

Ne-Brezhibni Protokol

Matjaž Vidmar, S53MV

1. Na prelomu tisočletja

Svetu vlada tisti, ki obvladuje komunikacije. Gulielmo Marconi je samo eden od številnih inženirjev in znanstvenikov, ki so pred dobrim stoletjem razvijali prve radijske zveze. Večino stvari so verjetno izumili Hertz, Tesla in še mnogi drugi. Marconi-jeva velika zasluga je v tem, da je izum ponudil pravemu uporabniku, mornarici tedanjega Britanskega cesarstva, v katerem ni Sonce nikoli zašlo. Iz laboratorijske zanimivosti "norih" znanstvenikov je radio tedaj naenkrat postal vsakodnevna, uporabna, koristna in pomembna naprava.

Podobno bi lahko rekli o vesoljski tehniki pred pol stoletja. Vesoljske odprave s človeško posadko so sicer polnile naslovnice časopisov, najpomembnejši korak naprej pa so bile ravno satelitske komunikacije. Evropa je počasi dohitevala velesili in komaj pred tremi desetletji izdelala prvo uporabno raketo Ariane. Še pred četrto stoletja so načrtovalci pričakovali, da bojo šle vse telefonske zveze v Evropi na razdalji več kot 800km preko enega ali več telekomunikacijskih satelitov.

Tok zgodovine je ponovno spremenil droben izum: svetlobno vlakno z zunanjim premerom komaj osminko milimetra, kjer se vse dogaja v jedru premera komaj 9 mikrometrov. Eno samo svetlobno vlakno, popolnoma enako kot vam ga danes poštarji napeljejo v hišo namesto telefonske parice, omogoča s primerno terminalno opremo zmogljivost več kot en terabit na sekundo (miljon megabitov/s ali 10^{12} bitov/s) v preoceanskem kablu. En Tbit/s je več kot vsota zmogljivosti vseh telekomunikacijskih satelitov, ki so bili kdajkoli izstreljeni v vesolje...

Pomen vesoljske tehnike se je z množično uporabo svetlobnih vlaken bistveno skrčil. Če je še pred četrto stoletja poletelo z zemlje v vesolje tudi 150 raket letno, se je to število danes skrčilo na tretjino oziroma 50 raket letno. Ogromna parabolična zrcala premera 20m ali 30m zemeljskih postaj za satelitske komunikacije so večinoma že razžagali in odpeljali na odpade. Le maloštevilne so predelali v muzeje telekomunikacij: Pleumeur-Bodou v Franciji oziroma Raisting v Nemčiji.

Zaletavi poslovneži so radijskim zvezam takoj pripisali novo vlogo. Nič več zvez na velike razdalje, pač pa premoščanje zadnjega kilometra do končnega uporabnika, kjer je kopanje jarka za kabel s svetlobnimi vlakni predrago ali nemogoče, na primer do premikajočega se uporabnika. Zmanjševanje dometa radijske zveze se obrestuje le do določene meje, glede na gostoto uporabnikov. Telefoni GSM so še kar uspešni, številne sodobne digitalije z visoko-donečimi kraticami UMTS (novi telefoni), WiMAX (brežžični internet) in podobno pa zagotovo (poslovna) polomija.

Napovedi pravijo, da bo ob prelomu tisočletja mariskaj izginilo

ali izumrlo. Na seznamu 20 stvari, ki naj jih v 21. stoletju ne bi več videli, so se na primer znašle vinilne gramofonske plošče, fotoaparati na filmski trak in radioamaterji (ali "ham-radio", kot to imenujejo na drugi strani velike luže). Povsem jasno, zastarelim in neučinkovitim načinom komuniciranja, kot je Morse-jeva telegrafija s sprejemom na sluh, zastarelim in dragim radijskim postajam, ki s preveliko močjo oddajnika povzročajo motnje drugim električnim napravam, zastarelim protokolom komuniciranja in nezdržljivosti radioamaterskih z ostalimi vrstami zvez se danes posmehuje že vsak otrok s svojim mobilnim telefonom v roki.

Vrsta radijske zveze	Leto	Zmogljivost (C)	Pasovna širina (B)	Spektralna učinkovitost (C/B)
Morse-jeva telegrafija	1900	10bit/s	500Hz (zvonjenje)	0.020bit/s/Hz
Radio teleprinter	1950	50bit/s	250Hz	0.200bit/s/Hz
GSM telefon	1990	271kbit/s	200kHz	1.355bit/s/Hz
MIMO WLAN (802.11n)	2010	108Mbit/s	11MHz	9.818bit/s/Hz

Slika 1 - Primerjava učinkovitosti različnih radijskih zvez.

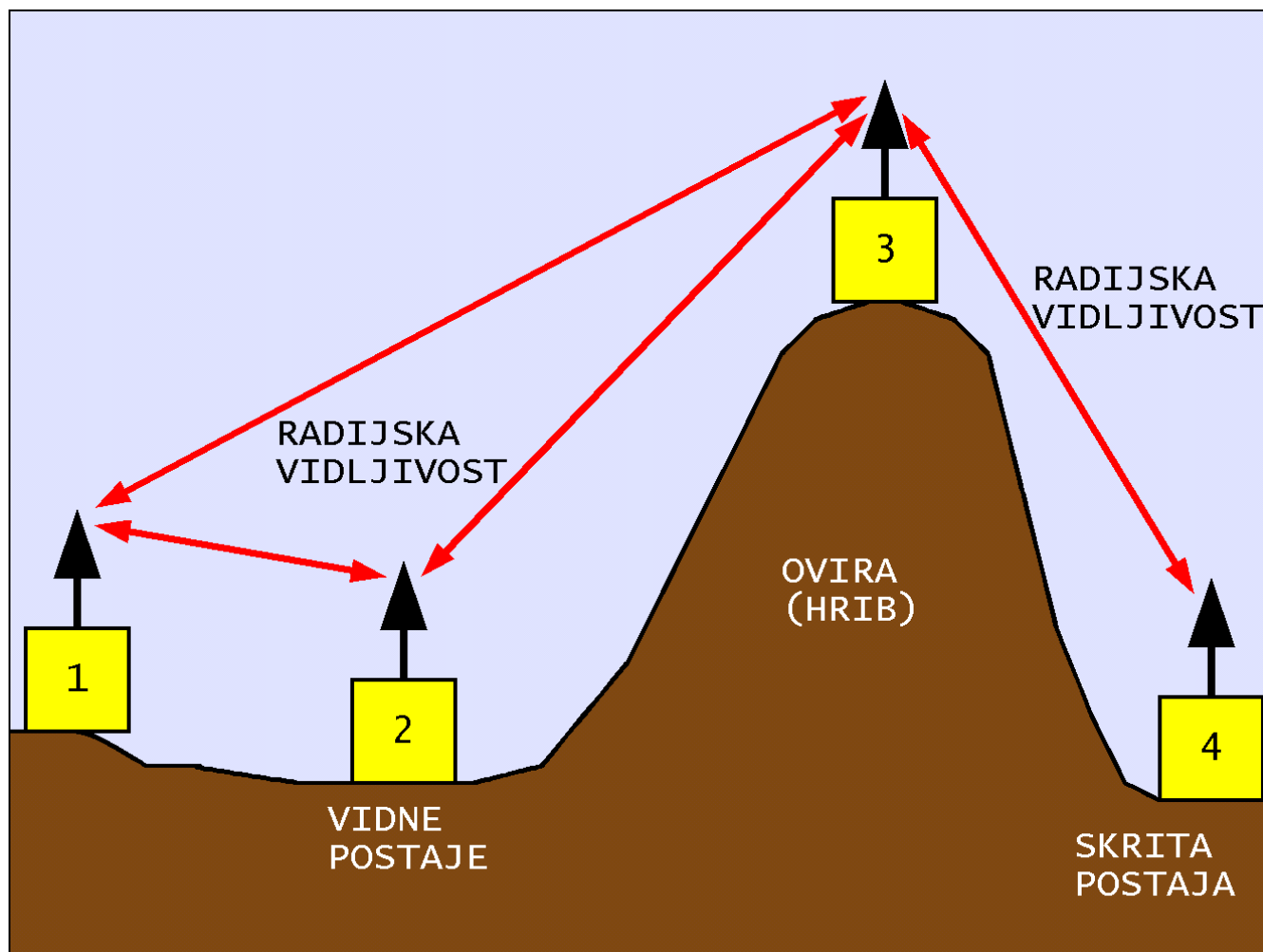
Kot nakazuje razpredelnica, se razvoj radijskih zvez ni ustavil niti v pogledu zmogljivosti niti v pogledu spektralne učinkovitosti. Poleg gole radijske zveze ne smemo pozabiti še na razvoj učinkovitih protokolov komuniciranja v sami radijski zvezi ter v povezavi z ostalim svetom. V takšnem živahnem razvojnem okolju so poskusi, eksperimentiranje, izobraževanje in šolanje so še vedno potrebni.

Da so v novem tisočletju v svetu, kjer se vse spreminja, še kako potrebni poskusi, eksperimentiranje, izobraževanje in šolanje, se zavedajo tudi pri mednarodni zvezi za telekomunikacije ITU. V svojem pravilniku "Radio Regulations" zato ITU še vedno namenja določene radio-frekvenčne pasove tako imenovani "radioamaterski" storitvi. Skladno z "Radio Regulations" dodeljuje iste radio-frekvenčne pasove v eksperimentalne in izobraževalne namene tudi večina držav članic OZN in posledično ITU.

Na srečo se število tistih, ki sami sebe ponosno imenujejo radioamaterji, v resnici pa zlorablajo določila ITU z zastarelo opremo in s svojim lastnim neznanjem, vztrajno zmanjšuje. To dejstvo pa vsem nam ostalim ni v opravičilo. Če razpolagamo z omejeno naravno dobrino, kot so radio-frekvenčni pasovi, potem moramo to dobrino v resnici izkoristiti za razvoj nove radijske opreme in pripadajočih komunikacijskih protokolov ter posredovati pridobljeno znanje drugim, kot to zahtevajo "Radio Regulations" in drugi pravilniki.

2. Amaterski protokoli in omrežja

Vse do pojava cenениh računalnikov pred tremi desetletji je bila večina zvez, radijskih in žičnih, omejena na preprosto zvezo točka-točka. Izvor informacije je bil človek pri oddajniku, ponor informacije pa drug človek pri sprejemniku. Omrežja so bila silno preprosta in so vedno združevala le enake vrste zvez. Še najbolj kompliciran gradnik omrežij je bila telefonska centrala. Vsi amaterski poskusi so bili zato omejeni na zveze točka-točka.



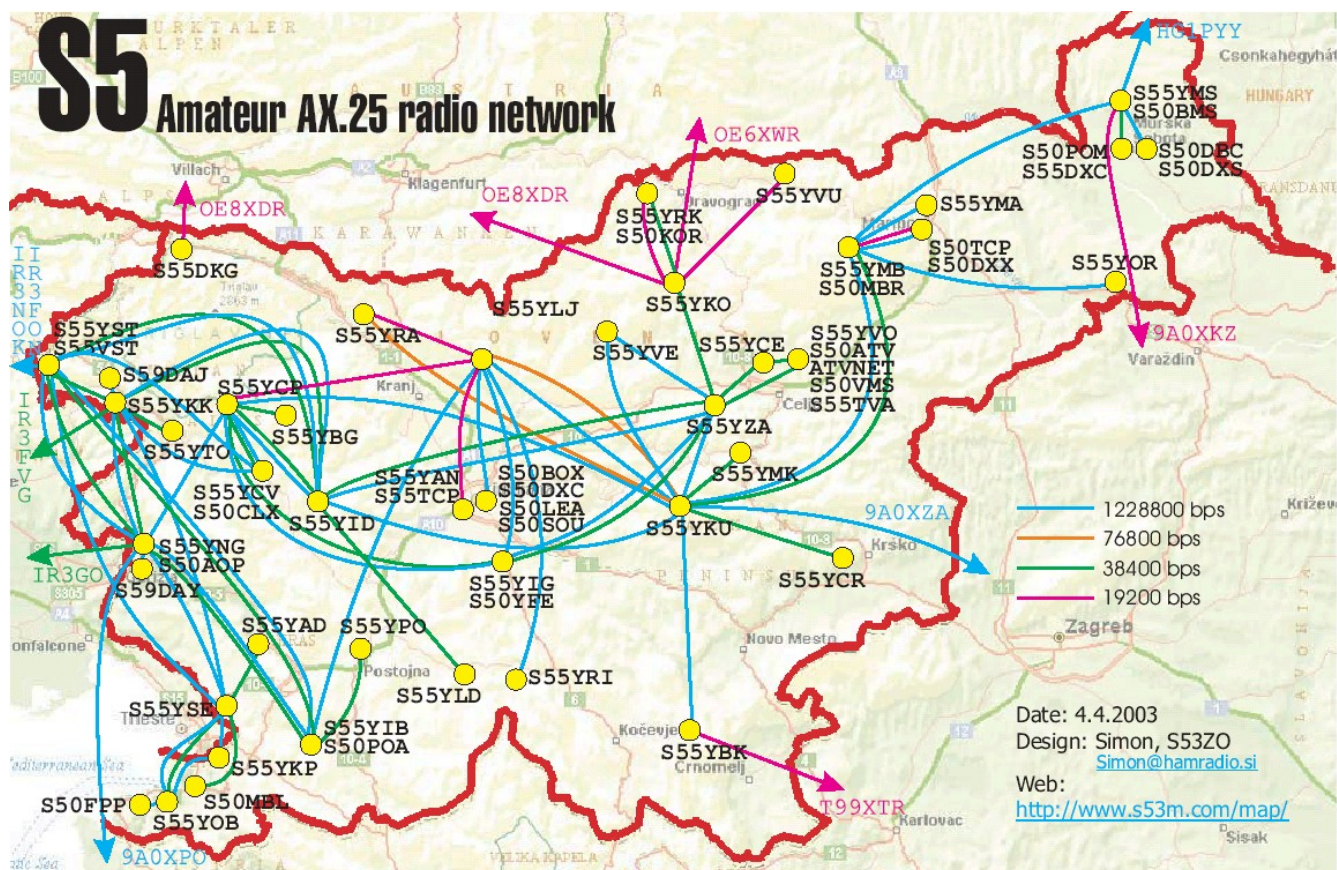
Slika 2 - Radijsko omrežje s skrito postajo.

