tehnološke rešitve, ki omogočijo učinkovito in enostavno upravljanje in obratovanje TK omrežja ob hkratnem zagotavljanju prožnosti in celovitega nabora za uporabniške storitve ter integracije mehanizmov kibernetske varnosti so se razvile na podlagi mehanizmov avtomatizacije in standardov. Saj za zagotavljanje kompatibilnosti med različnimi sistemi ne sme prihajati do uporabe proizvajalcem lastnih protokolov in nestandardnih rešitev, ki dražijo TK omrežja in otežujejo pogoje za učinkovito in enostavno obratovanje.

Pri načrtovanju TK omrežij v elektrogospodarskih sistemih je tako potrebno že v fazi zasnove imeti pred očmi pomembne lastnosti, ki se v svoji učinkovitosti, zanesljivosti in varnosti izkažejo v fazi obratovanja. Te lastnosti so:

1. Učinkovitost in enostavnost obratovanja, ki se izvaja preko vodenja TK omrežja in se odraža pri:
  - avtomatizaciji protokolov in postopkov v omrežju, kar se odraža v bistvenem povečanju hitrosti in zmanjšanju števila potrebnih operacij za vzpostavljanje ali prekonfiguracije storitev,
  - hitrosti in učinkovitosti pri diagnosticiranju in odpravi težav v TK omrežju,
  - konvergenci storitev v primeru avtomatskega preklopa na obhodno pot v primeru napak na prenosnem mediju (optična vlakna),
  - enostavnem vodenju topološko razvejanega omrežja s sistemi vodenja, ki temeljijo na intuitivnem grafičnem vmesniku – GUI (ang. Graphic User Interface), s katerim lahko upravlja majhna ekipa TK inženirjev, ki zagotavlja obratovanje sistema.
2. Kibernetska varnost na ravni omrežne arhitekture, ki se odraža pri:
  - hiper-segmentaciji omrežja, ki bistveno poveča odpornost omrežja proti kibernetskim grožnjam,
  - nevidnosti topologije omrežja in naprav uporabnikom in potencialnim napadalcem,
  - ločevanju uporabnikov v medsebojno ločene skupine, med katerimi ni možnih prehodov.
3. Prožnost omrežne arhitekture, ki se odraža pri:
  - visoki stopnji prilagodljivosti pri uvajanju storitev,
  - zagotavljanju vseh vrst storitev potrebnih v IT in OT omrežjih elektrogospodarstva: L1, L2, L3,
  - zagotavljanju in integraciji v enovito celoto vseh segmentov TK omrežja: jedro, agregacija, dostop in podatkovni centri.

Ena od tehnologij, ki sloni na visoki ravni avtomatizacije v sami omrežni arhitekturi, kar omogoča poenostavljeno in učinkovito obratovanje, temelji na metodah polja oz. matričja (ang. Fabric). Takšna tehnologija je primerna tudi za TK omrežja elektroenergetskih podjetij, v prvi vrsti za poslovne IT segmente, zaradi zanesljivosti, zrelosti, standardizacije in enostavnosti za obratovanje in pa tudi za OT segmente.

### 3 UPORABA TEHNOLOGIJE MATRIČJA

Tehnologija polja oz. matričja temelji na optimalnem skladu uporabljenih standardnih protokolov, kar zmanjšuje kompleksnost v omrežju in na široko uporabljeni Ethernet stikalni tehnologiji, ki se je močno uveljavila tudi v elektroenergetskih sistemih. V OT segmentih je tudi najpogosteje uporabljena tehnologija Ethernet, saj jo je moč zagotoviti z zanesljivimi in enostavnimi principi, ki jih omogočajo Ethernet stikala. Z zaostrovanjem zahtev pa pri klasičnem Ethernet omrežju prihaja do izraza nekaj pomanjkljivosti, ki jih bo potrebno v prihodnosti odpraviti predvsem z vidika varnosti in učinkovitosti ter prožnosti, saj je čedalje več potreb po multicast in L3 (IP VPN) storitvah, ki pa jih klasična Ethernet omrežja ne omogočajo v zadostni meri.

