
Želimir Volf^A
zelimir.volf@zg.t-com.hr

00-00

PODATKOVNE MREŽE HRVATSKIH TELEKOMUNIKACIJA OD 1970. DO 2000.

Sažetak: U vremenu od 1970. do 2000. godine, Hrvatske telekomunikacije su izgradile i stavile u uporabu pet javnih podatkovnih mreža, poimence: GRADPAK mreža, JUPAK / CROAPAK mreža, CROLINE mreža, ATM mreža i Internet. Zajedničko svim tim mrežama je to da su sve one bile paketske podatkovne mreže. Početkom '70-tih godina postojale su nedoumice glede tipa komutacije, koje su konačno razriješene odabirom paketske komutacije. Članak opisuje planiranje i izgradnju tih javnih podatkovnih mreža u Hrvatskoj. GRADPAK mreža je predstavljala podatkovnu okosnicu Univerzijade održane u Zagrebu i puštena je u promet 1987. Slijedile su izgradnja / integracija GRADPAK mreže u JUPAK, kasnije prozvanom CROAPAK mrežom. Digitalizacija telefonske mreže početkom 90-tih, omogućila je uvođenje Frame Relay-a i posljedično tome izgradnju CROLINE mreže. Slijedeći svjetske trendove uvedene su: Internet mreža 1994. godine u probni rad, a godinu iza toga i komercijalni rad. Paralelno s time, započeto je planiranje i potom izgradnja ATM mreže u Hrvatskoj.

Ključne riječi: prijenos podataka, podatkovne mreže, GRADPAK mreža, JUPAK mreža, CROAPAK mreža, CROLINE mreža, ATM mreža, Internet, X.25, ARPANET, PTT, HPT, LM Ericsson, ERIPAX, AXB 30

Uvod

Prijenos podataka, kao zasebna telekomunikacijska usluga, koji su pružali PTT-i u Hrvatskoj pojavio tek pojavom digitalnih elektroničkih računala. Precizni podaci o tome kada se zakupljeni telekomunikacijski vodovi počeli koristiti u svrhu povezivanja računala i terminala nisu poznati, ali to je moralo biti početkom 1970-tih godina. Zakup telekomunikacijskih vodova je kao telekomunikacijska u sluga postojao prije pojave digitalnih računala, primjerice za potrebe posebnih službi: vojska, policija, hitne službe, telegrafiju, za potrebe radio i TV difuzije i slično. Službena statistika (godišnji Poslovni izvještaji PTT-a [14]) nisu lučili razlike u namjeni korištenja zakupljenih telekomunikacijskih vodova, iskazivale su se samo zbirna stanja po godinama.

Prijenos podataka u javnoj telekomunikacijskoj mreži u PTT poduzeća u RH / HPT, ostvarivao se zakupom analognih telefonskih vodova. Od 1987. pa nadalje, prijenos podataka (odnosno povezivanje računala) bio je moguće i posredstvom posebnih podatkovnih mreža, kako to pokazuje tablica 1:

Tablica 1, javne podatkovne mreže Hrvatskih telekomunikacija

Stavljeno u funkciju (godine)	Naziv podatkovne mreže
1987.	GRADPAK mreža
1989.	JUPAK / CROAPAK mreža
1996.	CROLINE mreža
2000.	ATM mreža
1995.	Internet mreža

Autor ovog napisa aktivno je radio na planiranju i izgradnji prvih 4 podatkovnih mreža, što je predmet ovog referata. Sadržaj ovog referata pokriva vremensko razdoblje od 1970. do otprilike 2000. godine.

Institucije triju djelatnosti: *obrazovanja* (Elektrotehnički fakultet u Zagrebu), *eksploatacije* (PTT Zagreb i dr.), te *proizvodnje* (Tvornica telekomunikacijskih uređaja „Nikola Tesla“ iz Zagreba), udružili su svoja istraživanja na projektima pod pokroviteljstvom Ministarstva znanosti bivše države:

1. Kompleksna istraživanja na području integriranih digitalnih sistema veza (1971. do 1975.);
2. Etapna realizacija integrirane komunikacijske mreže (1976. do 1980.);
3. Razvoj telekomunikacija (Projekt 53, od 1981. do 1985.);
4. Istraživanja na području telekomunikacija i informatike (Projekt 1.07.04. od 1986. do 1990.)

U jednom dijelu tih projekata, istraživanja su se odnosila na prijenos podataka i na izgradnju posebnih javnih podatkovnih mreža.

Prijenos podataka u svijetu (miljokazi)

Premda pregled razvoja podatkovnih mreža u svijetu, nije predmet ovog napisa, potrebno je spomenuti neke prekretnice – miljokaze – na svjetskoj razini, da bi čitatelj dobio uvid i paralelu razvoja mreža u Hrvatskoj.

ARPANET (pokrata od Advanced Research Projects Agency Network) [14], je prva rasprostranjena (eng. wide-area) mreža sa distribuiranim upravljanjem i jedna od prvih mreža, koje su koristile TCP/IP lepezu protokola u USA. Temeljne ideje za izgradnju ARPANET su dali J. C. R. Licklider, Bob Taylor., te Lawrence Roberts kao programski manager. Roberts donio ključne odluke o dizajnu mreže, a matematičku podlogu za analizu tehnologije paketskih mreža, na poziv Roberts a je dao Leonard Kleinrock at (iz University of California, Los Angeles) [17] . Prva računala su priključena na ARPANET još 1969. godine.

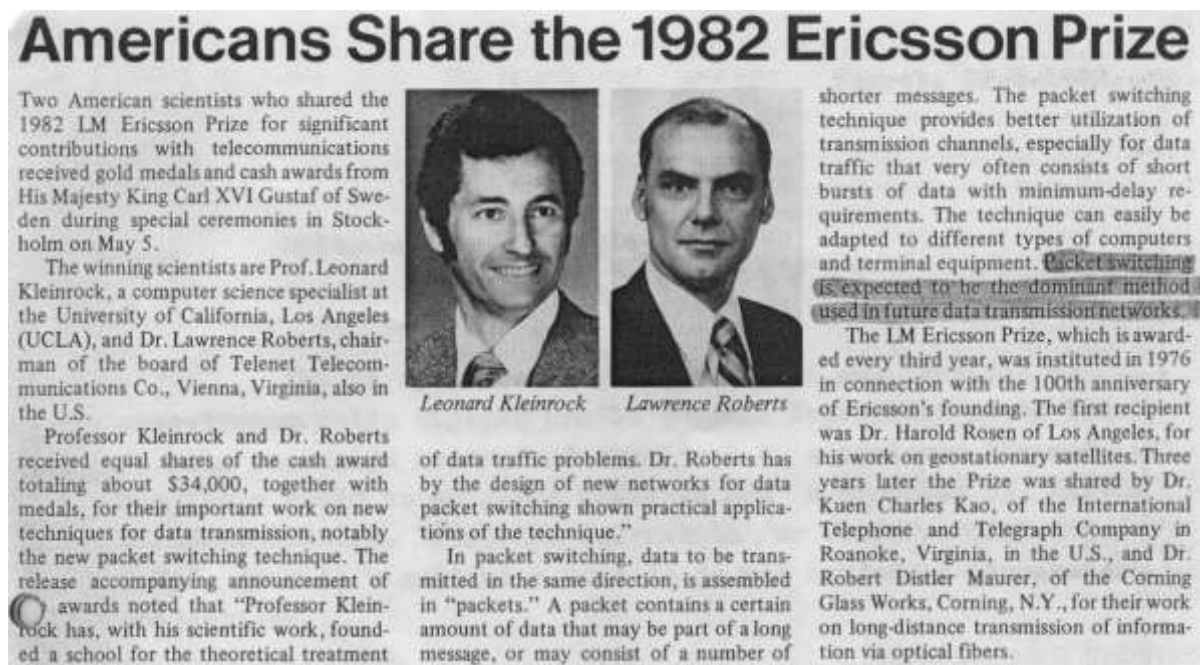
Brojne podatkovne mreže javile su se krajem 70-tih i početkom 80-tih godina prošlog stoljeća u svijetu primjerice (navode se samo njihova komercijalna imena): Iberpac, TRANSPAC, Compuserve, Tymnet, Telenet, Euronet, PSS [13], Datapac, Datanet 1 i AUSTPAC) kako to stoji u lit. [20]. X.25 je bio temeljni protokol tih podatkovnih mreža, te su iste dobile po tome ime: „X.25 mreže“.