Radijsko omrežje s skrito postajo je preprost primer, ki zahteva silno previdne udeležence, da se ne motijo med sabo na istem radio-frekvenčnem kanalu. Duhamorno delo izurjene človeške posadke v tem primeru zlahka prevzamejo računalniki, ki izvršujejo predpisani protokol vzpostavljanja zvez v takšnem omrežju, da omejijo oziroma izločijo medsebojne motnje.

Razvoja primernih komunikacijskih protokolov so se najprej lotili računalnikarji v sedemdesetih letih prejšnjega stoletja. Radioamaterji smo jim kmalu sledili s protokolom AX.25 okoli leta 1980. V primerjavi s preprostimi zvezami točka-točka vsebujejo okvirji AX.25 poleg uporabniških podatkov še obširno naslovno polje,

upravno polje in kontrolno vsoto CRC za nadzor napak pri prenosu. Srce protokola se skriva v upravnem polju, ki določa pravilen vrstni red podatkovnih okvirjev ter skrbi za ponavljanje izgubljenih okvirjev.

Sam protokol AX.25 je bil zasnovan izredno široko: ni bil vezan na vrsto uporabljenih radijskih postaj, niti na vrsto modulacije, niti na bitno hitrost, niti na vrsto prenesenih podatkov. Omogočal je povezavo različnih omrežij z različnimi modulacijami, z različnimi bitnimi hitrostmi in celo z različnimi vgrajenimi protokoli vključno s prenosom Internetnega Protokola (IP4).



slika 3 - Omrežje AX.25 v Sloveniji.

Obširna omrežja AX.25 so se gradila po celem svetu v osemdesetih in devetdesetih letih prejšnjega stoletja. Pri nas nismo kaj dosti zaostajali, pač pa smo razvili enega najhitrejših omrežij AX.25 z učinkovitimi in preprostimi BPSK radijskimi postajami z ničelno medfrekvenco, ki so omogočale hitrost prenosa 1.2288Mbit/s. Vse naše radijske postaje, modemi in omrežni računalniki so podrobno opisani v knjigi "DIGITALNI MOSTOVI", Radio klub Murska Sobota, 2000.

Protokol AX.25 je imel kar nekaj pomanjkljivosti:

(1) združuje vsaj tri OSI ravni (MAC+IP+TCP) v eno samo raven v enem samem protokolu: kompliciran protokol in hkrati slabo združljiv z IP svetom,

(2) AX.25 strogo zahteva sprejem okvirjev v pravilnem vrstnem redu: ce se izgubi prvi okvir paketa, je celoten paket okvirjev izgubljen,

(3) naslovno polje je nestandardne dolžine (mnogokratnik 7 byte) in vsebuje poleg naslovov (radioamaterski znaki) še druge podatke, ki jih je nerodno izluščiti,

(4) delovanje protokola je odvisno od številnih notranjih spremenljivk: vzpostavitev zveze, števci okvirjev, različni časovniki,

(5) obstaja cela množica nezdružljivih inačic: vsak pisec programa si je standard AX.25 razlagal po svoje, programi polni napak!!!

V slovenskem omrežju smo izvorni protokol AX.25 sicer razširili tako, da je dopuščal tudi daljše okvirje od predpisanih. IP okvirjev tako ni bilo treba drobiti na manjše dele za prenos po AX.25. Kljub temu so opisane pomanjkljivosti AX.25 znižale hitrost prenosa IP okvirjev za faktor 10-krat: iz teoretskih 150kbyte/s megabitne BPSK radijske postaje na komaj 15kbyte/s v omrežju SuperVozljev.

V novem tisočletju je začel AX.25 počasi odmirati. Ceneni ADSL modemi so omogočali hitrejši dostop do interneta, spletni brskalniki pa veliko udobnejše delo od tekstovnega terminala AX.25. Hkrati se je pojavila tudi cenena WLAN (WiFi) oprema, najprej v frekvenčnem pasu 2.4GHz in nato še 5GHz, ki omogoča preprosto gradnjo radijskih IP omrežij, čeprav majhnega dometa.

Programska podpora AX.25 je bila v glavnem vezana na operacijski sistem MS-DOS. Nekaj pomanjkljive podpore je bilo tudi v prvotnih inačicah operacijskega sistema Linux. Programska oprema AX.25 za okolje windows je res skromna in je vprašljivo, če bo sploh še delovala na novejših različicah teh operacijskih sistemov.

Omrežje AX.25 so marsikje po svetu že ugasnili. Pri nas sicer še vedno deluje večina vozlišč z zemljevida iz leta 2003, a se je število uporabnikov v zadnjih desetih letih močno skrčilo. Vzdrževanje starajoče računalniške in radijske opreme po naših hribih postaja čedalje bolj težavno. Nekaj bo torej treba ukreniti:

(1) razvoj nove opreme za protokol AX.25 verjetno ni smiseln, saj ima AX.25 preveč pomanjkljivosti, goli protokol in avtomatika vozlišč so prilagojeni delu s tekstovnim terminalom, ki je po nepotrebnem kompliciran in hkrati slabo združljiv z IP,

(2) WLAN (WiFi) oprema je sicer zmogljiva in poceni, določeni kanali WLAN padejo tudi v radioamaterska frekvenčna področja 2.4GHz in 5.6GHz, je pa omejena z dometom in s samim Internetnim Protokolom, ki zahteva IP usmerjanje na vsakem odseku zveze,

(3) razviti popolnoma nov protokol za OSI raven MAC, ki je uporaben tako za IP kot za druge protokole višjih ravni, ki temelji na izkušnjah AX.25 in WLAN, ter pripadajočo strojno in programsko opremo: to je namen tega članka.

3. Ne-Brezhibni Protokol

Kaj pravzaprav zahtevamo od novega protokola? Na ravni MAC naj bi iz radijske zveze naredili nekaj podobnega žični zvezi. Za žico vemo, kam je napeljana. Radijska zveza potrebuje naslavljanje v protokolu. Izgube podatkov so na žici zelo majhne in jih lahko nadomestijo protokoli na višjih ravneh. Izgube so v radijskem omrežju s skrito postajo lahko zelo velike, zato potrebujemo protokol, ki ponavlja izgubljene okvirje.

Od protokola na ravni MAC ne zahtevamo, da bi bil brezhiben. Občasno se kakšen okvir lahko tudi izgubi brez večje škode, saj takšno izgubo nadomestijo protokoli na višji ravni enako kot v žični zvezi. Vrsten red prenosa podatkovnih okvirjev je nepomemben, saj jih bo pravilno razvrstil protokol na višji ravni. V določenih primerih je na ravni MAC smiselno celo namerno zavreči kakšen veljaven podatkovni okvir, ker je zaradi velike zakasnitve že prišlo do ponavljanja na višji ravni.

Kar od protokola na ravni MAC dodatno zahtevamo, je to, da je izredno zanesljiv. To pomeni, da ima čimmanj notranjih spremenljivk in časovnikov, ki se lahko zaplezajo ter nobene avtomatike. Prav številne notranje spremenljivke in časovniki so velika hiba AX.25, avtomatika SuperVozljev pa pri prenosu IP okvirjev naredi dosti več škode kot koristi. Številne notranje spremenljivke, časovniki in različne avtomatike so tudi glavna hiba WLAN (WiFi) opreme, ki vedno vsebuje usmerjevalnike na ravni IP.

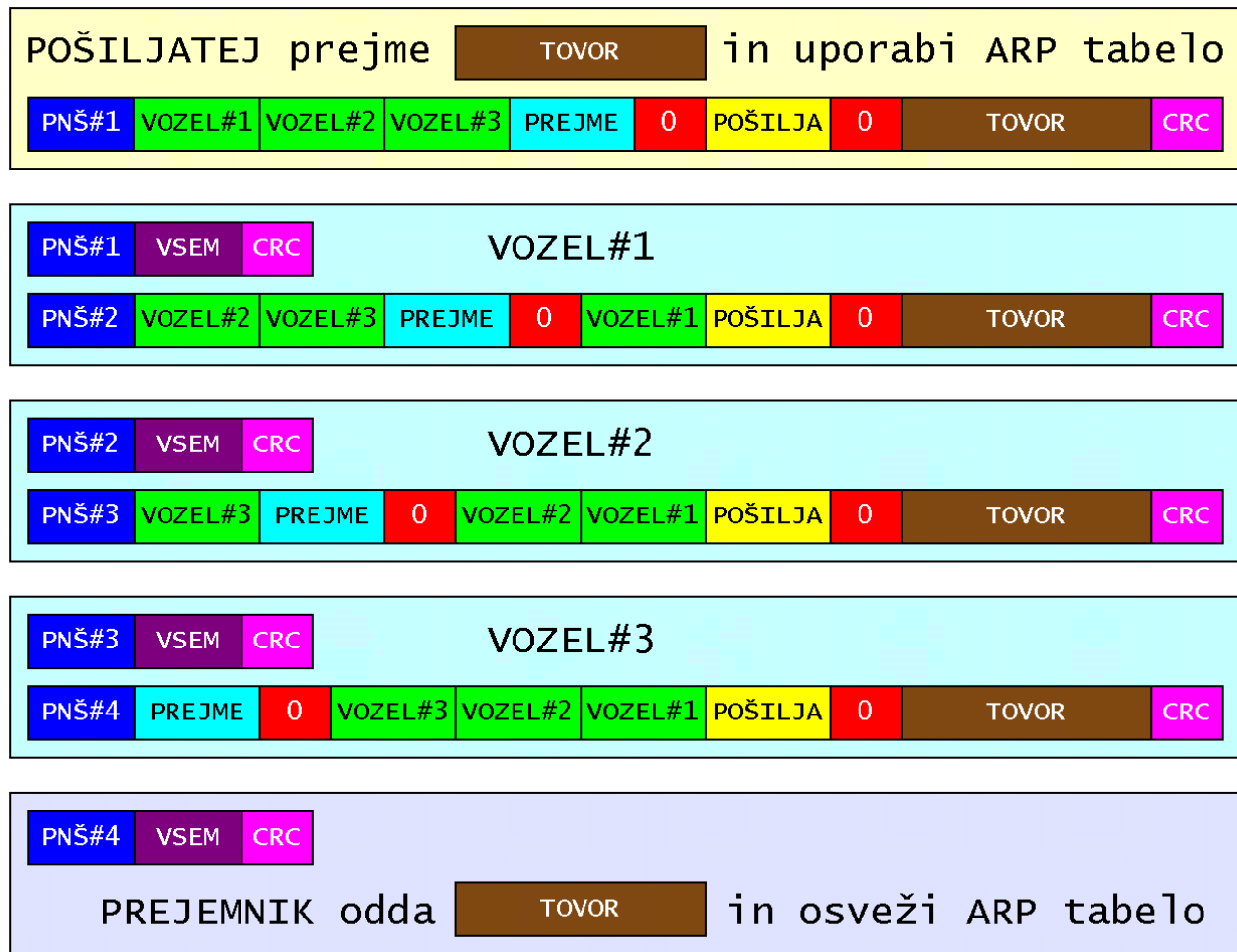
AX.25 SuperVozlji in WLAN-WiFi oprema zato zahtevajo stalnega vzdrževalca vrste "Sysop-the-God", ki nastavlja številne parametre ter se občasno odpravi na hrib pritisniti tipko za RESET. Novi protokol na ravni MAC naj bi vse to poenostavil: parametre težko dostopnih škatlic po hribih nastavimo enkrat za vselej pri gradnji omrežja, z usmerjanjem se ukvarjamo v dolini, omrežje naj deluje tisti trenutek, ko priklopimo napajanje, brez osveževanja usmerjevalnih tabel, enako kot analogni repetitor.

Ključna beseda je torej ENOSTAVEN PROTOKOL! Ni vse v IP svetu, enostaven protokol na ravni MAC potrebujemo tudi drugje. Preprosti oddajniki in sprejemniki za 433MHz, 866MHz in druga ISM področja so danes zelo poceni, toda kako preko njih prenašati podatke? Proizvajalci nam poleg strojne opreme pogosto ponujajo še njihov "proprietary protocol", ki ni zastoj in zagotovo ne počne tistega, kar bi mi radi. Kako torej narediti preprosto telemetrijo ali telekomando, brez nezanesljivih čudnih protokolov?

Prva odločitev za Ne-Brezhibni Protokol: naslovi so 32-bitna števila. Teh je zadosti različnih tudi za Kitajce. V 32-bitnem mikrokrmilniku to pomeni eno računsko operacijo za primerjavo naslova. Obstajata dva posebna naslova: same ničle in same enice. Same ničle je prepovedani naslov in se uporablja kot ločilo med različnimi polji v podatkovnem okvirju. Same enice je posebni naslov VSEM, to se pravi okvir, ki je naslovljen vsem postajam.

Podatkovni okvir mora vsebovati vsaj prejemnika in pošiljatelja, kar pozna večina protokolov na ravni MAC. V radijskem omrežju

potrebujemo še nekaj več. Vsak okvir mora biti označen z edinstveno značko, da lahko enoveljavno potrdimo njegov sprejem. Češar večina protokolov na ravni MAC ne pozna, pozna pa AX.25, je to, da poleg prejemnika in pošiljatelja v naslovnem polju določimo tudi naslove vozlov, preko katerih bo okvir potoval.