#### 3.1. Lastnosti vzpostavljanja storitev v TK omrežju na osnovi klasične Ethernet stikalne arhitekture

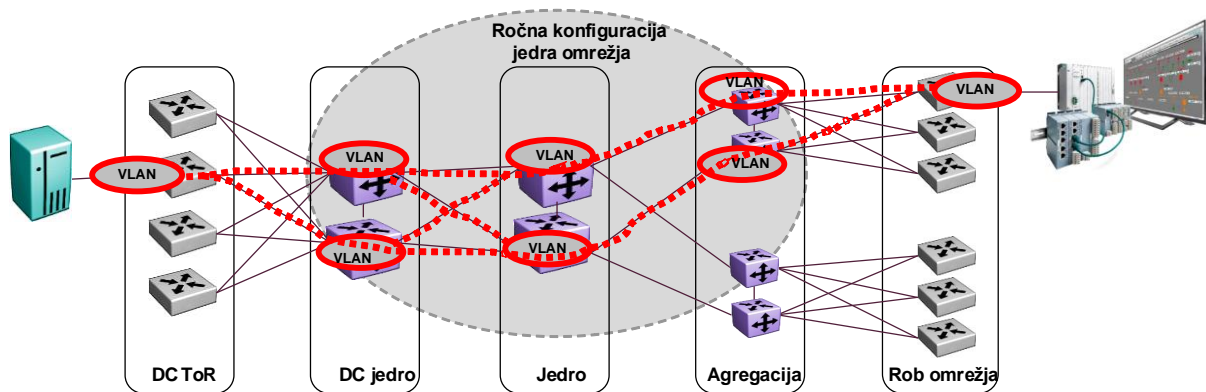
Za vzpostavitev storitve L2 (VLAN) v OT segmentu med oddaljenim procesnim sistemom na RTP postaji ter strežnikom v podatkovnem centru (centra vodenja) preko prostranega omrežja (WAN) je v klasičnih Ethernet omrežjih potrebno opraviti več korakov:

- vzpostaviti virtualno storitveno entiteto na oddaljeni lokaciji, kjer je na omrežje priključen procesni sistem, ter na točki priklopa strežnika v centru vodenja. Virtualni entiteti je potrebno nastaviti določene parametre, ki so unikatni za to storitev, ter določiti, kateri fizični priključki pripadajo tej storitvi,
- enak postopek in konfiguracije je potrebno ponoviti tudi na vseh elementih – stikalih, ki jih zahtevana storitev preči preko celotnega omrežja. To pomeni vzpostaviti virtualno entiteto, določiti ustrezne parametre ter ročno določiti fizične priključke, ki pripadajo tej storitvi. S tem je storitev vzpostavljena. Procesni sistem na oddaljeni lokaciji nato lahko preko vzpostavljene storitve izmenjuje podatke s strežnikom v centru vodenja.

S tem smo opravili šele polovico naloge, saj je zaradi zahtevane visoke razpoložljivosti v OT omrežju potrebno zagotoviti rezervno oz. obhodno pot v obroču za prej vzpostavljeno storitev, kar zahteva vsaj še naslednje korake:

- potrebno je ponoviti že opisano konfiguracijo storitve tudi na vseh ostalih elementih v omrežju, ki jih preči obhodna pot, ki bo zagotovila delovanje storitve v primeru napake na primarni povezavi,
- poleg tega pa je potrebno za vsako posamezno storitev ustrezno nastaviti tudi dodatni protokol, ki bo za samo preusmeritev prometa v primeru napake tudi poskrbel (STP, EAPS, ERPS (G.8032)...).

Po opravljenih korakih smo torej v omrežju vzpostavili visoko razpoložljivo telekomunikacijsko storitev, ki je namenjena procesnemu uporabniku. Ključna pomanjkljivost, ki se izkaže, je veliko število korakov in čas, ki je potreben za vzpostavitev, hkrati pa je v primeru diagnosticiranja potrebno poglobljeno poznavanje in več časa za odpravo napake. Število korakov je tudi odvisno od dimenzije omrežja oz. števila stikal, preko katerih storitev prehaja. Dodatno je potrebno upoštevati, da lahko pri izvajanju ročne konfiguracije, predvsem kadar se la-ta izvaja v jedru omrežja, pride tudi do napak, kar ima lahko za posledico motnje v delovanju omrežja. Izkušnje kažejo na precej pogost pojav, saj je človeška napaka pri konfiguraciji pogosto vzrok t. i. zank (ang. loop) v Ethernet omrežju. Primer vzpostavljanja visoko razpoložljive VLAN storitve v klasičnem Ethernet omrežju prikazuje Slika 1.