Tvrtka LM Ericsson je u Ericsson Review, No 1/1977 [7], najavila i opisala nove elektroničke komutacijske sustave tipa AXE 10 za telefoniju, AXB 20 za teleks i asinkroni prijenos podataka, te najavila AXB 30 za sinkroni prijenos podataka. U uvodniku istog članka [7], najavljeno stvaranje 'Nordic data network' za potrebe četiri Nordijske zemlje, te njihov zajednički odabir sustava AXB 30, koji je trebao biti opisan u idućem broju Ericsson Review-a (ali je izostao!). Suštinska razlika između AXB 30 i ARPANET [1], te Packet Switch Stream-a [13], je ta, da je AXB 30 koristio 'komutaciju kanala' nasuprot ovih potonjih mreža (i svih ostalih koje su u svijetu slijedile), koje su koristile 'komutaciju paketa'.

U godišnjem izvještaju projekta „Razvoj telekomunikacija“ za 1981. godinu, autor je dao prilog na Zadatku 53.1.4. „Izgradnja javne mreže za prijenos podataka SRH“. Dio tog izvještaja, prema sjećanju autora, odnosio se na pregled mreža za prijenos podataka u svijetu. U kontekstu toga stidljivo sam spomenuo da osim mreža za prijenos podataka, koje rade na principu komutacije kanala, ima i onih podatkovnih mreža, koje koriste komutaciju paketa. Ta je rečenica bila 'magnum crimen' u očima našeg

recenzenta, mr. sc. Marijana Crnjaka, dipl. ing. iz „Nikole Tesle“ u Zagrebu. Bio sam stoga pozvan na 'razgovor' (ma koji razgovor – 'pranje mozga') kod Ing. Zvonka Vukovića, koji je u „Nikoli Tesli“ obnašao funkciju šefa odjela, koji se u „Teslinom“ Institutu bavio telegrafijom i prijenosom podataka. Bilo je to u jesen 1981. godine, kako se to vidi iz priloga 1 [16]. Nakon prve rečenice našeg razgovora, shvatio sam suštinu problema: „Nikola Tesla“ je imala licenčni ugovor za tvrtkom LM Ericsson, koja je u mrežama za prijenos podataka, u to doba, 'vidjela' svoj sustav AXB 30, a ne paketsku komutaciju. Ponudio sam izmjenu sadržaja mog izvješća riječima: „Ing. Vuković, recite što biste htjeli da ja napišem ... ja ću to i učiniti“. No to Ing. Vukoviću nije bilo dovoljno. On je u razgovoru 'utvrđivao' svoju tezu o jedino ispravnom putu i odluci, tj. izboru komutacije kanala kao jedinog ispravnog rješenja.

Na zadovoljštinu nisam trebao dugo čekati. Tvrtka LM Ericsson je početkom 1982. godine uspostavila nagradu (po uzoru na Nobelovu nagradu, pretpostavljam), 'za poseban doprinos u razvoju telekomunikacija'. U prvom broju informacije News & Notes No 1/1982 [12], obznanjeno je, da tu nagradu Ericsson za 1982. godinu dodjeljuje dvojici Amerikanaca, Lawrence Roberts-u i Leonard Kleinrock-u, dvojici ključnih osoba, koji su radili na izgradnji ARPANET mreže [5]. U toj informaciji stoji: „... očekuje se da će Paketska komutacija biti dominantan način u budućim mrežama za prijenos podataka ...“ vidi slika 1.



Sl. 1. Izvadak iz LM Ericsson-ove publikacije News & Notes No 1/1982

Samo godinu dana kasnije 1983., Ericsson je uveo na telekomunikacijsko tržište ERIPAX (ERICSSON Packet Switching Exchange) [8].

Pojam 'mreža za prijenos podataka', odnosno 'podatkovnih mreža', u daljem se tekstu ovog članka, odnosi se na 'Wide Area Netwrks' tj. na mreže, koje u topološkom smislu pokrivanju zemljopisno udaljene lokacije, za razliku od 'lokalnih mreža' (Local Area Networks, pokrata: LAN), koje tipično povezuju informatičku opremu jedne zgrade ili jednog poslovnog kompleksa.

Podatkovne mreže, koje su predmet opisa ovog referata, temelje se na PAKETSKOJ komutaciji. Više informacija nalazi se u Prilogu 2, „KOMUTACIJA PAKETA“.

Prijenos podataka u Hrvatskoj

Neki miljokazi/prekretnice (engl. milestones) u području i informatike slijede u nastavku, bez pretenzije na cjelovitost prikaza, kako bi čitatelj imao uvid u nastajanje nove djelatnosti – informatike u

Hrvatskoj, posebice Zagrebu. Neka od prvih digitalnih računala, koja su u Zagrebu, stavljenih u uporabu naznačena su u tablici 2:

Tablica 2. Instaliranje digitalnih elektroničkih računala u Zagrebu

Godina	Opis računala
1964	Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske je 1964. nabavio računalo UNIVAC 1004 koje je imalo za one prilike veliki kapacitet, velike mogućnosti. Zatim je u Francuskoj nabavljena oprema za obradu podataka francuske firme BUL. Krajem 1971. godine Sabor SR Hrvatske donio je odluku o nabavi prvog elektroničkog računala u Republičkom zavodu za statistiku. Na temelju te odluke Zavod je tada nabavio elektroničko računalo 370/135 tvrtke IBM [1]
1967.	Kreditna banka Zagreb (sada Zagrebačka banka), je prema ing. Sergije Turmišov-u, ERC (Elektronički Računski Centar) započeo s radom 1967., kada je instalirano prvo računalo tipa IBM 360.
1969.	PTT Zagreb, je ugovorio najam IBM 360 računala (Host) u jesen 1968., godine, a vjeruje se da je isti bio u funkciji već početkom 1969. godine, pod nazivom PTT-ERC (ERC je pokrata od Elektronički Računski Centar) kao zasebnom organizacijskom jedinicom. Smještaj PTT ERC-a je bio u prizemlju telekomunikacijske zgrade u ulici (nekada) Ive-Lole Ribara u Črnomercu. Autor ovog napisa započeo je koristiti usluge PTT ERC-a tijekom 1975. godine.
1972.	SRCE je postavio privremenu izobrazbena konfiguracija na privremenoj lokaciji u Savskoj cesti, što se smatra datumom osnivanja SRCA. U ljeto 1973. godine instalirana je prva konačna konfiguracija (UNIVAC 1110) u novoj zgradi SRCA (današnja lokacija) te postavljena mrežna infrastruktura, preteča današnje mreže. Bile su to terminalne veze prema značajnijim korisnicima u Zagrebu i ostalim sveučilišnim centrima u Hrvatskoj [10]. Autor ovog napisa, bio je na tečaju programskog jezika Fortran V, koji je držao prof. Stefanini u ljeto 1975. godine u SRCE-u.
1973.	GZAOP (Gradski zavod za automatsku obradu podataka, koji je 2005. promijenio naziv u Agencija za podršku informacijskim sustavima i informacijskim tehnologijama - APIS IT d.o.o.) Preduvjet za realizaciju KIS-a (Korisničkog Informacijskog Sustava) bila je nabava nove opreme pa je naručen novi sustav IBM 370/155., koji je instaliran i pušten u rad 15. ožujka 1973., čime je započela nova era u razvoju ERC-a (Elektronički Računski Centar). [4]
1978	Privredna banka Zagreb, imali su Kienzle računala, a 1978 nabavljeno je IBM 360 računalo (info od: mr. sc. Ante Dulčić-a)
1987.	GZAOP gradi novu zgradu za smještaj opreme i osoblja u Prečkom. Radovi su počeli 1985. i završeni 1987., uoči Univerzijade u Zagrebu [4]

Početkom 70.-tih godina 20. stoljeća, informatiku je počelo koristiti rastući broj poslovnih subjekata u Hrvatskoj i počela se razvijati svijest i potreba za povezivanjem zemljopisno dislociranih informacijskih entiteta. Najprije se ukazala potreba za povezivanjem udaljenih terminala na računala ('hostove'), a potom i za povezivanjem računala međusobno. Ako poslovni subjekti nisu imali vlastitu telekomunikacijsku mrežu (kao primjerice HEP ili HŽP), bilo je prirodno koristiti zakup telekomunikacijskih vodova od PTT poduzeća u Hrvatskoj.