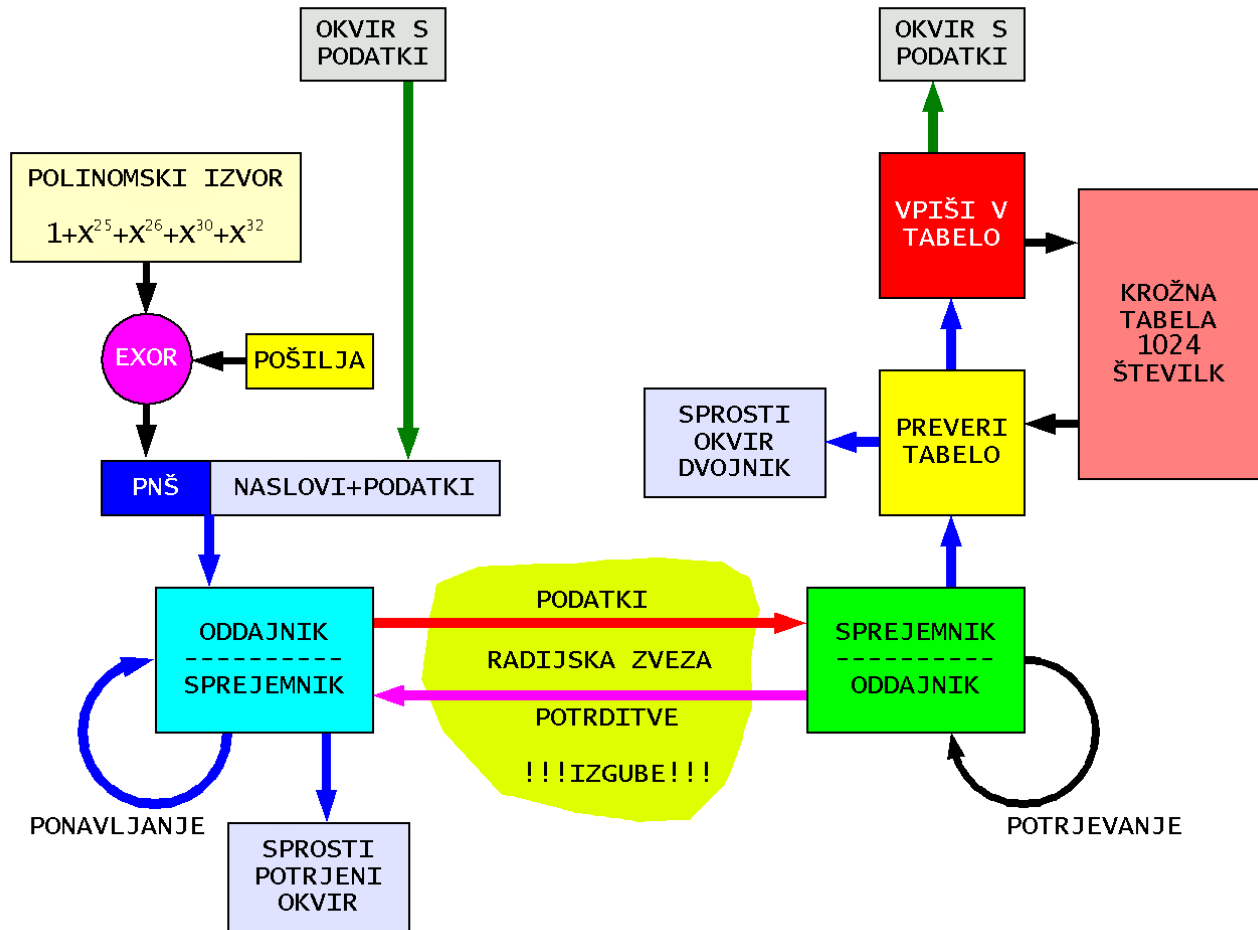


Slika 4 - Naslavljanje v Ne-Brezhibnem Protokolu.

Vsak okvir v Ne-Brezhibnem Protokolu začne z edinstveno značko in konča s kontrolno vsoto CRC. Naslovi so urejeni tako, da se na prvem mestu vedno nahaja naslov trenutnega prejemnika, ne glede na to, če je to samo vmesna postaja ali končni prejemnik. V vsakem okvirju so shranjeni tudi naslovi pošiljatelja in naslovi vseh vozlov, preko katerih je okvir že potoval. Na ta način prejemnik vedno pozna pot, kako poslati odgovor po isti poti nazaj.

Naslovi so preprosto urejeni z ločili (prepovedani naslov 0). Prva skupina so naslovi, ki še niso bili uporabljeni. Druga skupina so že uporabljeni naslovi za pot odgovora nazaj. Sledi koristni tovor uporabniških podatkov (na primer IP okvir). Po sprejemu okvirja vozle preprosto prestavi svoj naslov iz prvega meta v prvi skupini naslovov na prvo mesto v drugi skupini naslovov. Skupna dolžina okvirja se pri tem ne menja!

Druga odločitev za Ne-Brezhibni Protokol: edinstvene značke okvirjev so 32-bitna pseudo-naključna števila. NBP torej ne pozna vzpostavljanja radijske zveze! Vsak okvir se na vsakem odseku zveze potrjuje neodvisno od vsega ostalega prometa v omrežju. Seveda obstaja zelo majhna ampak od nič različna verjetnost, da dva različna okvirja dobita enako značko. Protokol torej ni brezhiben! Matematična orodja nam omogočajo, da naredimo verjetnost takšnega dogodka zadosti majhno.



Slika 5 - Zaščita v Ne-Brezhibnem Protokolu.

Postopek tvorjenja edinstvenih značk je 32-bitni polinomski izvor, ki mu prištejemo modulo-2 naslov trenutnega pošiljatelja (lahko je vmesni vozil). Ker imajo udeleženci različne naslove, tvorijo različna pseudo-naključna zaporedja. Če dva udeleženca slučajno proizvedeta enaki znački, se ta pojav ne bo dolgo časa ponovil. Protokol na višji ravni lahko tedaj uspešno ponovi oddajo izgubljenega okvirja.

Potrditvene okvirje prepoznamo po tem, da vsebujejo samo edinstveno značko in en sam naslov. Naslov je lahko VSEM oziroma natančen prejemnik, to se pravi pošiljatelj podatkovnega okvirja z isto značko. Če pošiljatelj podatkov ne prejme potrditve v določenem času, ponovi oddajo podatkovnega okvirja. Ponaavljanje seveda ne gre

v nedogled, po določenem številu neuspešnih ponavljanj se podatkovni okvir zavrže. Ne-Brezhibni Protokol tu potrebuje dva parametra: čas ponavljanja in število ponavljanj. Oba nastavimo enkrat za vselej ob gradnji omrežja glede na vrsto uporabljene radijske zveze.

Če se v radijski zvezi izgubi potrditveni okvir, sprejemnik dvakrat ali večkrat dobi isti podatkovni okvir. Protokol mora seveda zagotoviti, da se takšni dvojniki izločijo. V Ne-Brezhibnem Protokolu sprejemnik hrani določeno število značk sprejetih okvirjev v krožni tabeli: novo sprejeta značka zamenja najstarejši vpis v tabeli. Značka vsakega sprejetega okvirja se primerja z vsemi vpisi v tabeli. Če je enaka značka že v tabeli, se dvojnik zavrže.

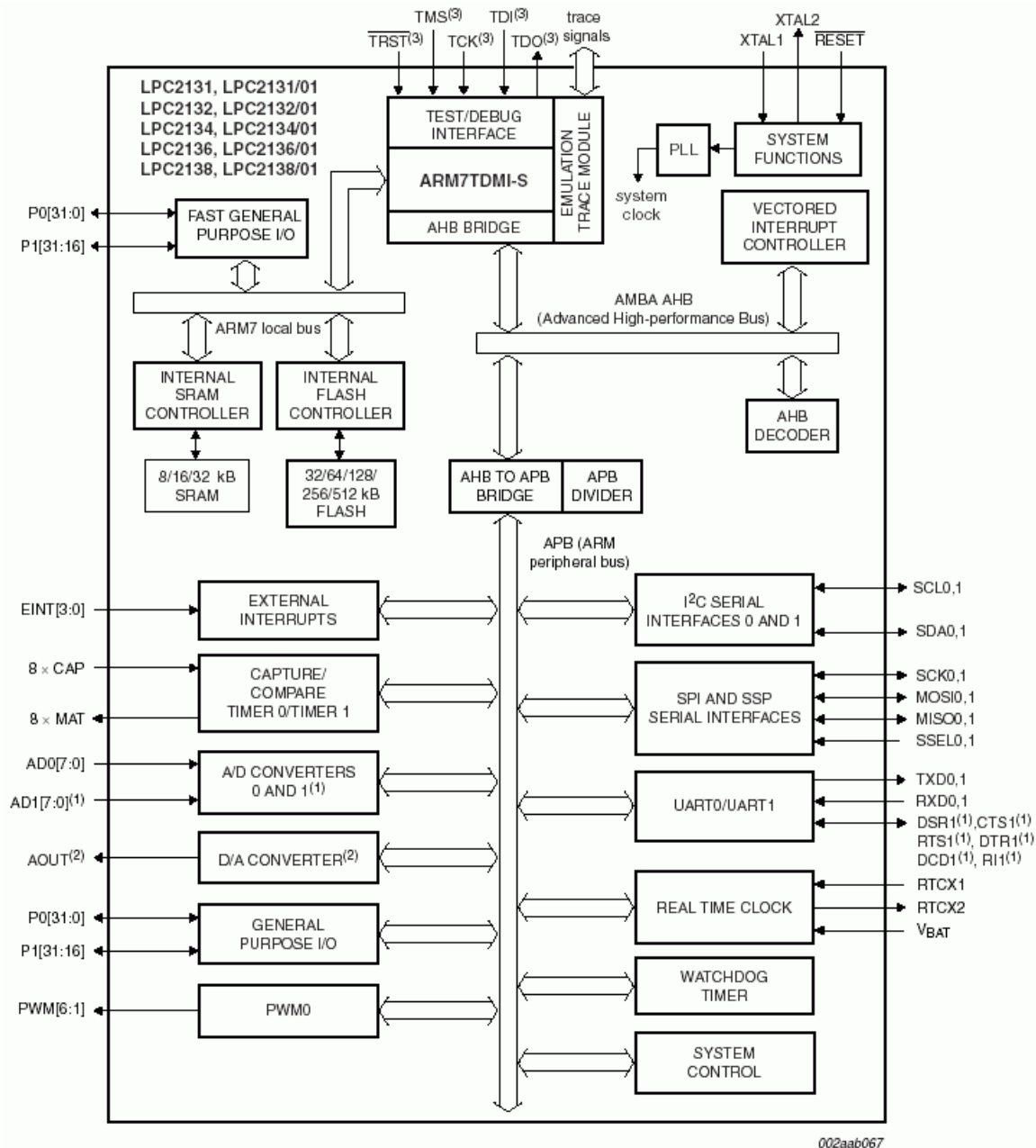
Tabela dvojnikov potrebuje pomnilnik, primerjava značk zahteva določen čas. Velikost tabele dvojnikov je zato ključnega pomena. Kratek račun pokaže, da je tabela za 1024 značk dovolj velika, da je verjetnost dvojnika izredno majhna. Hkrati zahteva 1024 32-bitnih števil komaj 4kbyte pomnilnika. 1024 primerjav za vsak sprejeti podatkovni okvir je povsem znosno opravilo za sodoben 32-bitni procesor.

Končno, vsak protokol potrebuje določen način uokvirjanja podatkov ter izračuna CRC. Trenutna inačica NBP uporablja kar HDLC (X.25) uokvirjanje s 16-bitnim CRCjem (polinom delitelj $1+X^5+X^{12}+X^{16}$ po CCITT) za preprosto združljivost z obstoječo opremo AX.25 omrežja. Okvirji NBP zaenkrat nimajo glave AX.25, čeprav bi se jo dalo dodati z namenom združljivosti. Glava AX.25 pomeni najmanj dodatnih 16byte na začetku vsakega okvirja, tudi kratkih potrditev: dva naslova (dvakrat 7byte), Control in PID.

Možna je tudi uporaba Ethernet okvirjev z 32-bitnim CRCjem. Naslavljanje je v NBP tako urejeno, da je trenutni naslovnik vedno na istem mestu, kar omogoča uporabo primerjave naslovov kar v Ethernet MAC vmesniku. Ethernet MAC vmesnik je vgrajen v številne cenene mikrokrmilnike različnih proizvajalcev in omogoča poljubne hitrosti vse do 100Mbit/s.

4. ATNC

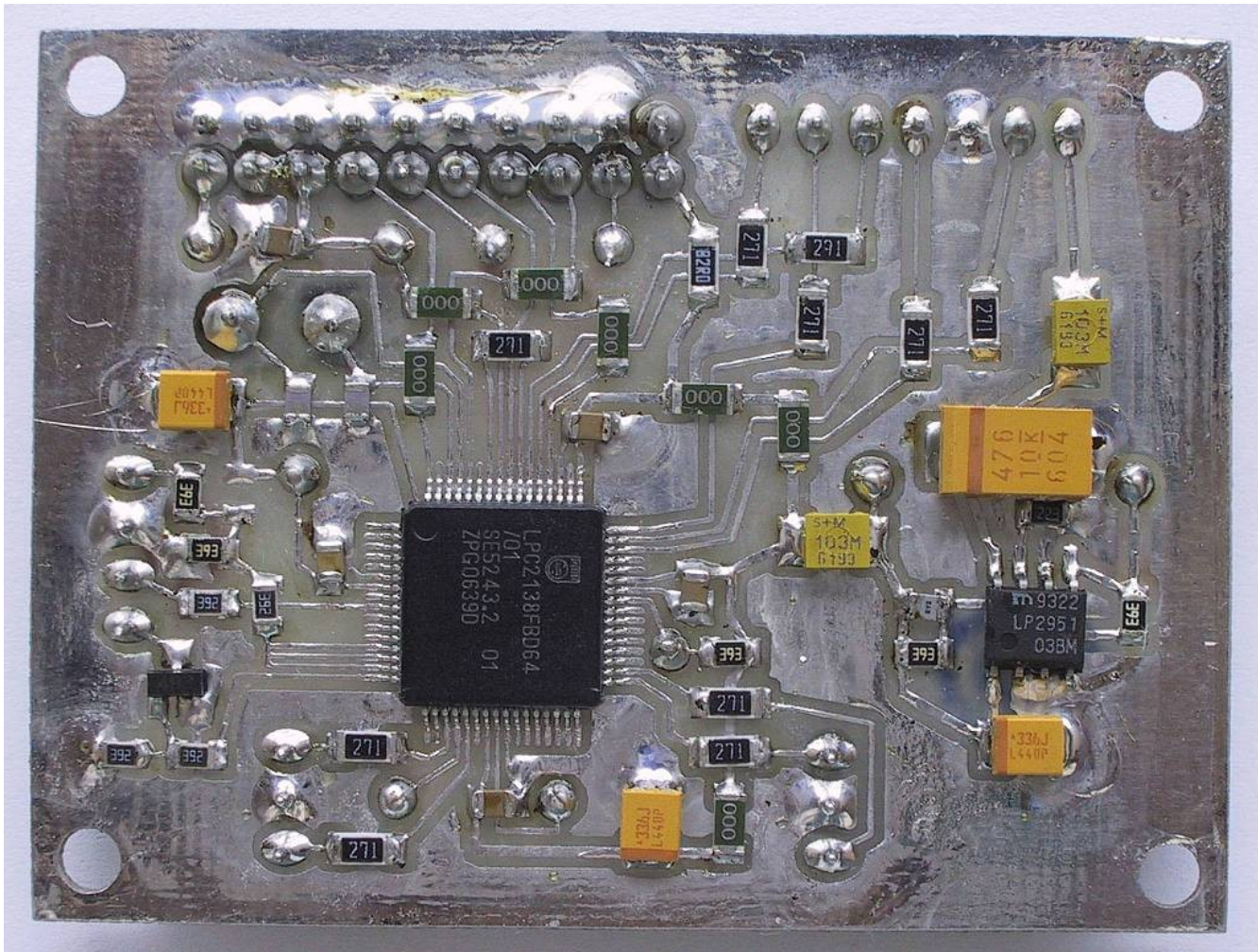
Ne-Brezhibni Protokol postane uporaben šele tedaj, ko se zanj izdela primerna strojna in programska oprema. V protokolu AX.25 je primeren vmesnik med radijsko postajo in računalniško opremo dobil ime "Terminal Node Controller" oziroma priljubljeno kratico TNC. TNC je bil pred 30 leti komplicirana naprava z mikroračunalnikom, pomnilniki EPROM in RAM, različnimi vmesniki, modemom itd.



slika 6 - vsebina mikrokontrolerka LPC2138.