Slika 1: Visoko razpoložljiva storitev VLAN v Ethernet omrežju

### 3.2. Lastnosti vzpostavljanja storitev v TK omrežju na osnovi tehnologije matričja

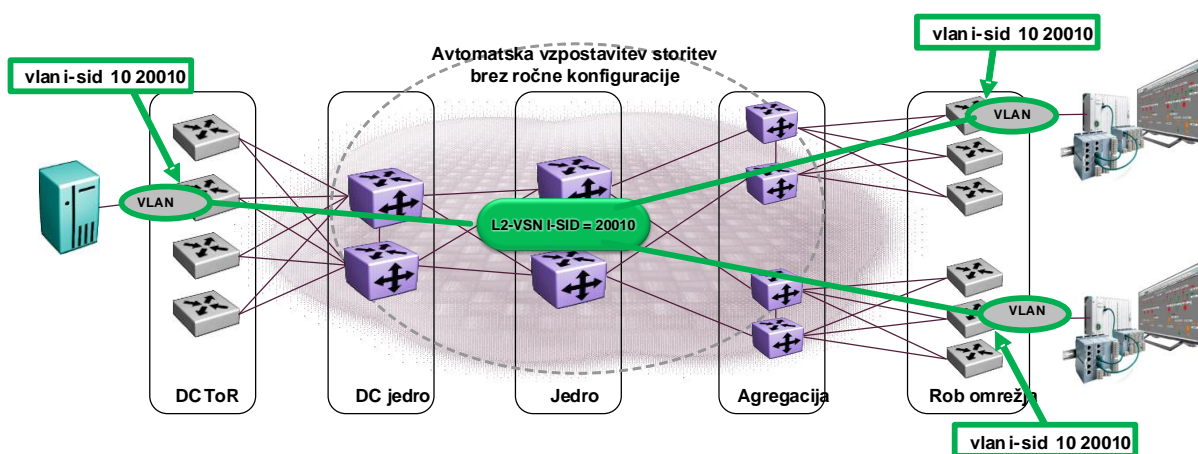
Z uporabo tehnologije polja oz. matričja za vzpostavitev in obratovanje enake storitve potrebujemo izvesti bistveno manj korakov, saj je vzpostavitev avtomatizirana in omogoča administratorju TK omrežja poenostavitev in posledično pohitritev operacij. S tem se poveča preglednost in učinkovitost ter zmanjša možnost napak praktično na ničelno raven, saj konfiguracije niso več podvržene človeškim napakam. Za vzpostavitev storitve VLAN v omrežju, ki temelji na tehnologiji polja oz. matričja je potrebno bistveno manj korakov:

- podobno kot v primeru klasičnega Ethernet omrežja je potrebno vzpostaviti virtualno storitveno entiteto na oddaljeni lokaciji, kjer je na omrežje priključen procesni sistem, ter na točki priklopa strežnika v centru

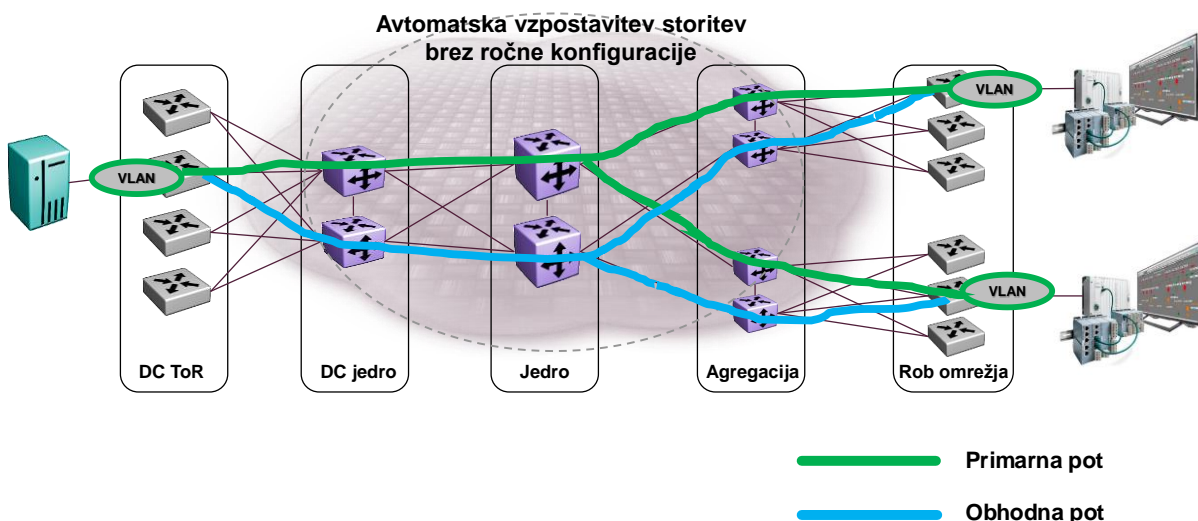
vođenja. Virtualni entiteti je potrebno nastaviti določene parametre, ki so unikatni za to storitev, ter določiti, kateri fizični priključki pripadajo tej storitvi.