Kada se govori o javnoj telekomunikacijskoj mreži onog doba, onda treba naznačiti da se radi o analognoj telefonskoj mreži / infrastrukturi, koja je bila hijerarhijski strukturirana po razinama: krajnjih, čvornih, glavnih, tranzitnih i međunarodnih telefonskih centrala u skladu s tadašnjim Generalnim planom PTT Jugoslavije. Jednostavnim jezikom rečeno, u kontekstu zakupa telefonskih vodova isti se dijele na: a) pristupne telefonske vodove i b) na spojne telefonske vodove. Pristupnim telefonskim vodom smatra se vod (telefonska parica) od korisničke lokacije do prvog telefonskog komutacijskog čvorišta (centrale, koncentratora, izdvojenog stupnja ...). Spojnim telefonskim vodovima smatraju se

oni telefonski vodovi, koji povezuju telefonska komutacijska čvorišta (telefonske centrale, koncentratore, ili izdvojene komutacijske stupnjeve međusobno). To mogu biti fizički vodovi (u slučajevima povezivanja telefonskih centrala u urbanim sredinama), ili telefonski kanali u frekvencijskom opsegu od 300 Hz do 3,6 kHz, ili primarne telefonske grupe tj. 12 telefonskih kanala, za međusobno povezivanje zemljopisno udaljenih telefonskih centrala.

Najčešći slučajevi zahtjeva za zakupom vodova, su uključivali kombinaciju pristupnih i spojnih telefonskih vodova.

Rastućim potrebama za prijenosom podataka u svrhu povezivanja računala, nastojalo se riješiti tehnologijama, koje su tada bile u nastajanju – stvaranjem posebnih mreža za prijenos podataka. Pitanje je zašto?

- Kakvoća prijenosa podataka telefonskom mrežom, premda dovoljno dobra za komuniciranje među ljudima, pokazala se nedovoljnom za prijenos podataka;
- Nedostatak spojnih vodova;
- Rukovanje (uspostava i raskid) zakupljenih vodova iziskivao je mnogo ljudskog rada i administracije. Tehnologija rada sa lemilom i prespajanjima na nekoliko razdjelnika širom tražene 'trase' se u rastućim potrebama jednostavno pokazala neefikasnom i složenom.
- Davatelj usluga zakupa vodova (PTT-i u Hrvatskoj), želio je davati u najam, ne fizički 'komad žice', između dviju točaka telekomunikacijske mreže, već USLUGU, tj. komunikacijski (virtualni) kanal određenih svojstava.
- Udovoljavanje zahtjevima za 'dinamički zakup vodova' (omogućavanje zakupa vodova samo u određenim vremenskim razdobljima, promjena tarife zakupa u funkciji vremena npr. zakup noću ...)

1. GRADPAK mreža



Ljetna Univerzijada 1987., također poznata kao XIV Ljetna Univerzijada održala se u Zagrebu, od 8. do 19. srpnja 1987. U njoj su sudjelovali sudionici iz 111 zemalja i preko 6.000 pojedinačnih sportaša i članova timova [2].

Univerzijada u Zagrebu, bila je dislocirana u svojim sadržajima na niz objekata, odnosno sportskih borilišta. Natjecanja u 12 sportova održavala su se na 26 sportskih objekata u Zagrebu i 14 u gradova suorganizatorima (Bjelovar, Čakovec, Jastrebarsko, Karlovac, Kumrovec, Petrinja, Sisak, Varaždin i Sveti Ivan Zelina) [3].

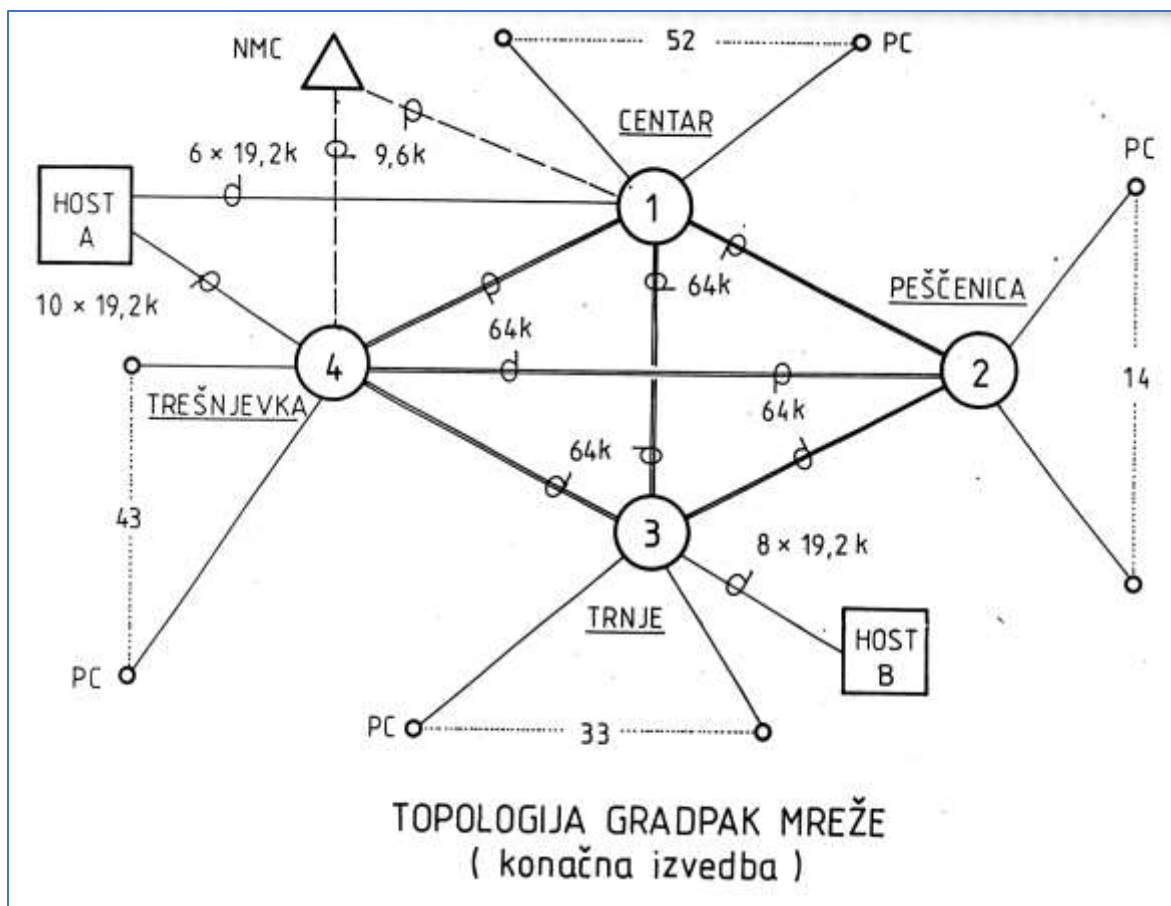
Ažurno praćenje rezultata svih sportskih manifestacija i organizacijska podrška igrama (funkcije akreditacije, opće informacije, upravljanje transportom), ostvareno je informatičkom računalnom podrškom Univerzijade '87. Obrada podataka se jednim dijelom obavljala na osobnim računalima (PC) vezanim u lokalne mreže (LAN), a drugim dijelom na

centralnom računalima (HOST-ovima).

Dogovorom između RO PTT prometa Zagreb i Organizacijskog komiteta UNIVtRZIJADE '87 odlučeno je da se za potrebe prijenosa podataka izgradi posebna funkcionalna mreža, koja je dobila svoje ime GRADPAK mreža.

Struktura GRADPAK mreže

U topološkom smislu, GRADPAK mreža izgleda kako je to prikazano na slici 2.



Sl. 2. Topologija GRADPAK mreže

Oprema komutacijskih čvorišta je izvedena sistemom ERIPAX, koji je tvornica telekomunikacijskih uređaja "Nikola Tesla" iz Zagreba proizvodila prema licenci švedske tvrtke Ericsson Information Systems AB.