Sodobni mikrokontrolerki združujejo v enem čipu zmogljiv 32-bitni mikroprocesor z jedrom ARM ali MIPS, pomnilnik FLASH in RAM ter številne vmesnike. FLASH je dovolj velik za vse naše programe. RAM ga je žal še vedno malo, med 32kbyte in 128kbyte, a dovolj za

izdelavo TNCja. Od vmesnikov manjka HDLC (X.25), to so proizvajalci opustili! Na srečo so sodobni 32-bitni procesorji dovolj hitri, da lahko določene vmesnike izdelamo kar programsko. Primer takšnega čipa je LPC2138 (Philips ali NXP): 60MHz jedro ARM v 64-pinskem ohišju LQFP "poštna znamka".



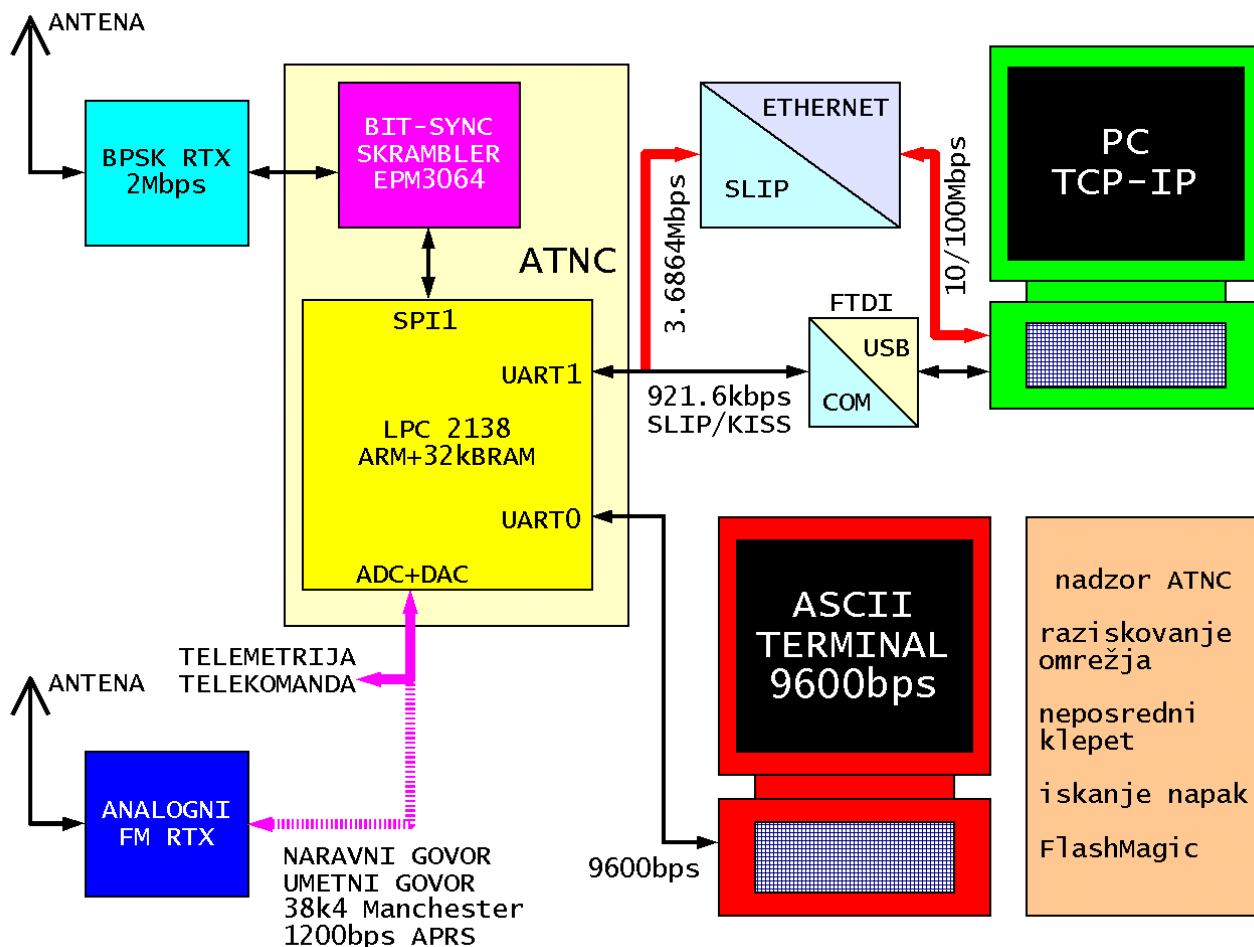
Slika 7 - vgradnja mikrokontrolerke LPC2138.

Z enim samim čipom, mikrokontrolerko lahko torej izdelamo cel TNC! Ker je vse v enem čipu, ostane samo še vprašanje, kako takšen čip priciniti na tiskano vezje. Tačke so v rastru komaj 0.5mm, torej potrebujemo reš fino jedkanje laminata s 17-mikronsko bakreno folijo. Na srečo za nas zadošča enostranska tiskanka, da razpeljemo vse uporabljene vhode, izhode in napajanje.

Pri teh sodobnih čipih se moramo takoj navaditi, da bo ostala več kot polovica tačk neizkoriščenih. In kaj potem? Čipi so danes poceni kot še nikoli. Če smo rešili nalogo, je vse v redu! Poleg mikrokontrolerke sodijo na tiskano vezje le še regulator napajanja, vezje za reset in množica dušilnih uporov, da prehitri mikrokontrolerka ne bo proizvajal preveč radijskih motenj.

Za preizkus Ne-Brezhibnega protokola sem z mikrokontrolerko LPC2138 izdelal napravo z imenom ATNC (Advanced TNC ali Arm TNC).

Programski HDLC sicer izkorišča vgrajeni SPI vmesnik, mora pa zaznavati HDLC zastavice, izločati vrinjene ničle ter računati CRC. Pri taktu 60MHz bo LPC2138 zmožni programski HDLC v simpleksu (samo sprejem ali samo oddaja) tja do 4Mbit/s. Če naj ostane še kaj procesorske zmogljivosti za druga opravila, je smotrna meja 2.5Mbit/s: dovolj za prve poskuse in obstoječe PSK radijske postaje omrežja AX.25.



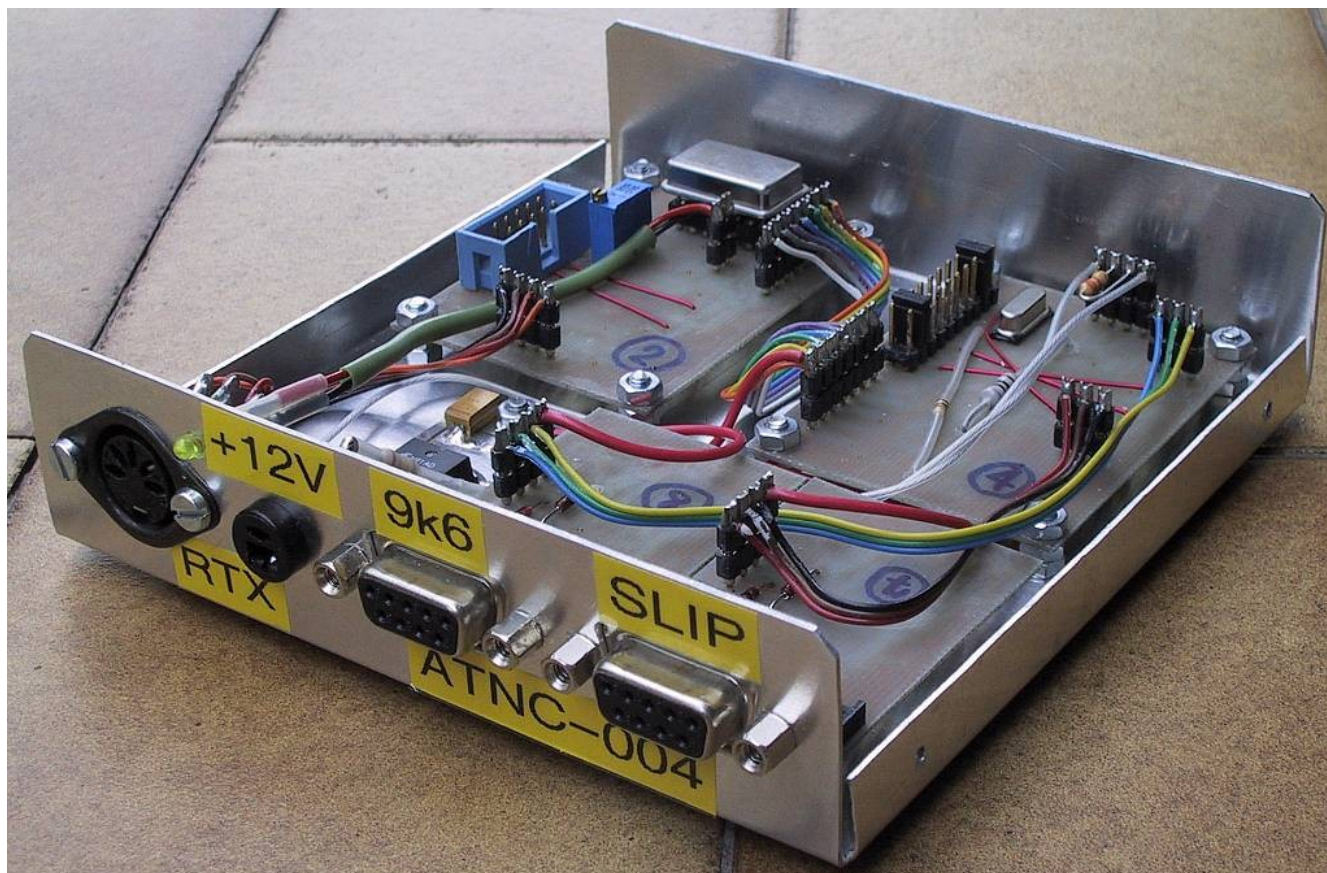
Slika 8 - Vezava ATNC z LPC2138.

Programski HDLC je izdelan tako, da se ATNC obnaša navzven natančno tako kot znani HDLC vmesniki Z8530SCC ali SAB82532. Za povezavo do PSK radijske postaje je potrebna še bitna sinhronizacija in skrambler. Namesto običajnih TTL vezij sem se odločil za programirljivo logiko v vezju Altera EPM3064 s 64 makrocelicami, saj je cenejša od ducata 74HCxxx. Spet LQFP "poštna znamka", a tokrat 44 priključkov v rastru 0.8mm na svoji lastni enostranski tiskanini z napajanjem in oscilatorjem za takt.

ATNC ima dva UARTa. Oba sta opremljena z RS-232 pretvorniki oziroma s FTDI-jevim vmesnikom COM/USB. UART0 je vedno nastavljen na 9600bps. Preko njega s preprostim terminalskim programom nastavimo parametre ATNC, nadziramo njegovo delovanje, raziskujemo omrežje, klepetamo ali iščemo napake. S programom FlashMagic lahko tudi

programiramo pomnilnik FLASH v mikrokrmilniku LPC2138.

Glavnina podatkov se pretaka skozi UART1, kjer programska oprema omogoča tri različne načine delovanja. V načinu KISS ATNC ne počne skoraj nič, podatkovne okvirje preprosto premetava med HDLC in UART1, da ATNC uporabljamo kar v obstoječem omrežju AX.25. V načinu SLIP se ATNC obnaša proti računalniku kot telefonski modem, da IP promet prenašamo z Ne-Brezhibnim Protokolom. Končno, v načinu lokalna zanka se ATNC povezuje z drugimi ATNCji v vozlišče ASV, o tem več pozneje.

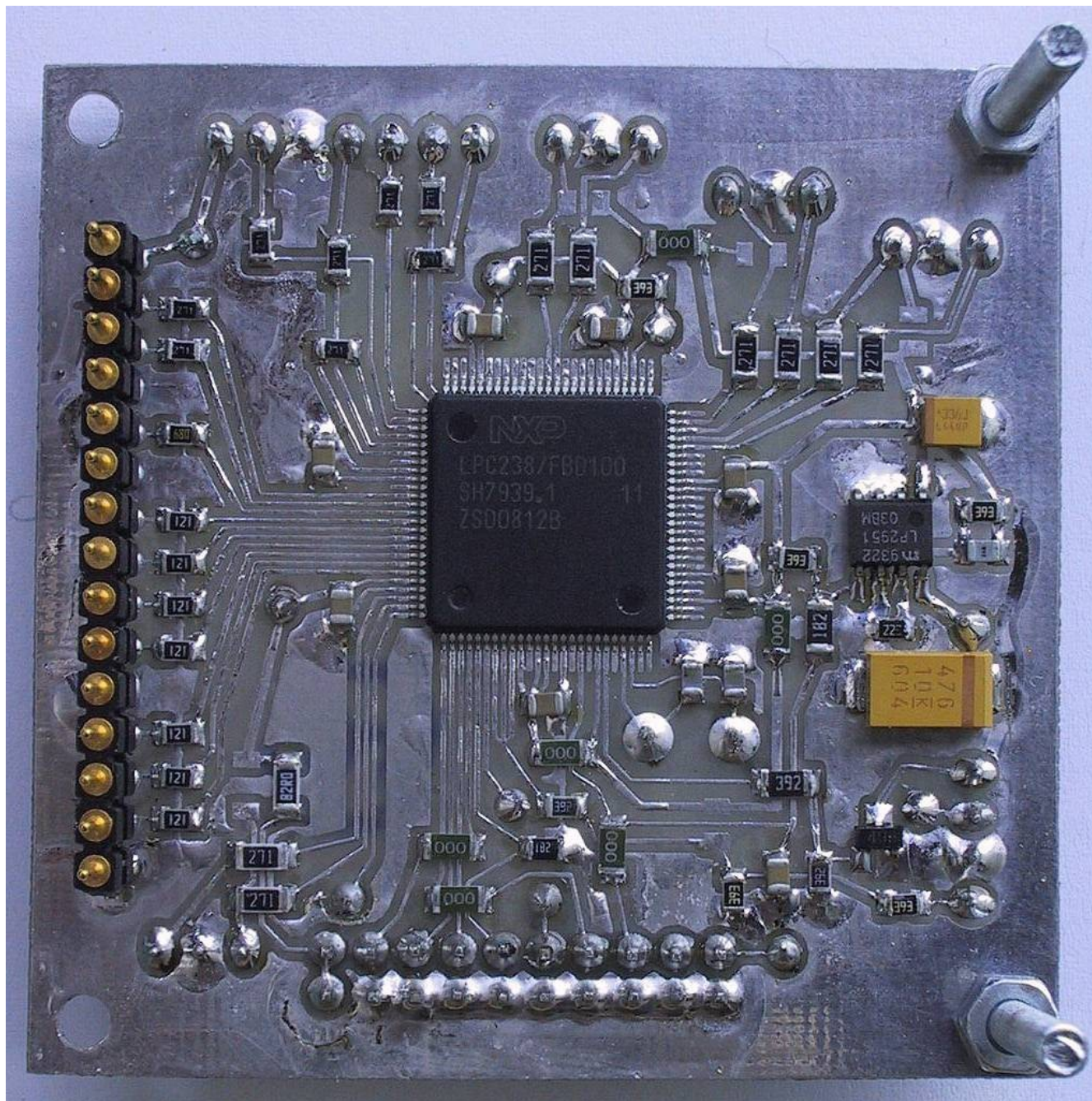


Slika 9 - Izgled ATNC z LPC2138.