- v nadaljevanju je potrebno na točkah priklopa sistemov na robu omrežja določiti le relacijo med ustvarjeno virtualno entiteto (VLAN) ter storitvenim identifikatorjem (i-SID), ki se uporablja v jedru omrežja matričja (npr. vlan i-sid 10 20010, kot je prikazano na sliki 2).

To pa je tudi vse, kar je potrebno izvesti administratorju TK omrežja avtomatizem kontrolne ravni matričja s standardiziranimi protokoli IS-IS (ang. Intermediate System to Intermediate System) in SPBM (ang. Shortest Path Bridging – MAC) poskrbi za avtomatsko vzpostavitev storitve i-SID preko jedra omrežja. S tem je zagotovljena veliko hitrejša vzpostavitev storitve, prav tako pa ob tem ne more priti do napake v konfiguraciji. Poleg tega omrežje matričja avtomatsko poskrbi tudi za vzpostavitev rezervne (obhodne) podatkovne povezave. V primeru, da sta primarna in rezervna pot enakovredni, lahko vključimo tudi mehanizem porazdeljevanja prometa ECMP (ang. Equal-cost multi-path routing), s čimer še povečamo izkoristek omrežja in tako se nadgradnje kapacitet lahko zamaknejo v prihodnost. Primer vzpostavljanja visoko razpoložljive VLAN storitve v Ethernet omrežju na osnovi tehnologije matričja prikazujeta Slika 2 in Slika 3.



Slika 2: VLAN v omrežju na osnovi tehnologije matričja – primarna pot



Slika 3: Visoko razpoložljiva storitev VLAN v omrežju na osnovi tehnologije matričja – avtomatska vzpostavitev obhodne poti

Ker je tehnologija matričja namenjena za širok spekter storitev, poleg L2 tudi L3, so principi vzpostavljanja storitev enaki za vse vrste storitev, kar še dodatno poveča enostavnost in učinkovitost obratovanja.

### 3.3. Tehnologija matričja

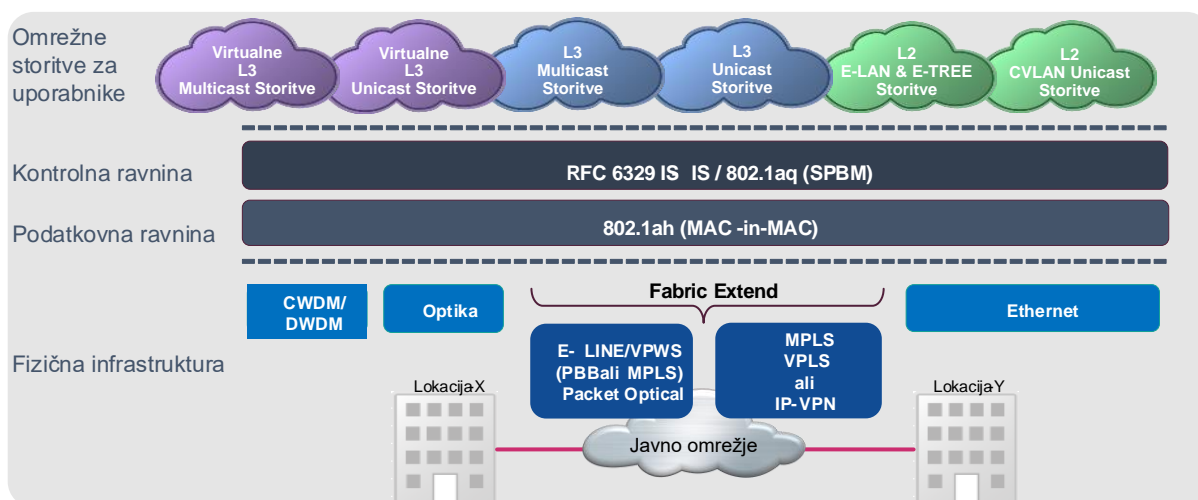
Ethernet tehnologija je v okolju elektroenergetskih podjetij dobro poznana in široko uporabljena. Omrežja tega tipa so enostavna za razumevanje, saj gre za enostavno posredovanje uporabniških Ethernet okvirjev preko omrežja. Vsako vozlišče v omrežju, preko katerega poteka podatkovna povezava, se na podlagi izvornega in ponornega MAC naslova odloči, na kateri izhodni vmesnik stikala bo Ethernet paket posredovan. Virtualno ločevanje uporabnikov se izvaja s preprostimi VLAN storitvami, ki so omejena na drugi sloj podatkovnega OSI modela.

