

Razvoj platforme za zagotavljanje množice telekomunikacijskih storitev v sistemih sinhrono digitalne hierarhije

Marko Vaupotič¹, Marinko Muščet¹, Andrej Žemva²

¹ Iskra Sistemi d.d., Stegne 21, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

² Univerza v Ljubljani, Fakulteta za elektrotehniko, Tržaška 25, SI-1000 Ljubljana, Slovenija

E-pošta: marko.vaupotic@iskrasistemi.si

Povzetek. V prispevku so prikazane smernice razvoja produktov nove generacije sinhrono digitalne hierarhije na področju dostopovnih sistemov. Omenjeni so protokoli, ki omogočajo preprosto in učinkovito integracijo paketno orientiranih podatkovnih tokov v prenosne sisteme, ki temeljijo na časovnem multipleksu.

V drugem delu članka smo predstavili razvoj izdelka MSPP in opisali arhitekturo strojne opreme centralne enote sistema ter predstavili hierarhijo programske opreme, vključno s prednostni vgrajene platforme Linux in drugimi odprtokodnimi programi.

Ključne besede: omrežni elementi prihodnje generacije, sinhrona digitalna hierarhija, platforma za zagotavljanje množice storitev, Ethernet prek SDH

Development of multi service provisioning platform in synchronous digital hierarchy systems

Extended abstract. This paper describes a development project whose goal was to design a new multi-service provisioning platform for SDH systems with integrated proprietary microwave line interfaces.

The next-generation network elements are a fairly new breed of network elements based on the standard SDH equipment such as add-drop multiplexers, terminal multiplexers, and digital cross-connectors.

Over the years, the expansion of packet-based data have made the producers add data-aware interfaces, such as Ethernet, SAN, DVB-SI and others, to the legacy equipment. A new type of products has been born.

Protocols that enable an easy and efficient integration of packet-based systems in the predominant TDM transport networks are Generic Framing Procedure (GFP), Virtual Concatenation (VCAT) and Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS).

The main part of the paper presents development of the MSPP and provides a further insight into the hardware subsystems of the central module, which in fact builds the main functionality of the whole system. Because of the cost and available resources related issues, we chose PM5337, an application specific integrated circuit, for the core of our MSPP system.

The paper also describes the implemented software

with an emphasis on open-source programs like embedded Linux for the operating system and Net-SNMP for management architecture. For the time being, SNMP is the most widely deployed and used protocol for network management. It allowed for integration of our products in a large network management system of the HP OpenView type. For the graphical user interface, we made use of the Java powerful features with which we were able to deploy the element management systems on a number of different host computers.

Another feature implemented in the system, which is currently getting acceptance by other network element manufacturers, is the use of the IP protocol in data communication channels within SDH regeneration and multiplexer sections.

Keywords: next generation network elements, synchronous digital hierarchy, multi service provisioning platform, Ethernet over SDH.

1 Uvod

Nekoč omejen na prenos govornih signalov po velikih razdaljah ima dandanes SDH pomembno vlogo v omrežjih ponudnikov telekomunikacijskih storitev. Omrežja SDH sedaj združujejo govorne, video in podatkovne storitve v enem samem robustnem transportnem mehanizmu, ki se razvija v smeri ponudbe

večje pasovne širine, fleksibilnosti, nadzorljivosti in učinkovitosti.

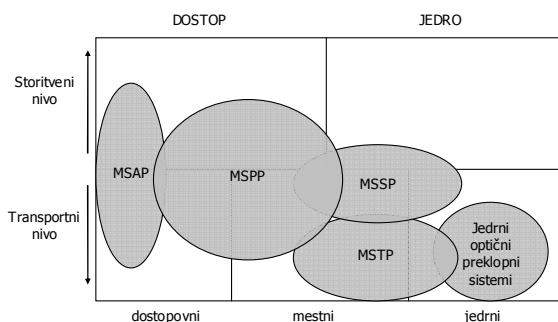
Nove tehnologije in proizvodi omogočajo ponudnikom telekomunikacijskih rešitev hiter odziv na spremembe zahtev po dodatnem prometu in storitvah v dostopovnih omrežjih, hkrati pa omogočajo zmanjševanje porabe energije, prostora in stroškov. Nove naprave, ki lahko zadovoljijo gornje zahteve, postajajo trenutni tržni trend. Platforme za zagotavljanje množice storitev (MSPP - Multi Service Provisioning Platform) so vmesni člen na poti med TDM in podatkovnim prenosom (IP). Omogočajo priključitve linijskih vmesnikov SDH hierarhije STM-1 do STM-16, vsebujejo multipleksorje za dodajanje in odvzemanje, digitalne prevezovalnike, nanje je mogoče priključiti razne tipe signalov PDH (E1 in E3), in to vse v enem samem kompaktnem ohišju.