Končno vsebuje mikrokrmilnik LPC2138 tudi dva A/D pretvornika s številnimi vhodi ter en D/A pretvornik. Sedanja inačica programske opreme podpira en A/D pretvornik za dva analogna telemetrijska kanala ter en digitalni izhod za telekomando. Preko istih vmesnikov je seveda možno krmiljenje analognih radijskih postaj na različne načine, vključno s programskimi DSP modemi za APRS ali Manchester. Isto tiskano vezje in ista programska oprema sicer delujejo tudi s sodobnejšim mikrokrmilnikom LPC2148, ki ima nekaj več pomnilnika.

5. EATNC

Proizvajalci računalnikov in pripadajočih operacijskih sistemov so se odločili uničiti preproste priključke, kot so COM ali LPT, da bomo vsi prisiljeni kupovati drage USB vmesnike in še dražjo programsko opremo zanje. Vtičnica za Ethernet je tako ostala edini priključek, kjer so proizvajalci računalnikov in pisci operacijskih sistemov prisiljeni spoštovati mednarodne standarde, sicer se njihovi izdelki ne morejo pogovarjati z ostalim svetom.

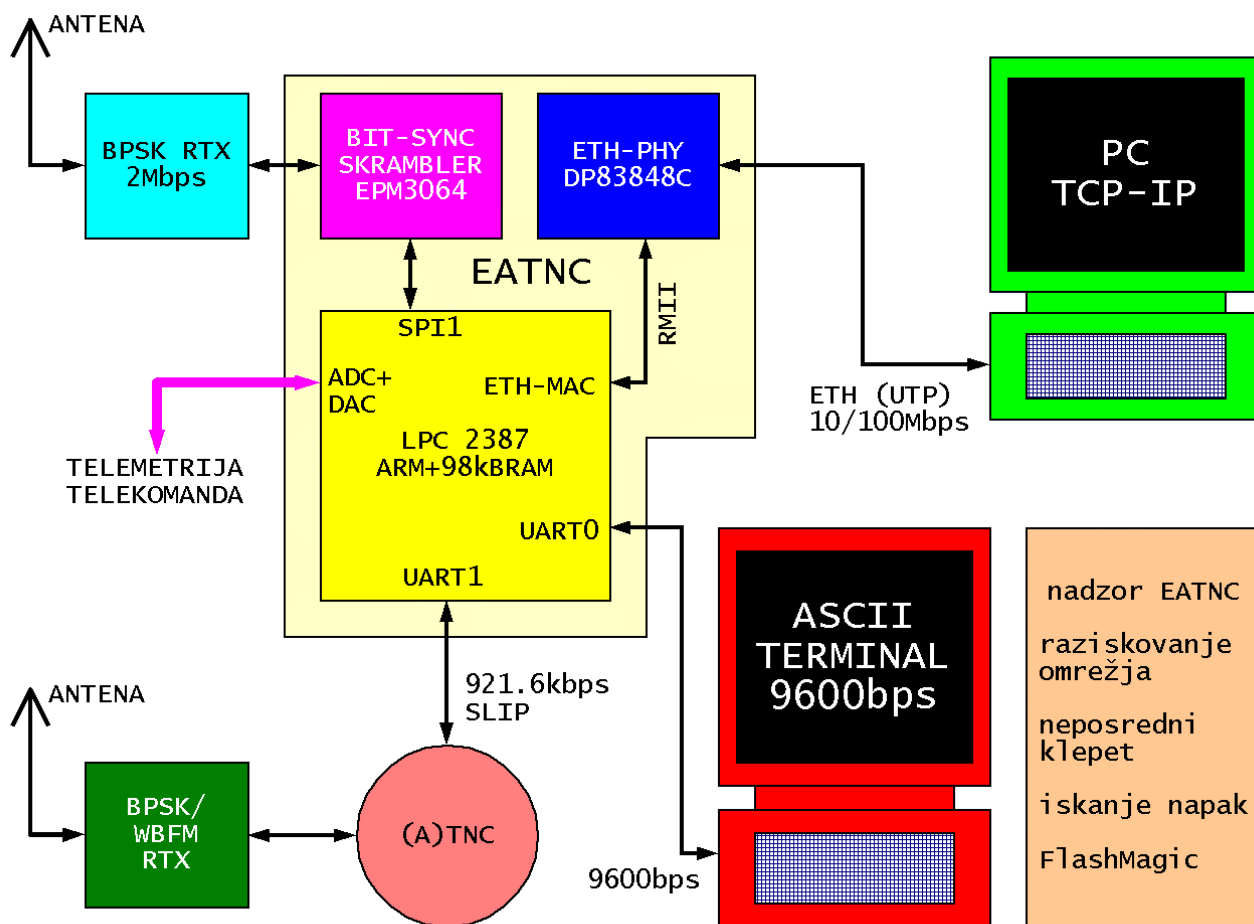


Slika 10 - vgradnja mikrokontrolerja LPC2387.

Ethernet je zelo zmogljiv priključek, ki omogoča komunikacijo z

10Mbps, 100Mbps ali 1Gbps preko preprostega 8-žilnega kabla. Ethernet je temu primerno strojno in programsko dobro podprt v večini osebnih računalnikov. V mikrokrmilnikih srečamo Ethernet šele v 32-bitnih družinah, ki imajo dovolj pomnilnika in dovolj zmogljiv procesor, da Ethernet sploh lahko živi. Smiselni razvoj ATNCja je torej dodatek Ethernetu ali EATNC.

Primer ARM mikrokrmilnika z Ethernet vmesnikom je LPC2387, ki ima vgrajenega kar 98kbyte RAM. LPC2387 je LQFP "poštna znamka" s 100 priključki v rastru 0.5mm, vgrajena na enostransko tiskanino z napajanjem in RESETom v EATNCju. Žal večina 32-bitnih mikrokrmilnikov vključno z LPC2387 ne vsebuje celotnega Ethernet vmesnika, pač pa samo Ethernet MAC raven. Pripadajoči vmesnik do zunanega PHY čipa se imenuje RMII (Reduced Media-Independent Interface).

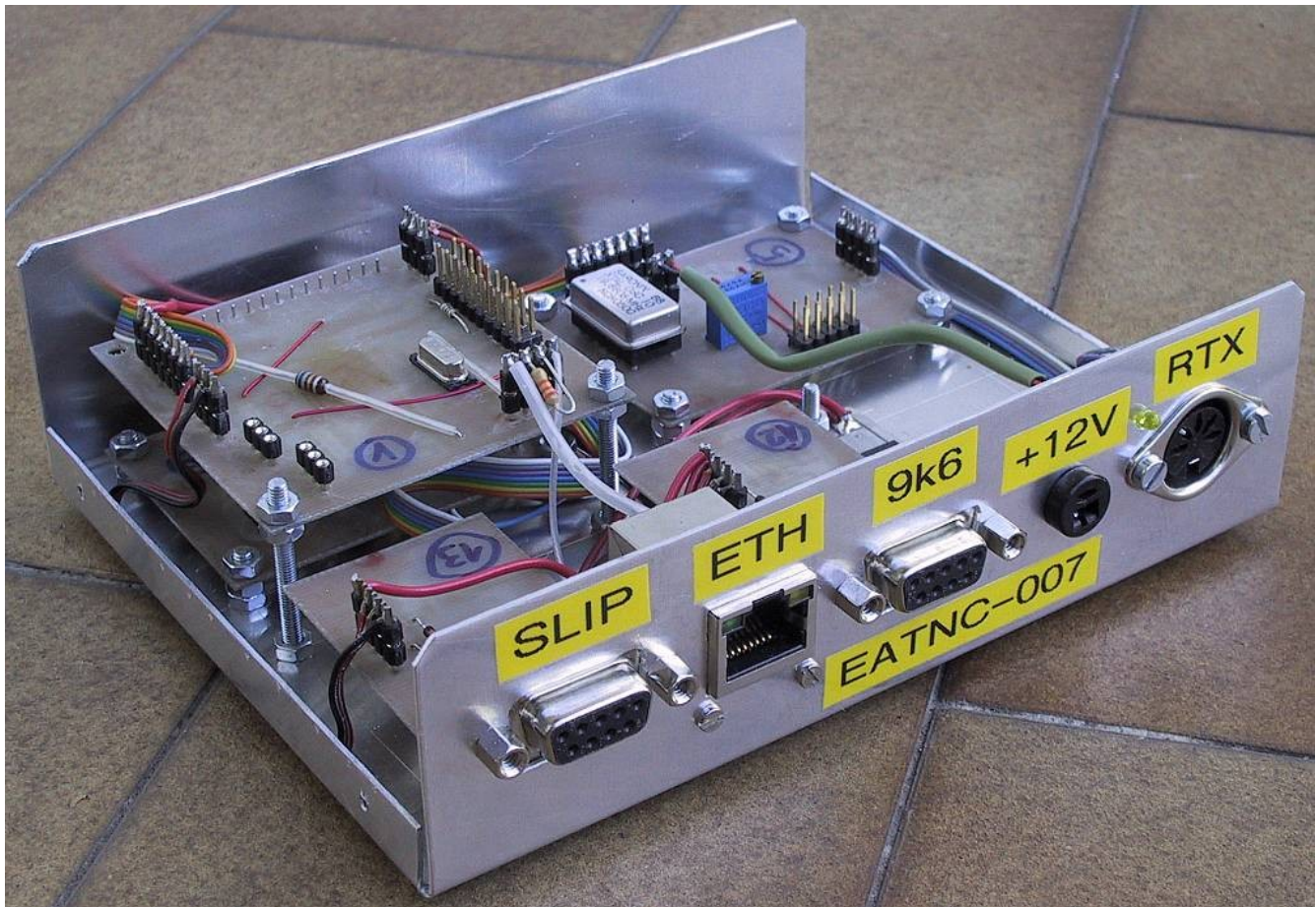


Slika 11 - Vezava EATNC z LPC2387.

Preprosto povedano, Ethernet PHY čip vsebuje različne bitne sinhronizacije in modeme za različne hitrosti prenosa podatkov po različnih prenosnih poteh. Danes se za Ethernet največ uporablja 8-žilni UTP kabel. Pri hitrostih 10Mbps in 100Mbps se uporabljata samo dve parici od štirih, kar podpirata tako LPC2387 kot Ethernet PHY čip DP83848C (National Semiconductor), LQFP "poštna znamka" z 48

priključki v rastru 0.5mm. V EATNCju je DP83848C na svoji enostranski tiskanini, na katero se natakne "pajek" z LPC2387.

Ethernet priključek ni preprosta zmogljivejša zamenjava za SLIP na COM priključku. SLIP je ena sama zveza točka-točka, Ethernet omrežje pa lahko vsebuje več udeležencev. Vsak udeleženec v Ethernet omrežju mora imeti svoj Ethernet MAC naslov. Povezavo med IP naslovi in Ethernet MAC naslovi določa protokol ARP. Vsak udeleženec v Ethernet omrežju je tako hkrati tudi IP usmerjevalnik (router). EATNC torej vsebuje dodatno programsko opremo za Ethernet in zahteva lastno Ethernet MAC številko ter IP domeno z masko.



Slika 12 - Izgled EATNC z LPC2387.

Programska oprema EATNC podpira štiri različne načine delovanja. Načina KISS in SLIP/NBP sta popolnoma enaka kot v ATNCju brez Etherneta. V načinu Ethernet/NBP je UART1 na razpolago za povezavo več (E)ATNCjev v ASV. Končno se EATNC lahko preklopi tudi v čisto navaden pretvornik Ethernet<->SLIP, HDLC priključek za radijsko postajo pa je tedaj izključen.

LPC2387 vsebuje sicer popolnoma enak procesor kot LPC2138. Dodatna obremenitev procesorja z Ethernet-om pomeni, da bo zmogel programski HDLC v simpleksu (samo sprejem ali samo oddaja) tja do 3Mbit/s. Če naj ostane še kaj procesorske zmogljivosti za druga opravila, je smotrna meja 2Mbit/s. Povsem enako se obnaša tudi

starejši LPC2368, ki ima enake vmesnike in razpored priključkov kot LPC2387, ampak le 58kbyte pomnilnika RAM.

6. Domet radijskih postaj

Če se pogovarjamo o katerikoli vrsti zveze, je najpomembnejše merilo zmogljivost zveze C : koliko informacije prenesemo v enoti časa? Zmogljiva zveza zahteva dvojje: določeno moč signala P_s in določeno pasovno širino B . Med vsemi temi veličinami obstaja natančna matematična povezava, ki jo je odkril in dokazal Claude Shannon davnega leta 1948.