Osim komutacijskih čvorišta, sistem ERIPAX se koristi i u centru za nadzor i upravljanje GRADPAK mrežom (Network Management Centre - NMC). Radi pouzdanosti i kapaciteta obrade, komutacijska čvorišta GRADPAK mreže su izvedene u udvojenoj konfiguraciji. Kapacitet komutacijskih čvorišta iskazan brojem priključnih točaka iznosio je ukupno 155. Komutacijska čvorišta GRADPAK mreže su povezana isprepletenom mrežom spojenih vodova. Prijenos podataka na spojnim vodovima odvija se brzinom od 64 kbit/s. Sve modeme za potrebu u GRAOPAK mreži isporučila je također tvornica "Nikola Tesla".

Treću komponentu GRADPAK mreže čini terminalska oprema.

HOST A se nalazi u zgradi CAOP-a u Prečkom, a sačinjavali su ga dva IMB-ova računala tipa 3083 s odgovarajućom perifernom opremom. Od te periferne opreme, za priključenje na GRADPAK mrežu naznačuje se samo komunikacijsko računalo (Front-End-Processors-a, pokrata 'FEP') tipa 3725. Dva komunikacijska FEP-a bila su s osam linija (8 četvorki) vezani na komutacijsko čvorište u ATC (pokrata od Automatska Telefonska Centrala) Trešnjevka. Prijenos podataka od HOST-a ostvarivao se brzinom prijenosa podataka od 19,2 kbit/s. Osim HOSTA u Prečkom, kao rezervno centralno računalo bilo je predviđeno IBM-ovo računalo (HOST B) koje se nalazi u Zagrebačkoj banci i bilo je s 4 linije od 19,2 kbit/s povezano na komutacijsko čvorište u ATC Trnje. Način signalizacije centralnih računala (HOST-a) prema GRADPAK mreži je bila prema CCITT preporuci X.25.

Ostala terminalska oprema sastojala se od 2 tipa osobnih računala (pokrata PC):

- CONVERGENT TECHNOLOGY INC., NG s sistemskim softwareom HERO OS, kojeg dobavljala (proizvodila) SOUR "Rade Končar" i
- OLIVETTI M24 i M28 PC, potpuno kompatibilnih s IBM-ovim PC standardom.

Uz te PC-e nalazili su se i TRS-ovi štampači tipa 821. PC-i su bili priključeni na GRADPAK mrežu bilo izravno, bilo povezani u LAN-ove. Prijenos podataka od PC-a prema GRADPAK mreži je radio brzinom prijenosa podataka od 4,8 kbit/s, a koristila se signalizacija tipa SNA/SDLC.

GRADPAK mreža je osiguravala povezivanje PC-a na HOST-ove stalnom virtualnom vezom (Permanent Virtuel Circuit - PVC). U slučaju prekida, npr. jedne spojne veze, GRADPAK mreža automatski generira PVC vezu po uspostavljanju prekinute spojne veze.

Nadzor i upravljanje GRADPAK mrežom se ostvaruje posredstvom Centra za nadzor i upravljanje mrežom (NMC), koji je imao tako reći "sve konce u rukama". U slučaju izuzetnih situacija u mreži, NMC-om se moglo vršiti preusmjeravanje prometnih tokova (za one slučajeve koji nisu predviđeni planom alternativnog usmjeravanja) npr. prebacivanje obrade iz HOST-a A na HOST B.

Postoji mnogo osoba, koje su svaka u svojoj nadležnosti, kako unutar RO PTT Prometa Zagreb, tvornice „Nikola Tesla“, te Organizacijskog komiteta UNIVtRZIJADE '87, učestvovali na planiranju, izgradnji i održavanju GRADPAK mreže, međutim ja smatram da je nemjerljiv doprinos umrežavanju i osiguranju funkcionalnosti te mreže osobno dao, moj prijatelj gospodin Rudolf Jovanović, dipl. ing. Za detaljnije informacije vidi [11], [15].

JUPAK / CROAPAK mreža

Usvajanje „Društvenog dogovora o zajedničkim osnovama razvoja, izgradnje i povezivanja informacijskih sistema, te razvika informatičke djelatnost u SR Hrvatskoj“, '80-tih godina, je bio poticaj da se u RO PTT prometa Zagreb, pristupi sustavnom planiranju javne podatkovne mreže. Stoga je tijekom 1982. godine provedena je prva anketa među potencijalnim korisnicima buduće JUPAK mreže u RH čiji su rezultati obavijeni u [222]. Rezultati te ankete su dali projekciju potreba korisnika za prijenosom podataka na području Hrvatske.

Na razni Zajednice Jugoslovenskih Pošta, Telegrafa i Telefona donesena je odluka o tipu komutacije, tj. usvojena je komutacija paketa kao tehnologija buduće javne podatkovne mreže u Jugoslaviji.

U onodobnim uvjetima izgradnje telekomunikacijskih kapaciteta bilo je uobičajeno da u investicijama sudjeluju i budući korisnici. Postupak dogovaranja i usklađenje heterogenih interesa između davatelja usluga (PTT-a) i korisnika je bio izuzetno spor i dugotrajan. Bolje organizirana SR Slovenija, koja nije slijedila hrvatski primjer u izgradnji JUPAK mreže, 'pretekla' je Hrvatsku, te je neovisno o ostalim Republikama u bivšoj Jugoslaviji, prva samostalno raspisala javnu licitaciju za mrežu za prijenos podataka s komutacijom paketa. Rezultati te licitacije su pokazali, da je najpovoljniji ponuđač bila firma Ericsson Information Systems AB, koja je nastupala zajedno s tvornicom telekomunikacijskih uređaja "Nikola Tesla" iz Zagreba. Potaknuti tim događajem, u Hrvatskoj je:

- 29. siječnja 1985. sklopljen SAS (pokrata od SAMoupravni Sporazum) između 6 korisnika (Zagrebačka banka Zagreb, Privredna banka Zagreb, Služba društvenog knjigovodstva u SR Hrvatskoj, ZOIO "CROATIA" Zagreb, SIZ MIORH Zagreb i "RADE KONČAR Zagreb) i RO PTT Prometa SRH da se gradnja javne mreže za prijenos podataka SR Hrvatske ostvari udruživanjem sredstava budućih korisnika;
- 30. siječnja 1985. potpisan je ugovor između RO PTT prometa SR Hrvatske i tvornice telekomunikacijskih uređaja "Nikola Tesla" iz Zagreba za nabavu opreme za izgradnju JUPAK mreže u Hrvatskoj, pod istim ulovima, koji su važili na licitaciji u Sloveniji.

EMPAK mreža

U momentu kad je već bilo izvjesnog da će sistem ERIPAX naći svoje mjesto u jugoslavenskim telekomunikacijama, ukazala se potreba za izgradnjom jedne probne mreže na bazi sistema ERIPAX, koja je nazvana EMPAK mreža. Potrebu za jednom takvom mrežom imali su: tvornica "Nikola Tesla" iz Zagreba, RO PTT prometa Zagreb i Elektrotehnički fakultet u Zagrebu. "Nikoli Tesli" je takva mreža trebala omogućiti razvoj i ispitivanje novih funkcija i proizvodnju softvera za njih. Elektrotehničkom fakultetu u Zagrebu bi dostup do resursa EMPAK mreže unaprijedilo praktičan segment procesa nastave u redovnom studiju i (u teoriji) omogućilo školovanje kadrova za potrebe industrije i eksploatacije. Želja RO PTT prometa RH je bila da posredstvom EMPAK mreže omogućiti korisnicima provjeru komunikacijskih mogućnosti opreme za EOP bez utjecaja na rad JUPAK mreže RH prije njihovog stvarnog uključenja u JUPAK mrežu RH, te da kroz rad s tom mrežom omogućiti praktično iskustvo u održavanju opreme JUPAK mreže. Sama EMPAK mreža se sastojala od tri ERIPAX čvora, fizički

smještenih na lokacijama naznačenih triju zainteresiranih subjekata. Samoupravni sporazum o izgradnji EMPAK mreže, potpisan 29. lipnja 1984. godine, a Svečano otvorenje te mreže je uslijedilo, 28. travnja 1986.

Izgradnja JUPAK / CROAPAK mreže

Zbog održavanja Univerzijade radovi na izgradnji JUPAK mreže RH su prekinuti, a nastavljani su tek u siječnju 1988. godine. Oprema GRADPAK mreže je integrirana u JUPAK mrežu u Hrvatskoj.