Namen članka je prikaz razvoja nižnega proizvoda v sistemih SDH, cilj pa je predstavitev platforme za zagotavljanje množice storitev, ki je nov produkt v portfelju mešanih optičnih in radijskih točka-točka sistemov SDH.

2 SDH nove generacije

Z novimi storitvami in tehnologijami se spreminjajo tudi osnovni gradniki omrežja SDH. Tako multipleksorje z dodajanjem in odvzemanjem (ADM) počasi zamenjujejo platforme za zagotavljanje množice storitev (MSPP). V mestnih in jedrnih omrežjih se DWDM in 10-Gbit ADM združujeta v nov proizvod, imenovan platforma za prenos množice storitev (MSTP - MultiService Transport Platform). Tradicionalni digitalni prevezovalni sistem (DCC) se razvija v smeri platforme za preklapljanje množice storitev (MSSP - Multi Service Switch Platform), ključni kategoriji proizvodov, ki omogoča fleksibilno združevanje podatkov ter multipleksiranje in preklapljanje podatkovnih storitev (slika 1).

Ethernet prek SDH (EOS – Ethernet over SDH) je skupek novih industrijskih standardov, ki so bili narejeni za optimizacijo preslikave in kontrole prometa



Slika 1: Omrežni elementi nove generacije [7].
Figure 1. Next generation network elements [7].

Ethernet prek omrežja SDH. Ti novi standardi omogočajo s pomočjo mehanizmov za razvrščanje prometnega toka glede na prioriteto možnost delitve pasovne širine in izboljšano granulacijo pasovne širine mrežnim upravljavcem, da zgradijo omrežje, kjer bo preprosto dodajati nove storitve.

Navidezno združevanje (Virtual Concatenation - VCAT) daje mrežnim operaterjem večjo fleksibilnost pri odmerjanju pasovne širine posamezni storitvi oz. podatkovnemu kanalu, tako da omogočajo gradnjo zabojnikov oz. navidezno združenih skupin (Virtual Concatenation Groups). Ta metoda omogoča povezavo pritočnih kanalov (več VC-12 na nižjem nivoju ali več VC-3/VC-4 na višjem nivoju) v konglomerat z adaptivnimi parametri. Pri tem ni potrebno, da so ti pritočni kanali na kakršenkoli način omejeni ali da si morajo slediti v določenem zaporedju. Prav tako ni potrebe po točno določeni poti, po kateri prehajajo z enega na drug konec v omrežju. Mogoče je celo, da del pritočnih kanalov, ki so združeni v eno navidezno združeno skupino, prehaja po omrežju po popolnoma drugi poti kakor drugi kanali. Prednosti takšnega povezovanja so v tem, da lahko upravitelj omrežja prilagodi velikost zabojnika pasovni širini, ki jo potrebuje aplikacija oz. protokol uporabnika storitev, in tako močno poveča izkoristek omrežja. Z obstoječo tehnologijo mora upravitelj za prenos določene pasovne širine izbrati pritočno enoto z enako ali večjo pasovno širino, pri tem pa razlika ostane neizkoriščena [6].

Generični postopek uokvirjanja (GFP - Generic Framing Procedure) omogoča zelo učinkovito združevanje različnih vrst podatkovnih tokov v pakete za transport. GFP se ne zanaša na vstavljene podatke ali kontrolne bite kakor v 9B/10B ali 64B/66B kodiranju ali na označitenih zastavicah kakor pri protokolu HDLC. Poslužuje se namreč funkcije iskanja glave. Čeprav je ta način podoben ATM, pa obstaja pomembna razlika. Protokol GFP vsebuje v svoji glavi tudi informacijo o dolžini paketa, kar omogoča preprosto določanje konca paketa in začetek naslednjega. S takšno uporabo informacije o dolžini paketa se tako izognemo funkciji segmentacije in ponovnega združevanja paketov višjega nivoja, kot to počne ATM, saj lahko brez težav implementiramo oz. prenašamo uporabniške podatke spremenljivih paketnih dolžin. Kot rezultat je tudi »glava« protokola GFP relativno manjša kakor pri ATM [2,3].