Shannon-ov izrek o zmogljivosti velja za vse vrste zvez, vključno z golobi pismonoše in dimnimi signali Indijancev. Kot študent elektrotehnike nisem o Shannon-u v sedemdesetih in osemdesetih letih na fakulteti slišal ničesar. Nekateri še danes zanikajo njegov obstoj, na primer prodajalci satelitskih telefonov Iridium ali Globalstar. Shannon je popolnoma neznan tudi med radioamaterji, sicer nekateri ne bi lomastili z ogromnimi močmi oddajnikov.

C [bit/s] \equiv zmogljivost zveze

$$C = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{P_N} \right) = B \cdot \log_2 \left(1 + \frac{P_s}{B \cdot N_0} \right)$$

B [Hz] \equiv pasovna širina sprejemnika

P_s [W] \equiv moč signala v sprejemniku

P_N [W] \equiv moč šuma (motenj, popačenja) v sprejemniku

N_0 [W/Hz] \equiv spektralna gostota šuma v sprejemniku

meja zmogljivosti C pri neskončni pasovni širini

$$\lim_{B \rightarrow \infty} C = \frac{P_s}{N_0 \cdot \ln 2}$$

Slika 13 - Shannon-ov izrek o zmogljivosti zveze.

Kaj točno pravi Shannon? Za določeno zmogljivost C sta potrebni tako moč P_s kot pasovna širina B , vendar z nobeno nima smisla pretiravati. Povečevanje pasovne širine B privede zmogljivost C do stroge matematične meje. Povečevanje moči P_s preko določene meje le

malenkostno povečuje zmogljivost C, ker je vmes logaritem. Čudežna radijska postaja s še bolj čudežno modulacijo, ki bi premagala Shannon-ov izrek, ne obstaja.

Kaj pomeni Shannon v praktični radijski zvezi? Preprosta modulacija BPSK ali QPSK zahteva razmerje signal/šum približno 10dB ali 10-krat več moči od Shannon-ove meje za neskončno pasovno širino. Če se potrudimo in s spektralno-učinkovito modulacijo ožimo pasovno širino (WLAN ali DVB QAM&OFDM) ali ravno nasprotno, naredimo packarijo ene modulacije vrh druge (packet-radio 1200bps AFSK ali 38k4 Manchester), oboje zahteva razmerje signal/šum okoli 20dB.

Kar se dometa tiče, se moramo odločiti: nam zadošča zveza do nasprotnega vogala peskovnika ali hočemo do sosednje galaksije? Kaj bojo rekli sosedje za antensko pošast? Bo ena jedrska elektrarna zadoščala za pogon našega oddajnika?

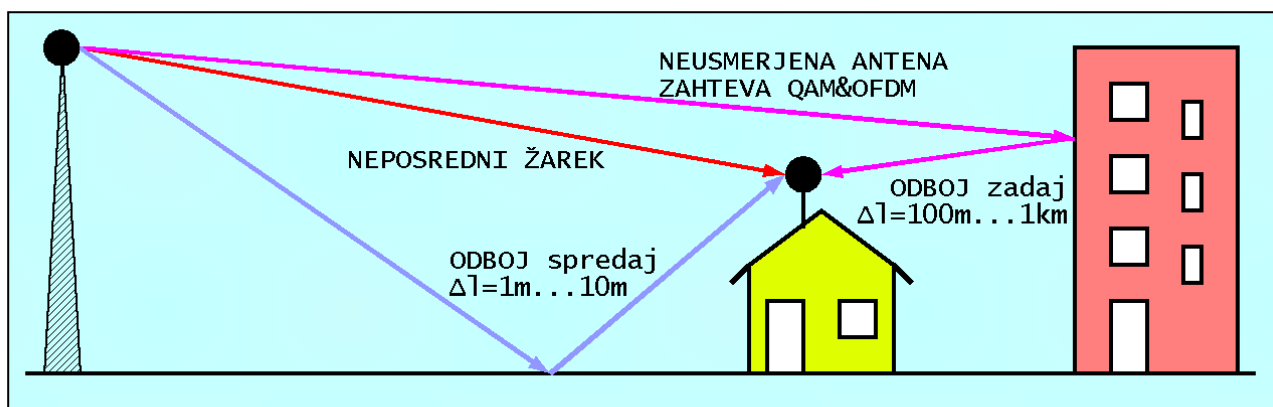
TOPLOTNI ŠUM 293K=20C	-174dBm/Hz				
ŠUM SPREJEMNIKA	+3dB				
BITNA HITROST	1200bps	38.4kbps	1.2288Mbps	10Mbps	50Mbps
PASOVNA ŠIRINA	+31dB.Hz	+46dB.Hz	+61dB.Hz	+70dB.Hz	+77dB.Hz
IZGUBA DEMODULATORJA	+2dB				
SIGNAL/ŠUM BPSK/QPSK	+10dB				
OBČUTLJIVOST PSK	-128dBm	-113dBm	-98dBm	-89dBm	-82dBm
IZKORISTEK PSK/FSK TX	40%...70%				
SIG/ŠUM QAM&OFDM (FSK)	+20dB (+15...+25dB)				
OBČUTLJIVOST QAM (FSK)	-118dBm	-103dBm	-88dBm	-79dBm	-72dBm
IZKORISTEK OFDM TX	3%...10%				
ZVEZA 100km ANTENI 30cm	1k2-NBFM Ptx=10mW	38k-WBFM Ptx=0.3W	1M2-BPSK Ptx=1W	10M-QPSK Ptx=8W	50M-OFDM Ptx=4kW

slika 14 - Domet nekaj praktičnih radijskih zvez.

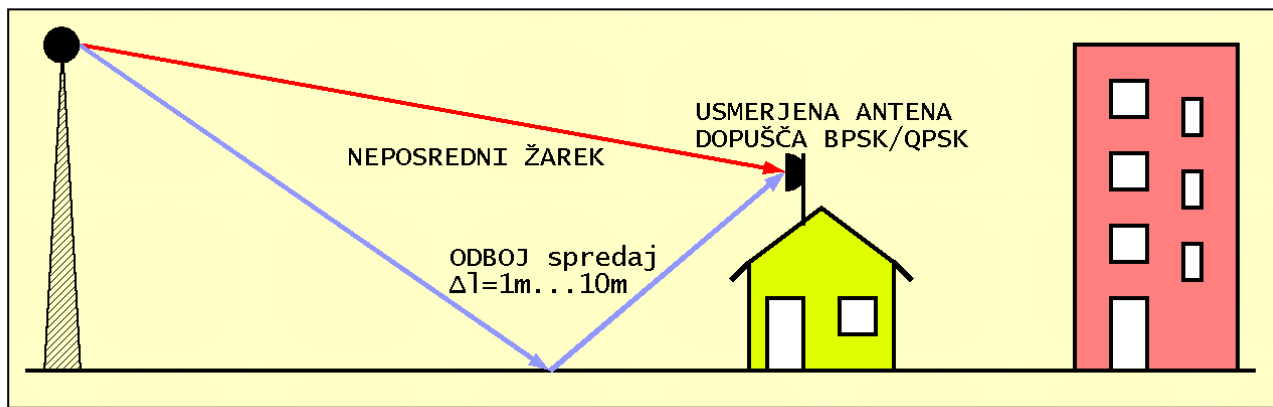
v Sloveniji verjetno potrebujemo domet 100km med točkami na gorskih vrhovih, ki se vidijo med sabo. Podobne zahteve ima zveza na 10km brez vidljivosti do končne postaje v dolini, z eno samo zmero oviro. Razpredelnica nam prikazuje, kaj se na takšni razdalji da narediti z zmernimi antenami premera okoli 30cm v frekvenčnem pasu

okoli 1GHz, s smiselno rezervo zveze 10dB do 15dB. Pri nižjih bitnih hitrostih do vključno 1Mbps se razpredelnica dobro ujema z dvajsetletnimi izkušnjami iz packet-radia.

višje zmogljivosti 10Mbps in več zahtevajo večje moči oddajnikov oziroma večje antene. WLAN (WiFi) zvezi s spektralno-učinkovito modulacijo QAM-OFDM na razdalji 100km primanjkuje približno 40dB. Teh 40dB lahko pridobimo z močnostnim ojačevalnikom 4kw ali pa s povečanjem obeh anten na obeh koncih zveze na 4m premera. Oboje je izvedljivo, a nobena rešitev ni praktična. Toliko opevani QAM-OFDM cenene računalniške krame je za nas torej uporaben samo znotraj peskovnika... Kar lahko storimo, cenena WLAN (WiFi) oprema je povsem uporabna na razdaljah do 10km pri nekoliko nižjih bitnih hitrostih (okoli 10Mbps) s preprosto modulacijo QPSK.



C=10Mbps (BPSK) >>>--->> DOLŽINA ENEGA BITA $l=30m$



slika 15 - odboji v radijski zvezi.

kakšno modulacijo naj potem izberemo za našo radijsko zvezo? sodobni industrijski oblikovalci trdijo, da so vse antene grde in jih je treba skrivati v ohišja naprav, sicer se izdelek ne prodaja. Če telefon potem ne dela ali dela slabo, jih ne zanima. Izdelki so zato večinoma opremljeni z neusmerjenimi antenami. Popačenje signala zaradi razširjanja po več poteh rešujejo s kompliciranimi modulacijami, kot je QAM-OFDM.

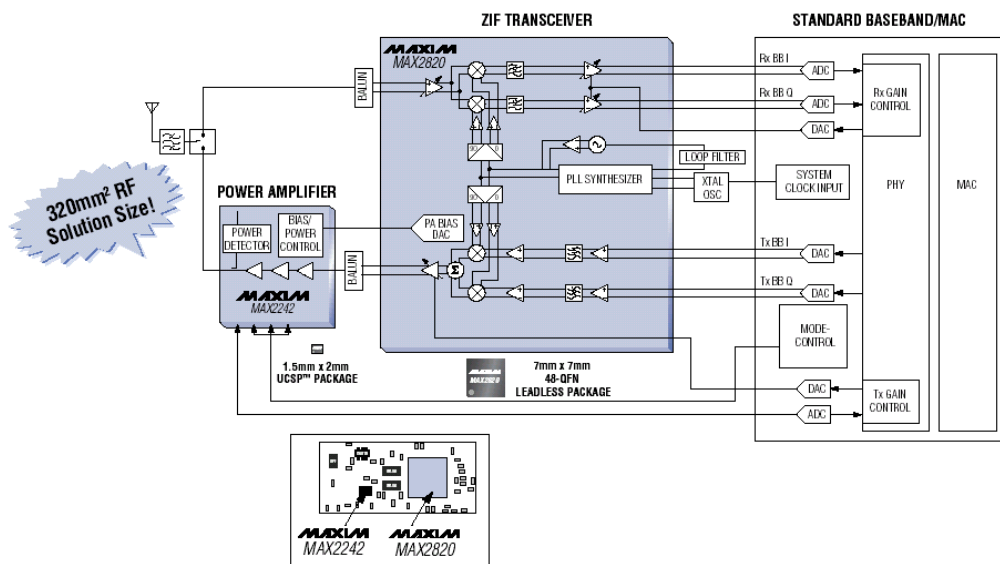
QAM-OFDM je pravzaprav naslednik več-tonskega modema, ki se je že pred pol stoletja uporabljal za podatkovne zveze preko ionosfere. Informacijo porazdelimo na več nosilcev, zato pa je vsak nosilec moduliran z znatno počasnejšim signalom. Če dolžino simbola (bita) podaljšamo na dosti večjo vrednost kot znaša zakasnitev pri razširjanju po več poteh, bo vpliv popačenja zanemarljivo majhen. Cena je visoka: zelo slab izkoristek oddajnika z več-tonskim signalom, zelo visoka zahteva za točnost frekvence oddajnika in sprejemnika ter komplicirana matematična obdelava signala v oddajniku in v sprejemniku.

Če v radijski zvezi uporabimo le nekoliko usmerjene antene, zadošča dušenje odbojev od zadaj, je komplicirani QAM-OFDM povsem odveč. Odboji od spredaj prihajajo le po neznatno daljši poti, razlika v dolžini poti je tedaj že dosti manjša od dolžine naših bitov ali drugačnih simbolov, popačenje bo zanemarljivo. Seveda lahko odboji od spredaj z uničevalno interferenco oslabijo jakost signala. Shannon-ov izrek trdi, da brez moči signala P_s nobena modulacija ne more narediti čudeža!

802.11b ZERO-IF RADIO DELIVERS -85dBm SENSITIVITY AT 11Mbps WITH LOWEST COST BOM

Higher Sensitivity and Fewer Components than All Other Solutions

The MAX2820 ZIF transceiver and MAX2242 power amplifier form a low cost, zero-IF radio that delivers 2dB to 3dB better sensitivity than other ZIF solutions. It saves up to three RF ICs, two RF filters, one IF SAW filter, and more than 30 extra components over existing superhet radio solutions. It is designed to support both 11Mbps CCK and 22Mbps PBCC™ modes.



MAX2820 ZIF Transceiver

MAX2242 PA

Slika 16 - Ničelna medfrekvenca danes.

kakšne radijske postaje in antene je potem smiselno uporabiti v

amaterskem omrežju? Glede na zahtevani domet potrebujemo usmerjene antene na obeh koncih zveze. Domet zahteva tudi preproste modulacije BPSK ali QPSK. Na srečo usmerjene antene sprejemajo le odboje od spredaj, kjer so razlike v dolžinah poti zadosti majhne, da preprostih modulacij ne motijo.

BPSK radijske postaje v obstoječem omrežju AX.25 so torej povsem uporabne tudi v novem omrežju, saj teorija ne ponuja prav nič primernejšega za zahtevani domet in zmogljivost. Ničelna medfrekvenca je bila pred 15 leti novost, Zero-IF pa neznan izraz. Danes to vsak proizvajalec tlači v svoje čipovje in se veselo hvali s tem izrazom! ZIF-PSK so po 15 letih zato še vedno sodobne radijske postaje. Seveda lahko s sodobnimi gradniki izdelamo boljše in manjše radijske postaje, ampak povsem združljive z obstoječo opremo. Končno, za nove zveze velja razmisliti o QPSK, ki ponuja enak domet in dvakrat boljšo spektralno učinkovitost od BPSK.

7. Izgradnja omrežja NBP

Kakršenkoli protokol je skoraj ne uporaben, če omogoča le radijsko zvezo med dvema točkama, brez omrežja s posredniškimi postajami. Preprosta rešitev v AX.25 je sicer zanesljiva, a ne preveč učinkovita zveza preko DIGIjev. Če se v zvezi preko DIGIjev okvir ali njegova potrditev kjerkoli izgubi, je treba ponavljati celotno pot v obeh smereh. Zato so bila razvita številna vozlišča za AX.25 z različnimi postopki usmerjanja prometa.