Montaža je bila završena i JUPAK mreža SRH je bila spremna za probni rad 1. travnja 1988. godine, a formalno je puštena u komercijalni rad 1. svibnja 1989. godine [211]. Ta se mreža sastojala od:

- 7 Komutacijskih čvorišta u: Zagrebu (4 kom), te po jednim čvorom u Osijeku, Rijeci i Splitu, koji su međusobno bili povezani spojnim vodovima brzine 64 kbi/s;
- Centrom za nadzor i upravljanje mrežom (NMC) u Zagrebu,
- 9 koncentratora, smještenih u: Bjelovaru, Dubrovniku, Karlovcu, Koprivnici, Puli, Slavanskom Brodu, Šibeniku, Varaždinu i Zadru, koji su bili povezani spojnim vodovima brzine 9,6 kbit/s na pripadajuća nadređena čvorišta,
- Modema, koji su omogućavali prijenos podataka analognim telekomunikacijskim vodovima (između čvorišta međusobno i koncentratora i čvorišta)
- JUPAK mreža Hrvatske, bila je unutar Jugoslavije, povezana sa Beogradom, Ljubljanom i Sarajevom spojnim vodovima brzine prijenosa 64 kbit/s, a uspostavljene su i međunarodne veze brzine prijenosa 9,6 kbit/s.
- Svi spojni vodovi su koristili X.75 sustav signalizacije.

Hardverska struktura čvorišta i koncentratora ostvarena je ERIPAX-om, s time da su vitalni dijelovi ERIPAX opreme u čvorištima bili udvojeni radi povećanja pouzdanosti.

Kapacitet JUPAK mreže SRH iznosio je u trenutku puštanja u promet iznosio 228 priključnih točaka, od čega je njih 157 namijenjeno izravnim korisničkim priključcima. Cijena opreme i usluga iznosila je otprilike 3.600.000 US\$, ne računajući postojeću infrastrukturu (smještaj, napajanje, telefonske prijenosne sustave ...)

Od samog početka, JUPAK mrežu su koristile znanstvene i obrazovne institucije. Na JUPAK mrežu RH su priključene i sve republičke i pokrajinske sveučilišne biblioteke u Jugoslaviji (iz: Zagreba, Novog Sada, Skoplja, Prištine, Beograda i TI ograda - posredstvom NSB u Zagrebu, te direktno sveučilišne biblioteke u Ljubljani i Sarajevu). Sve su te biblioteke vezane i na računski centar Univerziteta u Mariboru, koji je nosilac zajedničkog jugoslavenskog znanstvenog projekta "Razvoj sistema uzajamne katalogizacije kao zajedničke osnove jedinstvenog bibliotečno-informacijskog sistema i sistema naučno-tehničkih informacija SFRJ".

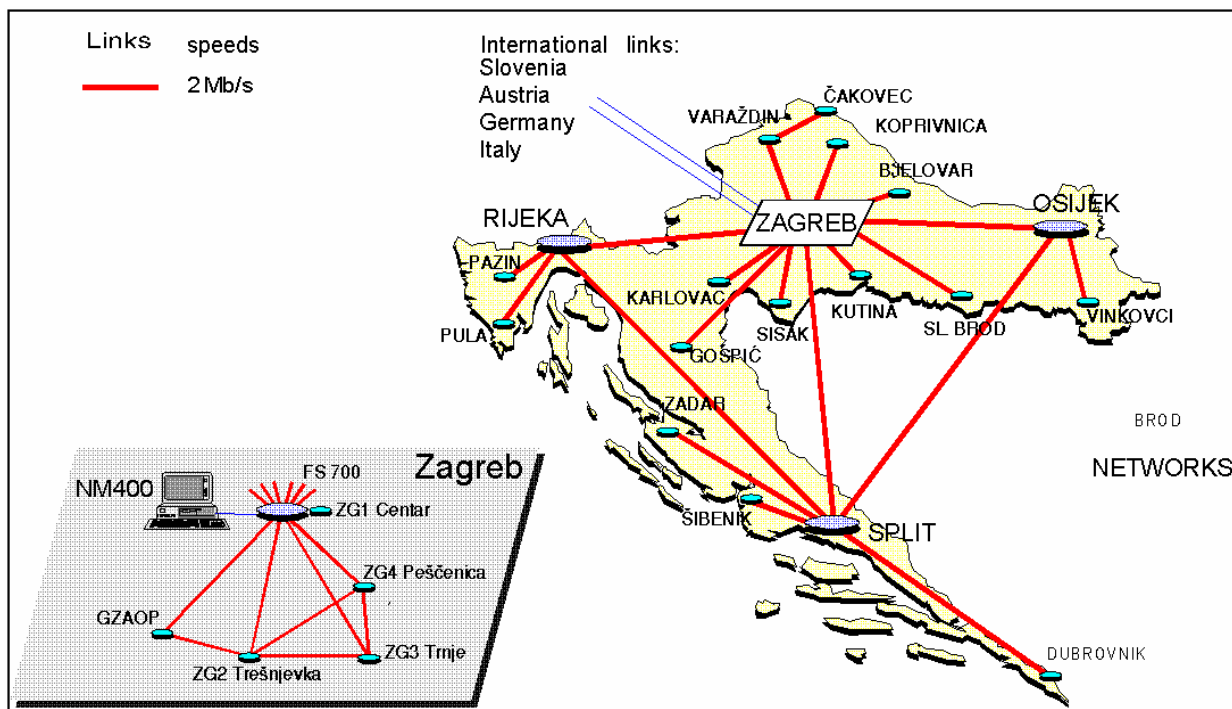
JUPAK mrežu u SRH su kao korisnici počele koristiti i Radne PTT organizacije, za sada za povezivanju službi 988 (Služba informacija – podaci o brojevima telefona, ...).

Nakon početka Domovinskog rata u Hrvatskoj, naziv JUPAK mreže je promijenjen u CROAPAK mrežu.

CROAPAK mreža je proširivana tri puta u: siječnju i rujnu 1994., te u ožujku 1995. Tim proširenjima je ostvareno:

- zamjena postojećih procesora CP2 u CP5,
- povećanje brzine prijenosa na svim spojnim vezama (2 Mbit/s),
- udvostručen je kapacitet (broj korisničkih priključaka),
- nova oprema centra za nadzor i upravljanje (NMC-a) sustava NM400,
- novi sistemski softver (od ER: 4.2 na ER 7.3), te Licenca za software (ER 8.1),
- nabava 12 novih koncentratora,
- 1 čvor CROAPAK mreže, modemi i kabeli za GZAOP,
- čvor FS700D sa 2 CM-a (Frame Relay Switch) za čvor ZGB1

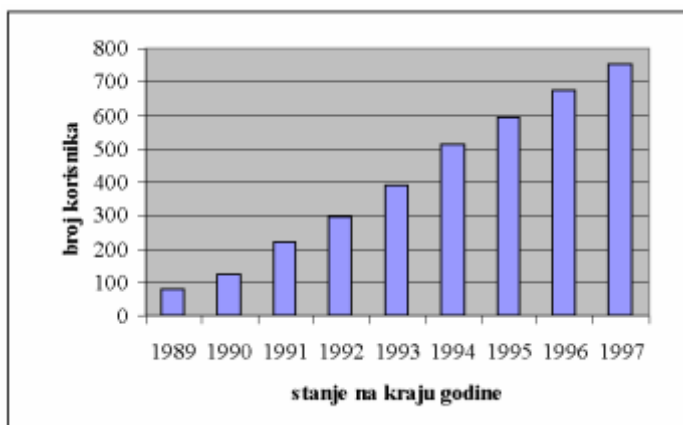
- Tehnička pomoć, rezervni dijelovi, BB modemi i školovanje
Tim proširenjima, topologija CROPAK mreže je poprimila oblik, prema slici 3 [23].