GFP je ključni standard za prihodnost. Ne samo zaradi načinov izvedbe različnih tipov prometa, temveč tudi zato, ker je resnična konvergenčna točka med paketnim komutacijskim omrežjem ter prenosnim omrežjem s podporo neposredne preslikave MPLS v GFP.

Shema naravnavanja zmogljivosti povezave (LCAS - Link Capacity Adjustment Scheme) je signalni protokol, ki mogoča dodatne prednosti pri upravljanju in vzdrževanju paketnega prenosa podatkov prek sistema

SDH. LCAS omogoča dinamično spreminjanje pasovne širine zabojnika v navidezno združeni skupini. Najpomembnejša prednost LCAS pa je njegova možnost uravnavanja obremenitve za zaščito prenosa kateregakoli tipa paketnih podatkov v sistemu SDH [4].

3 Razvoj MSPP

3.1 Cilji in izbrana platforma

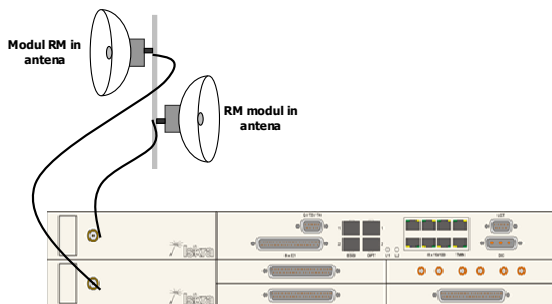
Za cilj smo si zadali izdelavo platforme za zagotavljanje množice storitev, ki je hkrati nov produkt v portfelju mešanih optičnih ter radijskih točka-točka sistemov SDH. Prav integracija radijskega vmesnika naredi napravo zelo atraktivno za kupce, saj večina proizvajalcev ponuja podobne sisteme kot dve ločeni enoti; mikrovalovno zvezo z regeneriranjem SDH in ločen produkt MSPP. Ta pristop naredi napravo kompleksnejšo in seveda dražjo.

V zasledovanju večje konkurenčne prednosti smo si zadali tudi naslednje naloge:

- izdelati kompaktno, modularno in fleksibilno napravo z možnostjo preproste razširitve njenih funkcij,
- zaradi trenda, kjer se v sodobnih telekomunikacijskih sistemih konstrukcije selijo v t.i. »kompakten razred« in kjer velike vstavke z vsemi mogočimi zaščitami počasi nadomeščajo »pizza box« variante sistemov, je potrebna izvedba naprave v 19" ohišju,
- maksimalna mogoča programska nastavljivost operativnih parametrov ter nadgradnje obratujočega sistema,
- izvedba naprave za dve različni napajalni napetosti, ki sta najbolj razširjeni med različnimi tipi uporabnikov (+24V, -48V) in
- preprosta montaža in upravljanje naprave.

Mudularnost prikazuje slika 2. Sistem je zgrajen iz štirih osnovnih funkcionalnih sklopov.

Modul RF, ki določa frekvenčno področje delovanja, tvori skupaj z anteno zunanjo enoto, ki je z notranjo enoto povezana prek koaksialnega kabla. Tukaj se v oddaji izvede frekvenčna pretvorba signala navzgor z območja IF na nosilno frekvenco v območje RF in



Slika 2: Prikaz modularnosti naprave za sistem 1+1 oz. 2+0.
Figure 2. Modules used in system for 1+1 or 2+0 configuration.

oddaja radijskega signala prek antene in nasprotno v sprejemu.