Pri WLAN (WiFi) je osnovna zveza vedno samo zveza točka-točka. WLAN uporablja usmerjanje na višji ravni po neki vgrajeni avtomatiki. Ravno to je največja hiba WLAN: če se škatla na hribu zapleza v usmerjevalni tabeli, nobena zveza ne dela več. Daljinski RESET ni vgrajen, torej bo treba počakati, da avtomatika mogoče čez čas vendarle osveži tabele, oziroma poslati nekoga na hrib, da pritisne tipko za RESET.

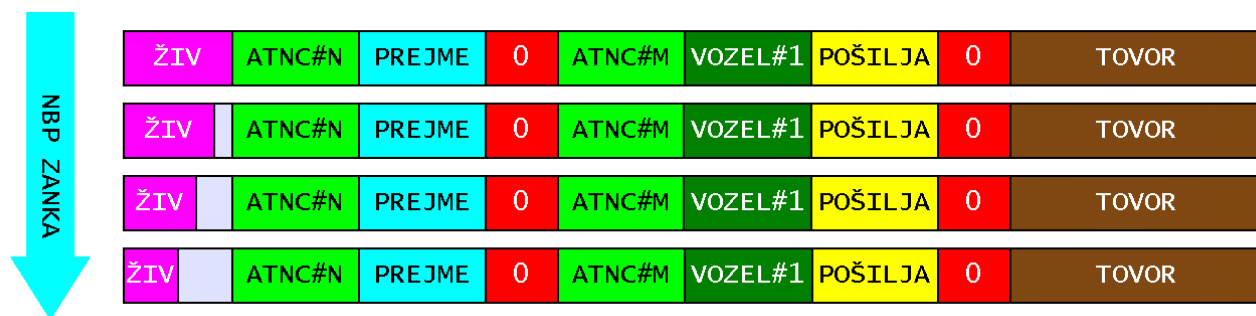
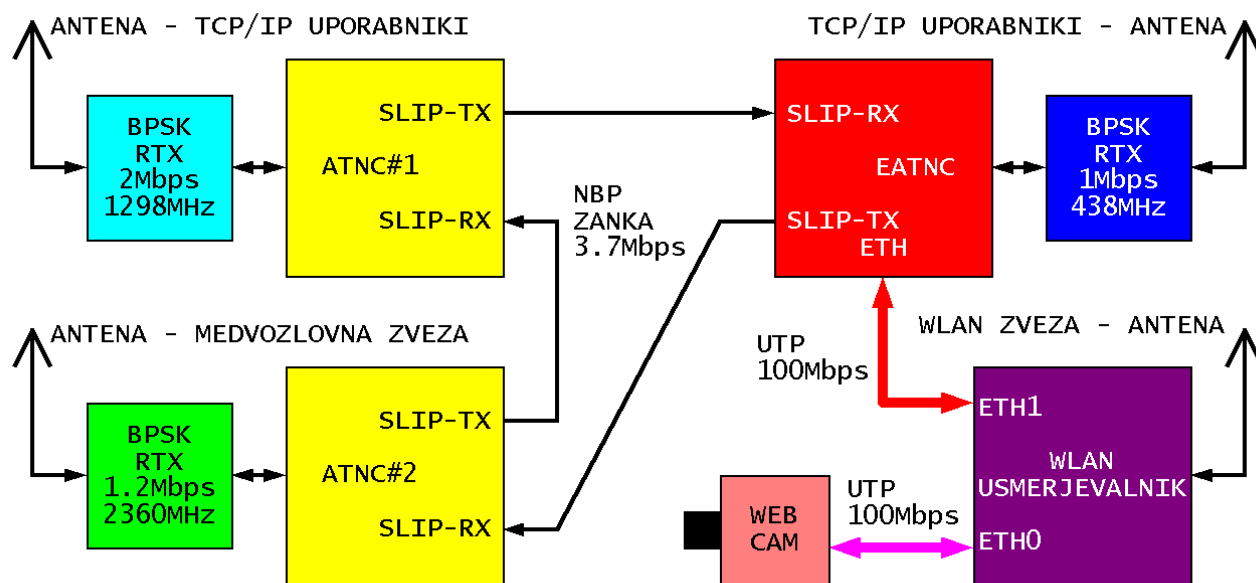
Ne-Brezhibni Protokol uporablja podobno naslavljanje kot AX.25 z DIGIji s pomembno razliko: vsak okvir se potrjuje in po potrebi ponavlja na vsakem odseku posebej. Prenos podatkov z NBP zato ostane učinkovit ne glede na število posrednikov. Edina izjema je naslov VSEM, ki se nikjer ne potrjuje in se tudi ne ponavlja. Naslov VSEM se uporablja za raziskovanje omrežja in lahko proži hkrati več odgovorov. V odgovorih se naslov VSEM zamenja z dejanskim naslovom, ki se vedno potrjuje in po potrebi ponavlja.

Ne-Brezhibni Protokol zato ne potrebuje usmerjevalnih tabel v vozliščih omrežja. Omrežje se zato ne more zaplezati, na hribu se nima kaj pokvariti! Pot okvirjev NBP vedno določa pošiljatelj. Pri tem ni nujno, da mora uporabnik pot vsakokrat nastavljanje ročno. Z naslovom VSEM Ne-Brezhibni Protokol dopušča samodejno raziskovanje omrežja in gradnjo usmerjevalnih tabel. Vsak uporabnik ima svojo tabelo usmerjanja in je sam odgovoren za njeno gradnjo in osveževanje. Kar je najpomembnejše, če se en uporabnik pri usmerjanju zapleza, s tem škoduje le sebi, drugih uporabnikov pa ne moti!

Osnovno vozlišče Ne-Brezhibnega Protokola je zato silno preprosto, brez avtomatike in brez usmerjanja, podobno kot DIGIji pri AX.25. Vsak ATNC in vsak EATNC zato vedno delujeta tudi kot vozlišči omrežja NBP podobno kot je vsak AX.25 TNC deloval kot DIGI. Za razliko od AX.25 DIGIja, ki je izredno občutljiv na izgubljene okvirje, sta ATNC in EATNC vsak sam zase že popolno vozlišče, ki potrjuje sprejem na vsakem odseku zveze posebej. Edina omejitev je ta, da en sam ATNC oziroma en sam EATNC krmili le eno radijsko postajo. Zveza preko takšnega vozlišča se zato nujno nadaljuje na istem radijskem kanalu, kar je sicer preprosto in poceni, a ne najbolj učinkovito.

Večkanalno vozlišče za Ne-Brezhibni Protokol z več radijskimi postajami na več različnih kanalih in več različnih frekvenčnih področjih, lahko tudi z različnimi hitrostmi prenosa podatkov, lahko izdelamo na različne načine. Programska oprema za (E)ATNC omogoča, da več ATNCjev in več EATNCjev zelo preprosto spojimo v lokalno zanko NBP in na ta način dobimo večkanalno vozlišče. Dodatna možnost

je povezava kateregakoli EATNCja v lokalni zanki z WLAN usmerjevalnikom, da združimo NBP in WLAN v eno samo izredno zmogljivo vozlišče za na hrib in zakaj pa ne, za doma!



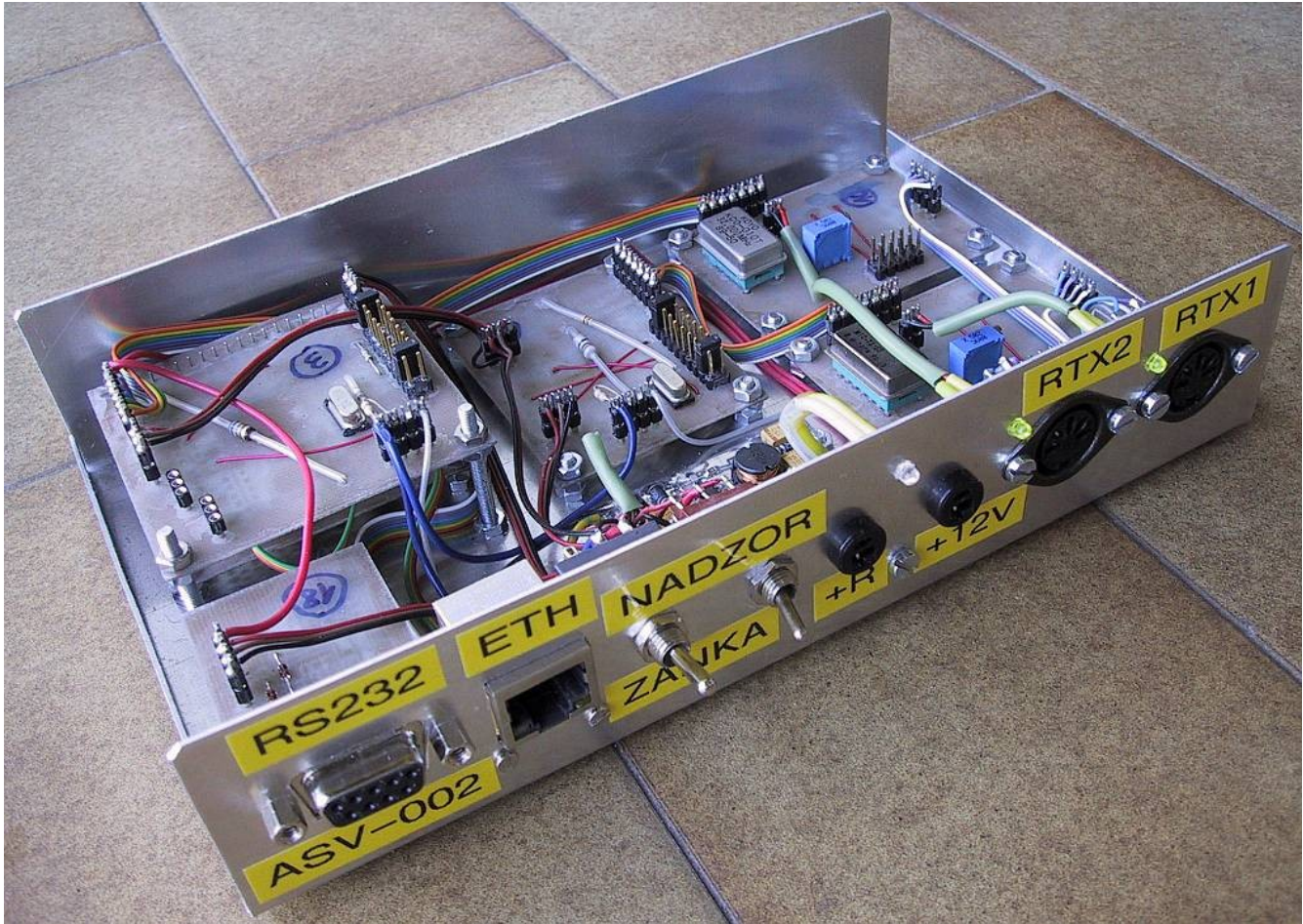
Slika 17 - Vezava ATNCjev in EATNCjev v vozlišče ASV.

ATNCje in EATNCje spojimo v lokalno zanko preprosto tako, da izhod oddajnika UART1 (E)ATNCja vežemo na vhod sprejemnika UART1 naslednjega (E)ATNCja in tako naprej, da sklenemo zanko. V lokalni zanki uporabljajo (E)ATNCji poenostavljeno različico Ne-Brezhibnega Protokola s podobnim uokvirjanjem podatkov kot SLIP (IP) ali KISS (AX.25). CRC ni potreben, ker je napak malo. Potrjevanje sprejema niti ponavljanje oddaje nista potrebna, ker se na žici lokalne zanke izgubi zelo malo okvirjev.

Delovanje lokalne zanke je silno preprosto. Najprej mora eden od (E)ATNCjev ugotoviti, da določen okvir ni namenjen na radio, pač pa na zanko. Vsak (E)ATNC ima zato fiksno vpisano tabelo tistih nekaj naslovnikov v zanki, vsi ostali so na radiu. Okvir potem kroži po zanki. Vsak (E)ATNC preveri naslov prejemnika, če je okvir zanj. Če je zanj, ga uporabi in obdela. Če ni zanj, ga pošlje naprej po zanki.

v lokalni zanki obstaja nevarnost, da se pojavi okvir, ki ga

nihče ne mara. Ne-Brezhibni Protokol mora preprečiti, da bi takšen okvir za vse večne čase krožil po zanki. Na začetek okvirja se v lokalni zanki zato vpiše življenjska doba okvirja. Pri vsakem posredovanju okvirja se življenjska doba zmanjšuje. Ko pride življenjska doba na nič, se okvir zavrže. Trenutna različica NBP dovoljuje do osem (8) posredovanj istega okvirja, preden se zavrže.



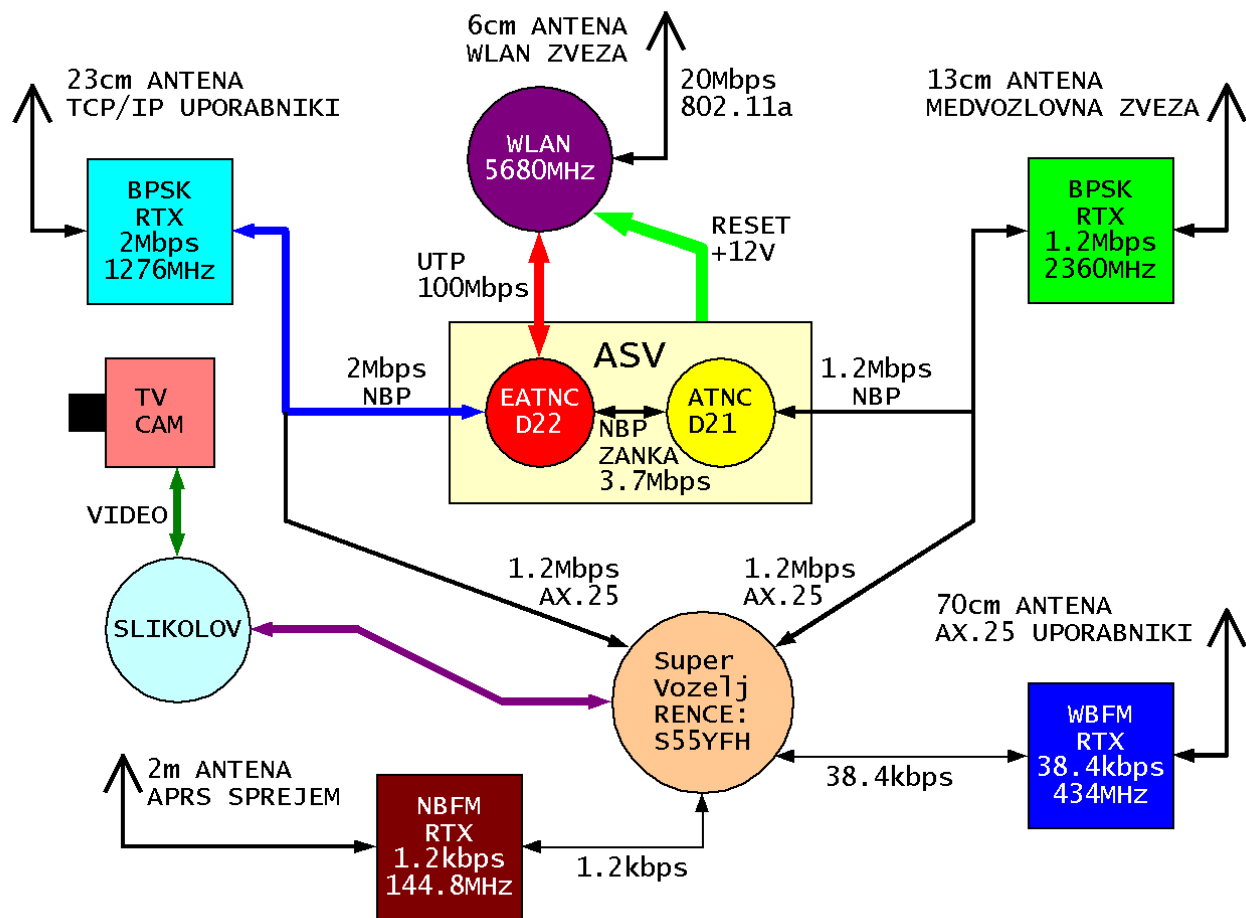
Slika 18 - ATNC in EATNC vezana v ASV v skupnem ohišju.