Sl. 3. CROPAK mreža RH, topologija 1997. godine

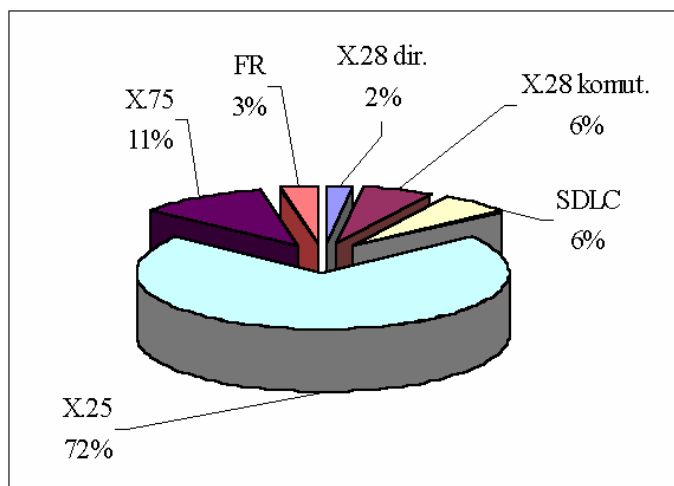
Ukupna vrijednost tog proširenja (nabave hardvera, najma softvera i usluga) iznosila je nešto manje od 4.450.000 US\$ (prema današnjem tečaju Švedskih kruna prema US\$). Od tog proširenja Ericsson je uveo i godišnji najam softvera za sustav ERIPAX i Usluge 'Frame Relay-a', po uzoru na (pretpostavljam) velike IT tvrtke kao što to primjerice radio IBM.

Kapacitet CROPAK mreže je kontinuirano rastao, što se vidi iz slike 4, koja naznačuje porast broja korisničkih priključaka. Na kraju 1997. godine, broj korisničkih priključaka je iznosio 755.



Sl. 4. porast broja korisničkih priključaka JUPAK / CROPAK mreže

Slika 5. prikazuje distribuciju (zastupljenost) protokola, koji su se koristili u CROPAK mreži krajem 1997. godine.



Sl. 5. distribucija protokola CROPAK mreže 1997. godine

Kao što se iz slike 5. vidi, korisnici su koristili pretežno X.25 sustav signalizacije sa učešćem od 72%. Usluga Frame Relay-a (FR) je bila u svom začetku, te je skroman udio od 3% bio očekivani iznos. Međutim ja sam očekivao će znatno veći broj korisnika koristiti pristup CORAPAK mreži posredstvom komutiranog X.28 sustava signalizacije. Treba pojasniti što to u stvari znači: X.28 (u kombinaciji sa X.29 i X.3 sustavom signalizacije) omogućavali su pristup CROPAK mreži iz komutirane telefonske mreže. Osobe, koje su od samog početka koristile Internet sjećaju se, da su pristup Internetu (koji je u vrijeme bio u nastajanju) također mogli ostvariti pristup Internetu posredstvom komutirane telefonske mreže. Paralelno telefonskoj liniji, bio je priključen modem, koji je omogućavao pristup osobnim računalima Internetu, koristeći postojeći (analogni) telefonski vod.

Razlog izostanka masovnijeg pristupa i korištenja CROPAK mreže pripisuje se nedostatku sadržaja, koji bi korisnike privukao na to korištenje, te nedostatka vizije budućeg razvoja prijenosa podataka od strane uprave HT-a. CROPAK mreža je bila i ostala mreža, koja je pokrivala profesionalne potrebe 'poznatih' korisnika.

CROLINE mreža

Već nakon proširenja CROPAK mreže 1994. godine, razmišljalo se o novim i jeftinijim rješenjima prijenosa podataka u domeni zakupa digitalnih vodova. Pitanje je: Zašto?

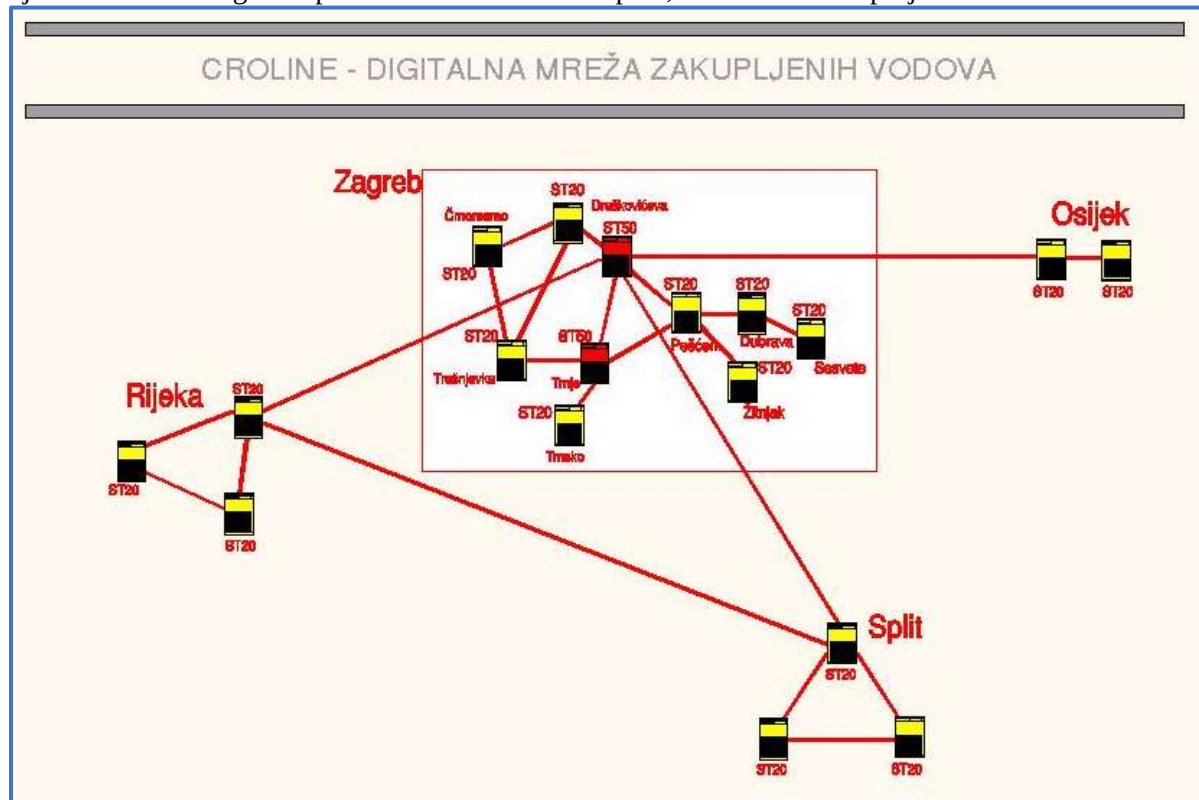
1. Paketske podatkovne mreže tipa X.25 nastale su krajem 70-tih godina, u vrijeme kada je postojeća telefonska mreža bila analogna. Kakvoća prijenosa u takvim mrežama je bila skromna (vidi Prilog 2), te su zaštitni mehanizmi X.25 signalizacije, koji su osiguravali točnost prijenosa informacije bili neophodni (mehanizam ponavljanja paketa u slučaju pogreške u prijenosu);
2. Sredinom 90-tih godina, opće stanje telekomunikacijske mreže, ne samo u svijetu, već i u Hrvatskoj se znatno popravilo digitalizacijom telefonske mreže i uvođenjem optičkih sustava prijenosa, što je omogućavalo daleko veću točnost prijenosa informacije;
3. Praćenje interesa korisnika i razvoja novih tehnologija (Frame Relay-a) ukazivao je na nove trendove u podatkovnim mrežama.

Temeljem navedenog, sredinom mjeseca svibnja 1995. godine HPT je raspisao javni natječaj za, kako je u natječajnoj dokumentaciji naznačeno, nabavu „Mreže digitalnih zakupljenih vodova“ (pokrata MDZV). Na natječaj se javilo 10 ponuditelja, od koji je njih polovina nudilo samo MODEMe (vidi prilog 3 - Modemi). U užu izbor za komutacijsku opremu ušli su InfoNET Projekt d.o.o i Siemens d.o.o.. Ponuditelji su dobili određene zadatke za doradu svojih ponuda. Kako Siemens d.o.o., u traženom roku nije dostavio revidiranu ponudu, cijeli 'posao' je dobila tvrtka InfoNET Projekt d.o.o. sa Ascom Timeplex-ovom opremom. Ugovor za nabavu opreme za CROLINE mrežu je potpisan 17. kolovoza 1995. godine. Tim je ugovorom HPT kupio :

- 18 komutacijskih čvorova (prespojnika) ST50 odnosno ST20 tipa Synchrony,
- 220 pristupnih naprava tipa AD,

- 196 modema raznih brzina od tvrtke Nokia, te
- 1 centar za nadzor i upravljanje s odgovarajućim softverom.
- Instaliran kapacitet CROLINE mreže je 608 ekvivalentnih 64 kbit/s priključaka. Od naznačenog kapaciteta, 168 priključaka moguće je ostvariti izravnim priključenjem na prespojnik, a 440 priključaka priključenjem posredstvom pristupnih AD naprava.
- Raspon brzina kojima se korisnička oprema može priključiti na CROLINE mrežu kreće od 1200 bit/s do 2 Mbit/s.
- Određenu količinu specificiranih modema.
- Vrijednost nabavljene opreme je neznatno manja od 2 miliona US\$.