Notranji del naprave sestavljajo centralni modul, pritočni moduli in radijski modemiški modul. Slednji je povezovalni člen med centralnim modulom in modulom RF. Združuje oddajno in sprejemno verigo podatkovnega prenosa in je vmesna stopnja med digitalnima podatkovnima tokovoma v osnovnem pasu in frekvenčno prestavljenima analognima signaloma v medfrekvenčnem območju. Njegova naloga je, da na podatkovnem toku, sprejetem iz centralnega modula, izvede zaščitno kodiranje, modulacijo QAM in frekvenčno prestavi podatkovni prenos v območje IF. V sprejemu pa se analogni signal z območja IF pretvori v digitalni podatkovni tok v osnovnem pasu. Ta del sistema vsebuje funkcionalnosti, ki dajejo napravi lastnosti programirljivega radia (SDR – Software Defined Radio). To sta predvsem možnosti spreminjanja modulacijske sheme prenosa in pasovne širine radijskega kanala.

Pritočni moduli, ki so na napravi lahko največ štirje, so namenjeni za razširitev uporabniških vmesnikov, če nastanejo dodatne potrebe. Mogoče jih je zamenjati brez potrebe po zaustavitvi sistema in brez prekinitve prometa na drugih aktivnih uporabniških kanalih. Koncept strojne arhitekture centralnega sklopa sistema je zasnovan tako, da je mogoča preprosta realizacija tudi drugih tipov pritočnih modulov, če se v prihodnosti za to pokaže potreba.

Centralni modul je osnovni gradnik platforme MSPP. Obratuje lahko tudi popolnoma samostojno brez radijskega dela in ima funkcijo upravljanja celotnega sistema. Tako integriran procesor izvaja poleg krmiljenja integriranih vezij na samem modulu tudi komunikacijo z drugimi moduli znotraj naprave.

Kot večina izdelovalcev ciljne opreme smo bili tudi mi na začetku razvojnega cikla postavljeni pred dejstvo, ki ga že nekaj časa narekuje globalni trg. To sta s stališča ponudnikov telekomunikacijskih storitev zahteva po zmanjšanju naložb in znižanje stroškov obratovanja. Prav slednji, ki zajemajo zakup lokacij, administracijo, nadzor in upravljanje omrežja, nadgradnjo programske opreme itd., so tisti, ki dolgoročno predstavljajo večji del stroškov za lastnike telekomunikacijske opreme. Na vse parametre v tej skupini s končnim proizvodom nismo imeli vpliva, smo si pa zadali cilj, da izdelamo nadzorni sistem, ki bo dovolj preprost, da bo uporabniku omogočal hitro in zanesljivo konfiguracijo, a bo kljub temu dovolj kompleksen, da bo lahko predstavil čim več informacij v primeru napak oz. izpadov zveze.

Vse te usmeritve, predvsem znižanje osnovne cene ciljnega proizvoda, v določeni meri nasprotujejo funkcionalnosti, ki smo jo hoteli integrirati v produkt. Trendi pri podobnih sistemih so namreč usmerjeni v povečanje prenosa podatkov glede na govor, povečanje prenosnih zmogljivosti naprav in ponudbo večjega

števila različnih aplikacij ob zagotovitvi boljše kakovosti storitev. Na tehnološkem področju pomeni to povečano kompleksnost in prilagodljivost procesnih algoritmov, kar pa vodi v eksponentno povečanje zahtev po procesni moči, fleksibilnosti procesnih sistemov in posledično do večjih stroškov. Uravnoteženost med funkcionalnostjo in ceno izdelka je bila tako v fazi načrtovanja produkta ključnega pomena.

Predvsem zaradi integriranosti velikega števila funkcionalnosti in perifernih naprav na eni sami silicijevi rezini, kar posledično omogoča zniževanje stroškov proizvodnje in porabe energije, smo se odločili, da za jedro sistema uporabimo namensko integrirano vezje.

3.2 Arhitektura strojne opreme

Osnovni element, okoli katerega je postavljen celoten sistem, je vezje PM5337. Na linijski strani je prek linijske vmesniške enote nanj vezanih 8 signalnih linij E1. Za podatkovni uporabniški promet imamo 8 priključkov SS-SMII do preklopnega vezja Ethernet ter vmesnik GMII do vezja Gigabit Ethernet za dostop do fizičnega nivoja (PHY). DDR RAM se uporablja kot vmesni pomnilnik v primeru navideznega združevanja navidezni vsebnikov pri preslikavi podatkovnega uporabniškega toka Ethernet v arhitekturo SDH.