Druga pogosto uporabljena tehnologija v TK omrežjih elektroenergetskih podjetij je tehnologija IP/MPLS. V tem primeru gre za zrelo ter široko uporabljeno tehnologijo. Prednost je vsekakor velika prožnost, ki jo ponuja, saj je tehnologija univerzalna za širok nabor storitev – L1, L2 in L3. Z mehanizmi virtualizacije pa se zagotavlja visoko stopnjo varnosti, saj so storitve medsebojno ločene in ni možno prehajati med njimi. Z uvedbo nekaj dodatnih protokolov sicer povečamo kompleksnost omrežja v fazi vzpostavitve spodaj ležečih kontrolnih protokolov, vendar pa smo z ločitvijo kontrolne in podatkovne ravnine veliko pridobili pri enostavnosti vzpostavitve storitev predvsem z vidika upravljalcev omrežja.

Omrežja na osnovi tehnologije matričja združujejo dobre lastnosti obeh opisanih tehnologij – Ethernet in IP/MPLS – enostavnost pri obratovanju, visoko razpoložljivost, varnost ter prožnost za vse vrste zahtevanih storitev. Ravno tako z ločitvijo kontrolne in podatkovne ravnine zagotovimo virtualizacijo in popolno ločitev fizičnega nivoja omrežja od storitvenega. Z uvedbo standardiziranih kontrolnih protokolov IS-IS ter SPBM, ki predstavljata osnovo omrežij matričja, pridobimo avtomatsko signalizacijo potrebnih parametrov preko celotnega omrežja, kar omogoča:

- avtomatizacijo pri vzpostavljanju storitev preko jedra omrežja,
- avtomatsko preusmeritev vsega uporabniškega prometa na rezervno pot v primeru napake na primarni povezavi, porazdeljevanje prometa preko več povezav med dvema lokacijama.

Slika 4 prikazuje ločitev posameznih ravnin – segmentov TK omrežja, ki je zgrajeno na osnovi tehnologije matričja.



Slika 4: Ločitev fizične infrastrukture, podatkovne ravnine, kontrolne ravnine in uporabniških storitev v tehnologiji matričja

Polno ločitev Ethernet paketov uporabniškega prometa v jedru omrežja na podatkovni ravnini dosežemo s standardnim protokolom ovijanja (enkapsulacijo) IEEE 802.1ah (MAC-in-MAC). S tem dosežemo več učinkov:

- popolno ločitev vseh uporabniških parametrov med seboj,
- vzpostavitev polnega tuneliranja prometa preko jedra omrežja, s čimer postane fizična infrastruktura omrežja uporabniku ali potencialnemu napadalcu popolnoma nevidna.

Z uporabo ustreznih sistemov vodenja omrežja nad omrežjem matričja poskrbimo tudi za avtomatsko manipulacijo storitev na robu omrežja. S tem je možno poleg avtomatske vzpostavitve storitve ob priklopu določenega uporabnika na omrežje uporabiti tudi mehanizem, ki storitev v primeru, ko se nek uporabnik izključi iz omrežja tudi avtomatsko izbriše. S tem se na robu omrežja poskrbi za znatno višji nivo varnosti, saj priključne točke nimajo vnaprej nastavljene nobene storitve, kar pomeni, da potencialni napadalec, ki bi se na tako točko nepooblaščno priključil, ne more vstopiti v TK omrežje.

#### **4 ZAKLJUČKI**

TK strokovnjaki, ki v elektroenergetskih podjetjih skrbijo za obratovanje TK omrežij, so čedalje bolj obremenjeni. Njihove ekipe pa se ne širijo, zato potrebujejo pristope in orodja, ki jim omogočijo opravljanje ključnih nalog v sklopu obratovanja TK omrežja hitreje in učinkoviteje ob dejstvu, da se zahteve uporabniških sistemov glede varnosti, zanesljivosti in prožnosti povečujejo. Tehnologija matričja, obravnavana v pričujočem članku, v veliki meri pripomore k razbremenitvi administratorjev in upravljalcev TK omrežij, hkrati pa ima vse lastnosti, ki jih narekujejo zahteve v TK omrežjih elektroenergetskih podjetij.

#### **REFERENCE**

- [1] ŠTIH I.: Tehnologija matričja v IKT omrežjih kritične infrastrukture, 23. Tehnološka konferenca Smart Com, Ljubljana, 2021.
- [2] CEFERIN P.: Omrežja za OT v elektroenergetskih sistemih – arhitekture in tehnologije, 21. Tehnološka konferenca Smart Com, Ljubljana, 2019.
- [3] EXTREME NETWORKS: Extreme Automated Campus, Extreme Validated Design, Version 1.1. 2019.