Ugovorom je predviđeno da opremu montiraju stručnjaci HPT-a pod stručnim nadzorom djelatnika hrvatskog zastupnika tvrtke Ascom Timeplex, tvrtke InfoNET projekt d.o.o.



Sl. 6. CROLINE – Digitalna mreža zakupljenih vodova

Raspored opreme je vidljiv sa priložene slike 6. Na toj slici, radi preglednosti, ucrtni su samo komutacijski čvorovi (prespojnici) i spojni vodovi (svi brzine 2 Mbit/s). Kao što se može razabrati, oprema je instalirana na području gradova: Zagreb, Osijek, Rijeka i Split. Naime, prema analizama o stanju zakupljenih vodova na području RH, pokazano je da se oko 80% svih zakupljenih vodova nalazi na području pristupnih telefonskih mreža.

Ostali ključni datumi u izgradnji CROLINE mreže su:

31. svibnja 1996. završetak izgradnje i početak probnog rada i
06. studenog 1996. početak komercijalnog rada.

Fizičko priključenje korisnika na CROLINE mrežu, ostvaruje se na jedan od dva moguća načina: a) izravnim priključenjem na prespojnik tipa Synchrony ili b) posredstvom pristupnih naprava tipa AD. Sastavni dio CROLINE mreže je centar za nadzor i upravljanje mrežom, iz kojega je moguće nadzirati svaku točku CROLINE mreže i upravljati uspostavom i raskidanjem stalnih virtualnih veza (PVC). Za više potankosti, vidi Prilog 2, „Komutacija paketa“.

CROLINE mreža je povezana s ostalim srodnim mrežama: CROPAK mrežom i Internet-om.

Pouzdanosti rada CROLINE mreže temelji se na, digitaliziranoj telekomunikacijskoj infrastrukturi, kakvoći komutacijske opreme (Synchrony i modema), stručnosti HPT-ovih djelatnika, koji su po potrebi potpomognuti, stručnjacima InfoNET Projekta d.o.o.

ATM mreža

U težnji za univerzalnosti prijenosa u paketskim mrežama, tj. prijenosa osim podataka i prijenos govora, videa tehnološki razvoj je ukazivao na potrebu uporabe većih brzina prijenosa i smanjenje kašnjenje paketa tijekom prolaza kroz mrežu. Tehnološko rješenje za to nađeno je u Asynchronous Transfer Mode-u [6] (pokrata ATM, tj. 'asinkroni način prijenosa' u doslovnom prijevodu). ATM je u suštini ostao paketski prijenos, ali sa znatno većom brzinom prijenosa, više ne 'paketa', nego – 'ćelija' (Cells) kako se osnovni informacijski entitet naziva. Dinamika izgradnje ATM mreže je prikazana u tablici 3.

Datumi	Događaji
09.10.1996.	Vjesnik i Večernji list je objavio: Poziv na pred-kvalifikaciju radi prikupljanja ponuda za isporuku i montažu ... ATM opreme
Listopad 1996. do prosinca 1996.	Prezentacije ATM sustava (navodi se redoslijedom održavanja): Ericsson Nikola Tesla, Siemens, Computech, ECITelecom, Cascade, Fore, i Alcatel.
08.07.1997.	Zaključenje ATM pred-kvalifikacijskog natječaja
Veljača 1997.	Stručna komisija HPT-a (Parun, Perhoč i Volf) posjet instalacijama ATM mreže u Švedska (Stockholm, Telia) i Njemačka (Ulm, Deutsche Telekom)
Ožujak 1997.	Stručna komisija HPT-a (Parun, Perhoč i Volf) posjet instalacijama ATM mreže u Njemačkoj (München) i Švicarska (Bern)
Svibanj 1997.	Stručna komisija HPT-a (Parun, Perhoč i Volf) posjet instalacijama ATM mreže u Francuska (Pais i Nantes), Irska (Dublin)
06.08.1998.	Raspis javnog natječaja za ATM mrežu
04.07.1998.	Otvaranje ponuda za ATM mrežu
01.02.1999.	Potpis ugovora sa tvrtkom Computech za Izgradnja javne ATM mreže i proširenje IP mreže HT-a.

Tablica 3. Ključni datumi u izgradnji ATM mreže

Ako se promotri tablica 3, vidi se da je ideja / potreba za nabavom opreme ATM mrežu startala već 1996. godine, i da je ugovor za nabavu opreme potpisan tek početkom 1999. godine.

Sažetak nabavljene opreme za izgradnju javne ATM mreže i proširenje IP mreže HT-a je dana u nastavku:

A odjeljak

- ATM okosnica (čvorovi: Zagreb x2, Osijek, Rijeka i Split):**
5 kom ATM prosjonnka, prosjonnog kapaciteta >9,6 Gbps; **opremljenih s ukupno:**
 - 10 sučelja brzine prijenosa STM-4;
 - 90 sučelja brzine prijenosa STM-1 i
 - 50 sučelja brzine prijenosa E-3;
 - iskorištenje kapaciteta < 60% (50%)
- Pristupni ATM uređaji:**
30 kom pristupnih ATM uređaja, **svaki** opremljen s:
 - 1 sučelje brzine prijenosa STM-1 za pristup ATM porspojnik i
 - 40 sučelja za brzine prijenosa E-1 raznih specifikacija;
- IMUX uređaji (n x 2 Mbps)**
Nabava 5 parova IMUX uređaja za korisničke potrebe.
- Sustav nadzora i upravljanja**
... koji uključuje podršku za sustav naplate prema ostvarenoj vezi.

5. Ostalo

Rezervni dijelovi; Mjerna oprema; Montaža i montažni materijal; Školovanje.

B odjeljak

1. HDSL modemi za brzinu rada od 2 Mbps

- 1) 100 kom modemskih pod-stalaka i 45 stalaka;
- 2) 400 RM modema s 400 sučelja G.703;
- 3) 800 SA modema.

2. BB modemi za brzinu rada od 64 do 512 kbps

- 1) 120 kom modemskih pod-stalaka i 55 stalaka;
- 2) 450 kom modemskih portova (na min. 180 modema (smještaj u stalku) + 180 primarnih multipleksora);
- 3) 720 kom modema (samostojećih, od čega 540 za 128 kbps i 120 kom za 256 kbps i 60 kom za 512 kbps);
- 4) Sučelja za modeme tipa V.36, X.21, V.35, ukupno: 720 kom.

3. Sustav nadzora i upravljanja

... koji je zajednički za HDSL i BB modeme.

4. Ostala oprema

Premda je ugovor potpisan sa tvrtkom Computech, većina isporučene oprema je iz proizvodnog programa tvrtke Cisco Systems, Inc, čiji je Computech zastupnik u Hrvatskoj. Vrijednost sklopljenog ugovora iznosi nešto više od 8,5 milijuna US\$.

Zbog postupka privatizacije HT-a (prodaja 30% dionica HT, Deutsche Telekomu) 1999. godine, izgradnja javne ATM mreže u Hrvatskoj, je nešto kasnila, te je u komercijalni rad puštena u 2000. godini.

Internet

U 90-tim godinama prošlog stoljeća, smatralo se da će ATM postati okosnica svih ostalih podatkovnih mreža. Međutim razvoj Interneta i njegova popularnost nadmašila je sva očekivanja i preuzela primat ATM mreži. Izgradnju Interneta (Internet mreže u Hrvatskoj) je vodio mr. sc. Žarko Sutlar, dipl. ing. Prema njegovim riječima, eksperimentalni rad javnog Interneta u Hrvatskoj je započeo 1994., a komercijalni rad 1995. godine. Inicijalna oprema za izgradnju Internet mreže Hrvatske, nabavljena je u 'paketu' s opremom za ATM mrežu.