Ohišja SFP nam dajejo na linijski strani SDH možnost priključitve tako optičnih kakor tudi električnih vmesnikov. Enake priključke uporabljamo tudi za razširitev sistema z vmesniki ESSI.

Za nadzor in upravljanje skrbi mikroprocesor PXA255 podjetja Intel. To je 32-bitni procesor, zasnovan na arhitekturi XScale/ARM in deluje pri taktu 400MHz. Nanj je pripetih še 64 MB pomnilnika SDRAM ter 32 MB Flash.

Napajalni del je razvit za t.i. široko napetostno območje, tako da zadovolji uporabljene napajalne napetosti, ki so standardizirane v telekomunikacijskih sistemih (-48V), ter tudi tiste, ki nastajajo v novejših baznih postajah (+24V).

3.3 Nadzor in upravljanje naprave

Sistem nadzora in upravljanja naprave je zgrajen okoli arhitekture vgrajene platforme Linux z jedrom 2.4.19, ki je prirejen za ciljni mikroprocesor.

Nad tem nivojem operacijskega sistema so gonilniki za druge strojne dele sistema.

Dobršen del systemske programske opreme je namenjen tudi za zbiranje statistike o napakah in zmogljivosti (Fault Management and Performance Monitoring). Ti dve funkcionalnosti sta poleg same konfiguracije naprave s stališča končnega uporabnika najpomembnejša elementa za učinkovito upravljanje omrežja SDH. Omogočata namreč natančno analizo napak in posledično tudi njihovo hitro odpravljanje.

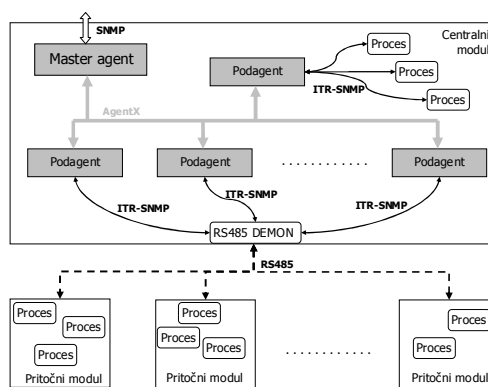
Pri osnovnem konceptu nadzora smo se odločili za preprost protokol za upravljanje omrežja (SNMP - Simple Network Management Protocol).

Čeprav to ni pogoj, se večinoma za omrežni protokol v primeru SNMP uporablja IP. Ker je na centralnem modulu procesor, kjer teče Linux, je torej IP in transportni nivo UDP, ki se ga poslužuje SNMP, pravzaprav praktično že del operacijskega sistema. Če smo si za OS izbrali odprto kodno različico, smo to nadaljevali tudi pri izbiri programske opreme za agenta SNMP.

Net-SNMP je namreč skupek orodij za okolje SNMP. Poleg agenta vsebuje še razne knjižnice SNMP, orodja za obdelavo pasti (trap), orodja za nastavljanje oz. branje informacij z agentov SNMP itd.

Zaradi možnosti razširitve upravljanja mrežnih elementov in dodatne zahteve po stabilnosti smo se znotraj Net-SNMP odločili za uporabo arhitekture AgentX. AgentX (Agent eXtensibility) je standardiziran protokol, ki omogoča dinamično prilagajanje objektov, ki jih upravljamo na posameznem vozlišču. Protokol omogoča, da imamo samo enega glavnega agenta z množico t.i. podagentov, ki se lahko povežejo ter registrirajo posamezne objekte, ne da bi bilo zato treba prekiniti nadzorni proces. To naredi sistem fleksibilen in hkrati omogoča preprostejšo in z vidika razvojnega procesa tudi bolj strukturirano izvedbo funkcij za nadzor posameznih objektov.

Master agent komunicira s podagenti prek protokola TCP in razume tako AgentX kot ukaze SNMP. Odgovoren je za vzdrževanje tabele, ki določa kateri podagent je odgovoren za določeno območje znotraj drevesa MIB. Ko centralni modul dobi zahtevo prek SNMP, master agent pošlje sporočilo po protokolu AgentX točno določenemu podagentu, le-ta pa procesu,



Slika 3: Funkcijski prikaz interne komunikacijske sheme
Figure 3 Functional view of internal communication scheme.

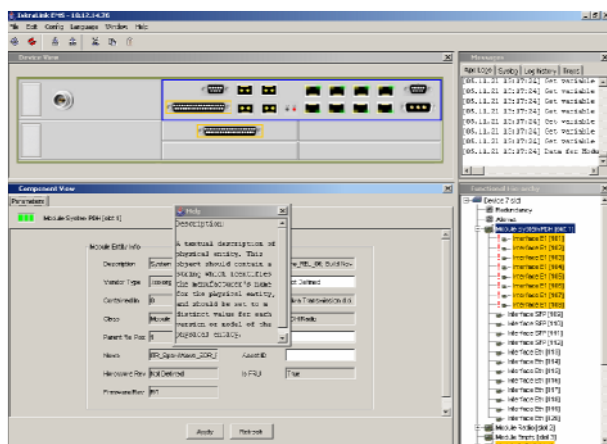
ki je odgovoren za določeno funkcionalnost (slika 3). Tej poti se, kadar so nadzorne zahteve namenjene pritočnim modulom, doda še odsek, kjer podatki potujejo prek vodila RS485, ki povezuje centralni modul s pritočnimi. Na vodilu je komunikacija tipa

točka–več točk z maksimalno hitrostjo prenosa do 1 Mb/s. Deluje v polovičnem duplex načinu in konfiguraciji nadrejeni-podrejeni.

Pritočni moduli imajo namreč to lastnost, da se lahko poljubno vključijo v sistem. Za minimizacijo uporabljenih sredstev (predvsem spomina) na procesorju se podagenti za module »plug-in« dinamično naložijo takrat, ko takšen modul vtaknemo v vstavek in deaktivirajo, ko modul iz vstavka izvlečemo.

Za končnega uporabnika je s stališča nadzora najpomembnejši človeški upravljalški vmesnik. Pri izvedbi sistema IskraLink za upravljanje elementa smo se poslužili tehnologije Java, predvsem zaradi zelo »visokega nivoja« programiranja zahtevnih grafičnih objektov in neodvisnosti platforme na kateri se bo aplikacija zaganjala. Uporabniški vmesnik ponuja poleg osnovne konfiguracije naprave dodatno možnost nadzora napak, statistike in zgodovine (slika 4).

V bližnji prihodnosti načrtujemo tudi razvoj sistema za upravljanje omrežja (NMS – Network Management System), kjer bo lahko uporabnik z enim programom nadzoroval celo omrežje naprav. Z javno dostopno bazo podatkov MIB pa je mogoče kupcem že danes ponuditi tudi takšno rešitev. Tehnologija SNMP namreč omogoča zelo preprosto integracijo lastnih produktov v



Slika 4: Grafični vmesnik.

Figure 4. Graphical user interface.

krovne upravljalške sisteme, kot je npr. HP OpenView.

Zanimiva posebnost je tudi rešitev shranjevanja aplikacije Java. Ta se namreč nahaja kar na sami napravi. Spletni strežnik, ki je nameščen na mrežnem elementu, omogoča nalaganje aplikacije na gostiteljev računalnik kar prek spletnega brskalnika.

Grafično okolje pa ni edini že nameščen sistem za nadzor naprave. Razna orodja, ki so del NET-SNMP, omogočajo izvrševanje ukazov SNMP kar iz ukazne vrstice tekstovnega vmesnika, ki je del seje Telnet ali pa serijske konzole (RS232).

Obratovanje, administriranje in vzdrževanje naprave so zelo pomembne funkcije, za katere pa je nadvse pomembna struktura omrežja upravljanja. Ker je dandanes prevladujoč omrežni protokol IP, smo se tudi

mi odločili, da ta robusten protokol postane osnovni gradnik lastne upravljalške mreže.

Vsako napravo lahko tako predstavimo kot omrežni element z enim ali več omrežnimi vmesniki. Modul CMADM, ki je srce platforme MSPP, jih ima kar tri. Eden je Ethernet, preostala dva pa sta sinhrona serijska kanala na linijskih vmesnikih SDH. Slednja za svoje delovanje uporabljata zloge podatkovnega komunikacijskega kanala (DCC - Data Communication Channel) znotraj okvirja SDH. Uporabnik ima možnost izbire zlogov DCC regeneratorske sekcije (RSOH), pri čemer je hitrost omejena na 192 kbit/s ter zloge DCC multipleksne sekcije (MSOH), kjer je hitrost nadzornih podatkov 576 kbit/s. Pri uporabi zlogov v obeh sekcijah dobimo tako skupno hitrost 768 kbit/s.