U to vrijeme, zadaci kojima sam se u HPT-u bavio (izgradnja ATM mreže), i druge aktivnosti, udaljile su me od izgradnje i nastajanja Interneta. U mojoj arhivi nemam podataka kojima bih mogao upotpuniti povijesna događanja vezana za nastajanje Interneta u Hrvatskoj, stoga zaključujem moja povijesna sjećanja na ovu danas najpopularniju podatkovnu mrežu Hrvatske. Inače, ja sam, kao i svi drugi korisnici, Internet u Hrvatskoj koristio od njegovih prvih dana.

Zaključak

Sjećam se jednog neformalnog razgovora kojeg sam vodio sa predstavnikom tvrtke Ericssona iz Švedske, krajem 80-tih godina prošlog stoljeća. Tema razgovora se odnosila na budući razvoj podatkovnih mreža. Naime, u to sam doba bio još opterećen metodama dugoročnog planiranja telekomunikacijske mreže i pitao sam mog sugovornika kako raditi buduće planove razvoja podatkovnih mreža. Sugestija mog sugovornika je bila: „Činjenica je da se tehnologija u ICT sferi vrlo brzo mijenja. Ako prepoznajete potrebu za pružanjem neke usluge nekoj skupini, kupite opremu za zadovoljenje prepoznatih korisnika i krećete dalje ...“ Drugim riječima, dugoročna planiranja telekomunikacijskih potreba, u smislu osiguranja buduće infrastrukture (prostora, napajanja, prijenosnih medija i dr.) su stvar prošlosti.

Kada se promatra dinamika nastajanja javnih podatkovnih mreža u Hrvatskoj, vidi se da je od nastanka (prepoznavanja) prvih potreba, do ostvarenja proteklo mnogo vremena, u usporedbi sa izgradnjom podatkovnih mreža u Zapadnom svijetu. Primjerice od prvih razgovora izgradnje JUPAK mreže pa do komercijalnog rada, proteklo je 7 godina. Izgradnja CROLINE mreže trajala je 2 godine, a izgradnja ATM mreže 4 godine.

Ukupna vrijednost neposrednih investicije u javne podatkovne mreže, koje su izgradile Hrvatske telekomunikacije, iznosile su otprilike: 18,6 milijuna US\$.

Na kraju, ne mogu završiti ove povijesne uspomene, a ne nabrojiti osobe, koje su prema mojem sjećanjima, svaka u svojoj domeni odgovornosti, u PTT-u / HPT-u u Zagrebu, bile neposredno uključene

u izgradnju i dale ključan doprinos izgradnji tih mreža u Hrvatskoj. Imena tih osoba navedena su abecednim redom: Zdravka Bralić, Rudolf Jovanović, Vladimir Juriša, Zvonko Mesec, Neno Paić-Antunović, Darko Perhoč, Igor Periša, Žarko Sutlar, Mladen Šutalo, Zoran Urh, Josip Zavalić, Miljenko Zuber i Davorin Žvab. Dio zasluga za uspješnu uspostavu i rad javnih podatkovnih mreža pripada i stručnim suradnicima iz poduzeća „Ericsson Nikola Tesla“ iz Zagreba, te stručnjacima InfoNET projekta iz Zagreba.

LITERATURA

1. 130 GODINA HRVATSKE STATISTIKE 1875. – 2005., a Državni zavod za statistiku Republike Hrvatske, Zagreb, Ilica 3, Zagreb, 2005.
2. 1987 Summer Universiade, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/1987_Summer_Universiade (preuzeto: 15.04.2021.)
3. 20 zanimljivih podataka o Univerzijadi '87, Wikipedia, <https://www.zagrebonline.hr/20-zanimljivih-podataka-o-univerzijadi-87-koje-mozda-niste-znali/> (preuzeto: 15.04.2021.)
4. APIS IT 50 GODINA, http://www.apis-it.hr/micro_50/index.html (preuzeto: 05.04.2021.)
5. ARPANET, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/ARPANET> (preuzeto: 26.03.2021.)
6. Asynchronous Transfer Mode, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode (preuzeto: 12.06.2021.)
7. AXB 20-All Electronic, Stored Program-Controlled System for Telex and Asynchronous Data Traffic, Ericsson Review, No 1/1977, https://www.ericsson.com/4ab126/assets/local/about-ericsson/ericsson-history/lme-review/documents/da2011-35569-ericsson_review_vol_54_1977_1.pdf (preuzeto: 16.03.2021.)
8. ERIPAX, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/ERIPAX> (preuzeto: 11.03.2021.)
9. Frame Relay, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Frame_Relay (preuzeto: 12.06.2021.)
10. GlasiloSrca-br-1.pdf, [GlasiloSrca-br-1.pdf \(srce.hr\)](http://glasilosrca.hr/GlasiloSrca-br-1.pdf) (preuzeto: 30.03.2021.)
11. Jovanović, Rudolf: „Analiza izgradnje i rada mreže za prijenos podataka GRADPAK“, Istraživanja na području telekomunikacija i informatike, Projekt 1.07.04.; Zadatak 1.07.04.01.03.: Istraživanja na području javne mreže za prijenos podataka, Izvještaj za 1987. godinu.
12. News & Notes No 1/1982, Informacija / letak, LM Ericsson, Stockholm (sastavni dio Priloga 1)
13. Packet Switch Stream, Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Packet_Switch_Stream (preuzeto: 18.03.2021.)
14. Poslovni izvještaji RO PTT prometa Zagreb, godine XXXX
15. R. Jovanović i Ž. Volf: „Izgradnja i eksploatacija GRADPAK mreže“, Elektrokomunikacije – Informacije TTU „Nikola Tesla“, 17 (1998)
16. Recenzija Vuković NT.pdf (Prilog 1),
17. Roberts, G. Lawrence: Evolution of Packet Switching [http://www.ece.ucf.edu/Lawrence G. Yuksem/teaching/nae/reading/1978-roberts.pdf](http://www.ece.ucf.edu/Lawrence%20G.%20Yuksem/teaching/nae/reading/1978-roberts.pdf) (preuzeto: 08.04.2021.)
18. Roberts, G. Lawrence: Evolution of Packet Switching.pdf, PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 66, NO. 11, NOVEMBER 1978
19. Synchronous optical networking, Wikipedia, https://en.wikipedia.org/wiki/Synchronous_optical_networking (preuzeto: 29.07.2021.)
20. X.25, Wikipedia, <https://en.wikipedia.org/wiki/X.25> (preuzeto: 18.03.2021.)
21. Z. Bralić, Ž. Volf "POČETNA I SKUSTUA U EKSPLOATACIJI JUPAK MREŽE U SR HRVATSKOJ", Projekt 1.07.04 Istraživanja na području telekomunikacija i informatike, Zadatak 1.07.04.01.03 Istraživanja na području javne mreže za prijenos podataka, Izvještaj za 1989. godinu.
22. Z. Bralić, Ž. Volf i M. Zuber „Priprema za izgradnju javne mreže za prijenos podataka u SR Hrvatskoj“, INFORMATIKA 21. prosinca 1982., Zagreb.
23. Želimir Volf: „CROAPAK MREŽA“, MIPRO, Opatija 1998

DATA NETWORKS IN CROATIAN TELECOM FROM 1970 TILL 2000

Summary: In period from 1970 till 2000, Croatian Telecommunication have built and opened to traffic four data networks, by names: GRADPAK network, JUPAK / CROAPAK network,

CROLINE network, ATM network and Internet. The common feature for all of them were PACKET Switching principle that they employed. In the beginning of 70-ties, there were doubts in respect to the type of switching to be used. Doubts were resolved by adopting PACKET switching principles. The article describes planning, preparation and building of these public data networks in Croatia. GRADPAK net was the data transmission basis for the Summer Universiade 1987 in Zagreb. Followed building and integration of GRADPAK net into the JUPAK, later known as CROAPAK net. Telephone network digitalization in the beginning of 90's enabled introduction of Frame Relay Switching and consequently building up the CROLINE net in 1996. Following the world trend, Internet was implemented in 1994 as a trial phase and one year later as it was open to commercial operation. In parallel with this, the planning and building of the ATM net in Croatia commenced.

Keywords: data transmission, data networks, GRADPAK network, JUPAK network, CROAPAK network, CROLINE network, ATM network, Internet, X.25, ARPANET, PTT, HPT, LM Ericsson, ERIPAX, AXB 30.

Želimir Volf