Čprav je ITU-T ob standardizaciji sistema SDH za protokol znotraj kanalov DCC določil model medsebojnega povezovanja odprtih sistemov (OSI - Open Systems Interconnection), pa danes čedalje več ponudnikov opreme SDH v nadzorna omrežja vgrajuje IP. Razlogov za to je več in na prvem mestu je vsekakor uporabnost. TCP/IP je v omrežjih za podatkovne komunikacije (DCN – Data Communication Network) trenutno najbolj razširjen protokol. Posluhuje se ga tudi večina nadzornih sistemov. Pri uporabi protokola, ki temelji na modelu OSI, znotraj kanalov DCC bi za to potrebovali posredovalno (mediation) napravo, ki bi pretvorila sklad IP v OSI in nasprotno. Dodatni stroški bi nastali tudi pri reševanju problemov zaradi povečanja procesorske moči in spomina, ki ga potrebuje tak sklad.

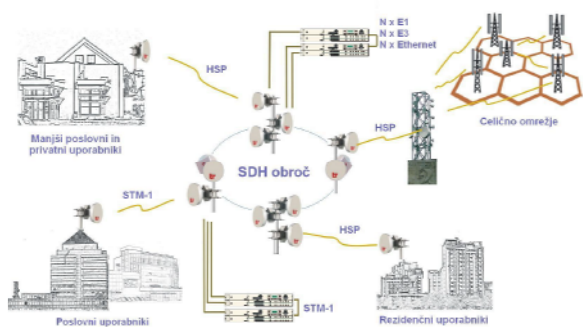
Na drugi strani že imamo sklad IP, ki je postal »de-facto« standard. Aplikacije, kot so HTTP, SNMP, Telnet itd. mu dajejo dodatno kredibilnost pri izvedbi. Odločitev, da tako opustimo izvedbo sklada OSI ter se popolnoma posvetimo integraciji IP na tako rekoč vse nivoje sistema, je bila sprejeta.

Čprav standarda za IP prek DCC še ni, pa so nekateri forumi, kjer se združujejo izdelovalci in uporabniki opreme s podobnimi interesi, že izdali dokumente, ki bi te stvari uredile. NSIF (Network Service and Integration Forum) je začrtal smernice pri integraciji IP v nadzorno podatkovno omrežje sistemov SONET/SDH [1]. Prav tako je enako izvedbo predvidel OIF (Optical Internetworking Forum) [5]. Oba predlagata za povezovalni nivo uporabo PPP prek HDLC, ki ga definira IETF RFC 1662.

Trije omrežni vmesniki s stališča omrežja IP zahtevajo tudi tri različne naslove IP. Vsak posamezni omrežni element je hkrati tudi vozlišče omrežja in lahko posreduje upravljalške podatke drugim vozliščem. V ta namen je v vsakem omrežnem elementu realiziran usmerjevalnik IP paketov GNU Zebra. Ta za usmerjanje uporablja protokol najprej odprte najkrajše poti (OSPF – Open Shortest Path First).

4 Možnost uporabe

Razvito napravo MSPP je mogoče uporabiti kjerkoli, kjer sta potrebni hitra inštalacija in fleksibilna ter cenovno učinkovita rešitev za podatkovni prenos. Naprava omogoča preprosto in prilagodljivo združevanje podatkovnega prometa tokokrogovno in paketno orientiranih prenosnih sistemov, zato je primerna za različne vrste uporabnikov. Omogoča uporabo obročnih ali verižnih topologij omrežja tako v mestnem kakor tudi v ruralnem okolju ter za manjše in večje poslovne uporabnike. Najpogostejši primeri aplikacij bi tako bile hrbtnične povezave v javnih ali zasebnih telekomunikacijskih omrežjih, zaščitne povezave optičnih prenosnih omrežij, povezovanje baznih postaj celičnega omrežja, dostopovne zveze za končne uporabnike ter nujne nadomestne in začasne zveze (slika 5).



Slika 5: Primer uporabe
Figure 5. Example of use

5 Sklep

Predvsem novosti v tehnologijah in protokolih omogočajo ponudnikom telekomunikacijskih rešitev hiter odziv na spremembe zahtev po dodatnem prometu ter storitvah v dostopovnih in mestnih omrežjih, hkrati pa omogočajo zmanjševanje porabe energije, prostora in stroškov. Prav zaradi zadovoljevanja gornjih zahtev postajajo platforme za zagotavljanje množice storitev tržno vse bolj uspešne, saj omogočajo ponudnikom storitev preprosto uravnoteženje trenutne zmogljivosti in tipov prenesenih podatkov.

Cilj, ki smo si ga zadali, je bil nedvomno uspešno izveden. Razvili smo platformo za zagotavljanje množice storitev v dostopovnih sistemih SDH, ki pa ima pred konkurenčnimi izdelki pomembno prednost in naredi sam produkt tržno zelo zanimiv. To je možnost integracije modula, ki omogoča prenos linijskega signala SDH po mikrovalovnih zvezah.

V delu smo opisali posamezne strojne podsklope centralne plošče sistema, ki je jedro ciljnega izdelka MSPP. Podrobneje smo predstavili tudi hierarhijo programske opreme, vključno s prednostmi vgrajene platforme Linux in drugimi odprtokodnimi programi.

Omeniti velja, da smo z razvojem ciljnega sistema stopili v korak z drugimi ponudniki podobne opreme in nekatere med njimi na področju mikroplatform MSPP celo prehiteli. Izkušnje, ki smo jih dobili pri razvoju ciljnega sistema, bodo vsekakor prišle prav pri razvojnih projektih naslednjih generacij produktov MSPP.

6 Literatura

- [1] Friedman David, Truskowski M., Schriener D., Roberson C.. *A Standard for IP over DCC*, URL: <http://www.atis.org/pub/sif/dn0101001r1.doc>, [3.4.2005];
- [2] Gorshe Steve. 2005. *Generic Framing Procedure (GFP) Technology White Paper*. PMC_SIERRA. PMC-2041083 (2.0), URL: http://www.pmc-sierra.com/cgi-bin/download/download.pl?res_id=10125&filename=2041083_010124.pdf, [28.4.2005];
- [3] ITU-T G.7041/Y.1303. 2001. *Generic Framing Procedure*;
- [4] ITU-T G.7042/Y.1305. 2001. *Link Capacity Adjustment Scheme (LCAS) for Virtual Concatenated Signals*;
- [5] Jones D. Jim. 2004. *User Network Interface (UNI) 1.0 Signaling Specification Revision 2*, URL: <http://www.oiforum.com/public/documents/OIF-UNI-01.0-R2-Common.pdf>, [3.4.2005];
- [6] Mukhopadhyay Asis, Schwaber R., Kips B., Todd W.. *Understanding Virtual Concatenation and Link Capacity Adjustment Scheme in SONET/SDH*, URL: <http://www.transwitch.com/controller/news/document/view/971?document=971>;
- [7] *The Future of Sonet/SDH*, 2003, HeavyReading, URL: http://img.lightreading.com/heavyreading/pdf/hr20031114_esum.pdf, [22.2.2005].

Marko Vaupotič je diplomiral leta 2001 na Fakulteti za elektrotehniko, računalništvo in informatiko Univerze v Mariboru. Leta 2005 je magistriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani. Trenutno je zaposlen v razvojen oddelku podjetja Iskra Sistemi, kjer je njegovo delo usmerjeno predvsem na področju razvoja sistemov SDH.

Marinko Muščet je diplomiral leta 1975 na Vojaški tehnični akademiji v Zagrebu. Trenutno je zaposlen v razvojen oddelku podjetja Iskra Sistemi, kjer je njegovo delo usmerjeno predvsem na področje razvoja prenosnih optičnih in radijskih sistemov.

Andrej Žemva je diplomiral, magistriral in doktoriral na Fakulteti za elektrotehniko Univerze v Ljubljani v letih 1989, 1993 in 1996. Njegova raziskovalna in razvojna dejavnost obsega avtomatsko načrtovanje digitalnih elektronskih vezij in sistemov, vgrajene sisteme ter sočasno načrtovanje strojne in programske opreme.