Praktična izvedba za na hrib vsebuje več ATNCjev in več EATNCjev, ki so v skupnem ohišju že vezani v lokalno zanko NBP. Skupno ohišje nikakor ni omejitev za možne bodoče razširitve vozlišča, saj razširitev zahteva le to, da lokalno zanko prekinemo in napeljemo ven eno povezavo RS-232. Da prihranimo pri vtičnicah in vmesnikih, s stikali na prednji plošči izbiramo, kaj naj RS-232 počne: lokalna zanka ali nastavljanje parametrov ter nadzor izbranega (E)ATNCja.

Skupno ohišje omogoča tudi to, da telekomandne izhode posameznih (E)ATNCjev vežemo vzporedno na vezje za popoln daljinski RESET z odklopom napajanja celega vozlišča, vključno z WLAN in drugo opremo. Na ta način smo kos izjemnim dogodkom, na primer po udaru strele, tudi v primeru, ko je preživel le en sam (E)ATNC in pripadajoča radijska postaja.

Kako se potem lotiti gradnje novega omrežja? Po naših planinskih

postojankah imamo primerne antenske sisteme, primerne PSK radijske postaje in nanje priključene SuperVozlje. Ugasniti SuperVozlje, ki smo jih pred desetletjem in več s takšnim ponosom postavljali? Sploh ne, oba sistema: stari SVji in novi ASVji lahko sobivajo skupaj na istih PSK radijskih postajah in antenah! Stari SVji potrebujejo le manjšo predelavo bitne sinhronizacije, da z dodatkom enega vezja 74HC125 postane izhod TXM tristate. (E)ATNCji že imajo TXM tristate. Vhoda RXM in izhoda /PTT (odprti kolektor) obeh bitnih sinhronizacij preprosto vežemo vzporedno.

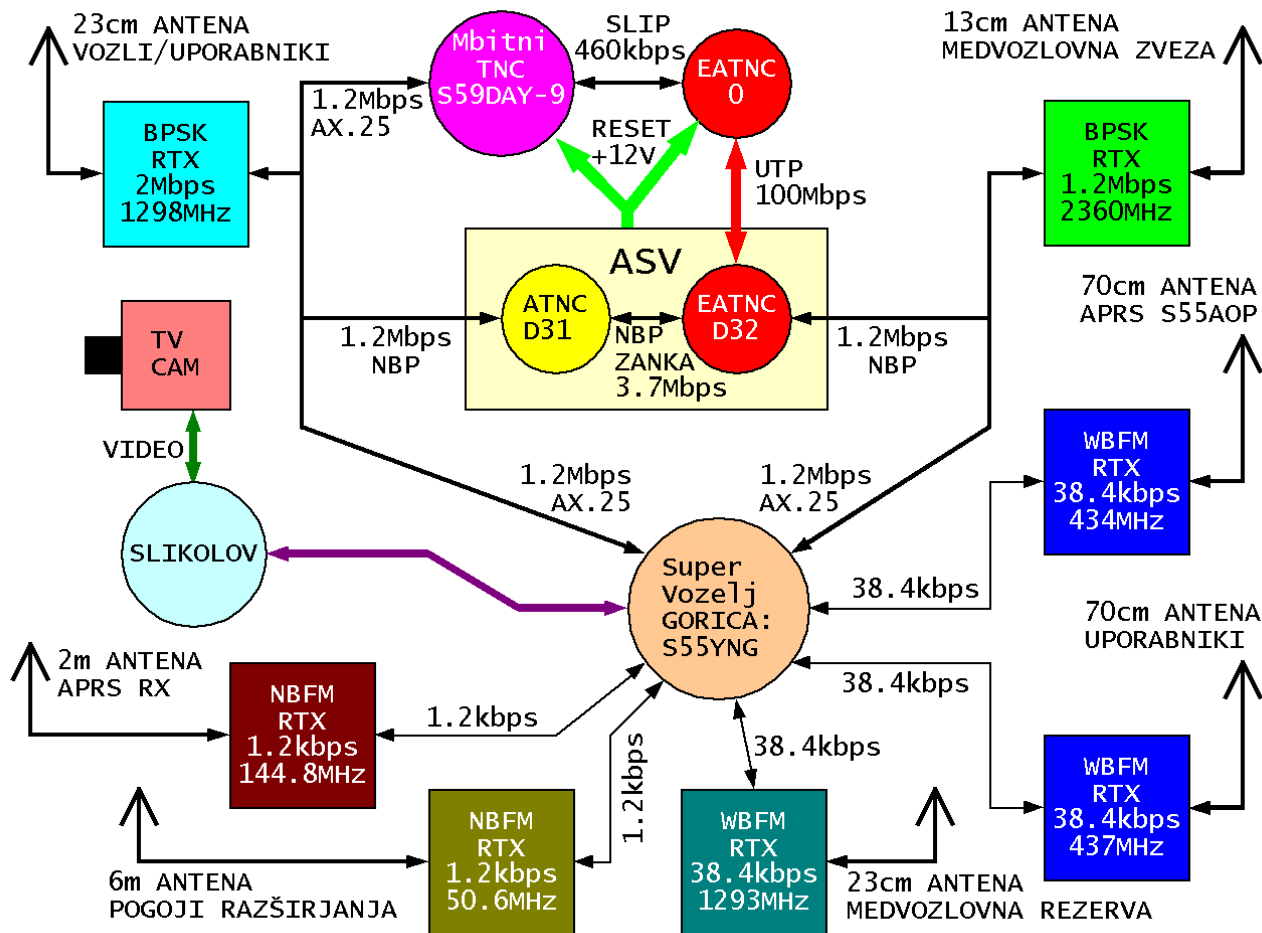


Slika 19 - Vezava vozlišča SV+ASV+WLAN S55YFH.

Sobivanje na isti PSK radijski postaji je najpreprostejše, ko oba: stari SV in novi ASV, delujeta z isto bitno hitrostjo 1.2288Mbps. Demodulator vseh naših PSK radijskih postaj je aktiven tudi na oddaji. SV in ASV se zato slišita med sabo in DCD bo v večini primerov preprečil, da bi eden prekinil oddajo drugega.

Na manj zasedenih kanalih si lahko na ASV privoščimo višjo hitrost prenosa podatkov. Povsem jasno, DCD v tem primeru ne more več preprečiti, da SV in ASV ne bi šla hkrati na oddajo in tako motila drug drugega. Zadnja inačica ZIF-PSK postaj z izboljšano medfrekvenco (2xNE592) in izboljšanim demodulatorjem (8xLM311 in 2x74HC151) zmore 2Mbps brez vsakršne predelave.

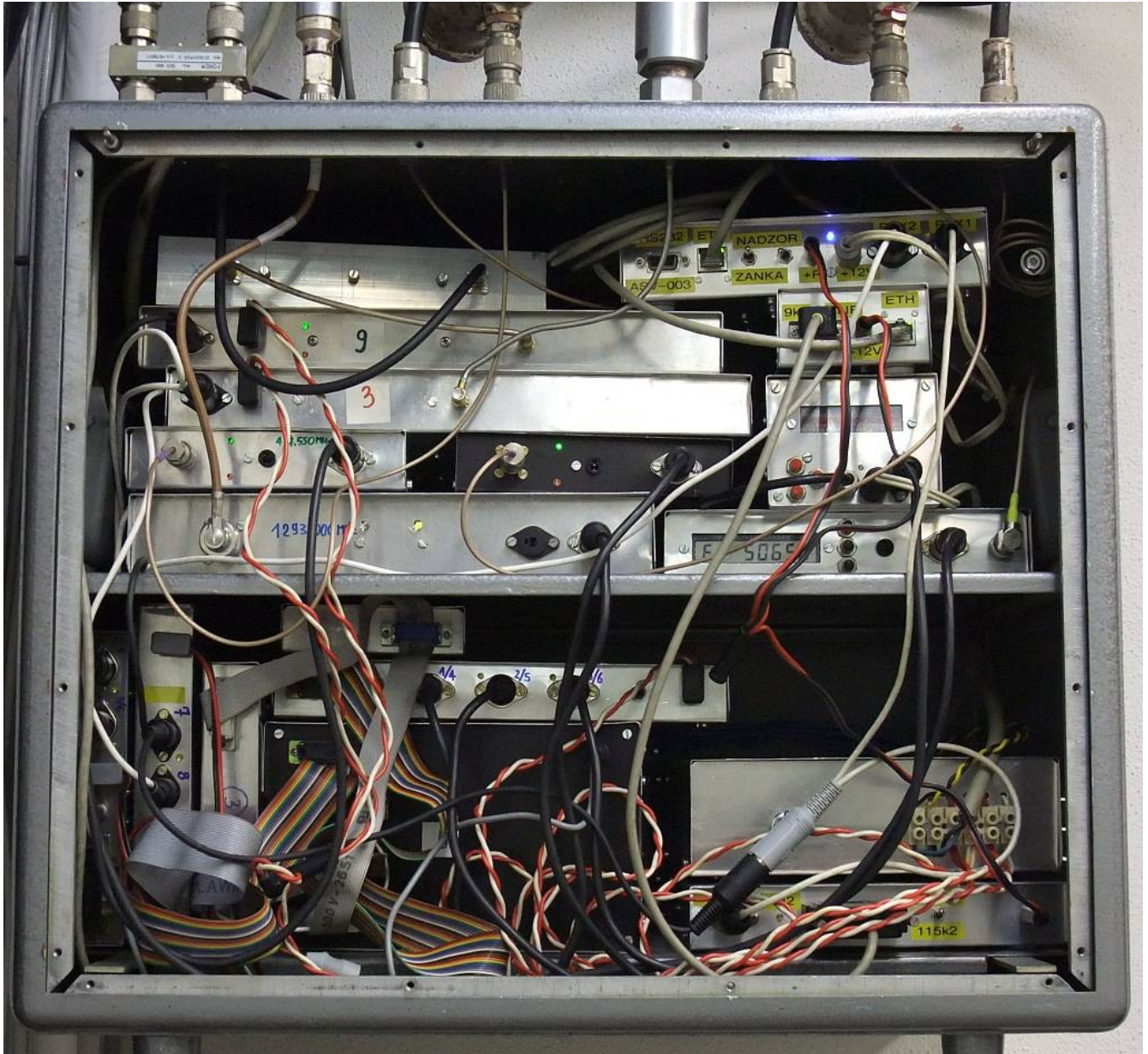
Med starim svetom Supervozljev in novim svetom NBP ASVjev je možna tudi neposredna povezava, če na isto PSK radijsko postajo priključimo še tretjega udeleženca, Megabitni TNC v načinu SLIP. SLIP razumeta tako ATNC kot EATNC, ki ju spet vežemo na eno od radijskih postaj. končno lahko uporabimo tudi kakršenkoli pretvornik SLIP<>Ethernet (EATNC preklapimo v ta način s prepovedanim naslovom 0) za povezavo z drugim EATNCjem, WLAN škatlami oziroma drugo Ethernet kramo.



Slika 20 - Vezava vozlišča SV+ASV+prehod S55YNG.

Povsem jasno zahteva tudi Megabitni TNC predelavo bitne sinhronizacije z vezjem 74HC125, da postane izhod TXM tristate in dovoljuje vzporedno vezavo. Če so vsi trije udeleženci: SV, ASV in Megabitni TNC nastavljeni na isto bitno hitrost 1.2288Mbps, se slišijo med sabo in DCDji preprečujejo večino medsebojnih motenj. SV in Megabitni TNC se tedaj celo razumeta med sabo, čeprav z nepotrebnim ropotanjem na PSK postaji...

Končni rezultat je jasen: edina omejitev novega omrežja je ta, da bo v naši omari, ki smo jo s silnimi naporami pretihotapili v RTV hišico, planinsko postojanko ali lovsko koč na vrhu hriba, zanesljivo zmanjkalo prostora!



Slika 21 - Omara vozlišča S55YNG.

8. Rezultati poskusov z NBP

Zgodba o poskusih se začne že pred skoraj 10 leti, ko sem iskal nadgradnjo za tedanje omrežje AX.25. Razvil in izdelal sem TNCje za 10Mbit/s s procesorjem MC68HC000 in SCC čipom SAB82532 (res dober FIFO vmesnik) ter pripadajoče UWBFM radijske postaje za frekvenčno področje 5.7GHz. Poskusi so hitro pokazali, da se s protokolom AX.25 ne pride več nikamor naprej. Tudi primernega procesorja za novo vozlišče nisem našel, čeprav sem zapravil kar nekaj denarja in časa za nakup količine procesorjev MC68040, res prava polomija.

Nato sem preizkušal WLAN opremo, nekoč slavne usmerjevalnike Linksys WRT54GL. Velikega dometa sicer nisem niti pričakoval. Načeloma bi sicer lahko izdelal boljše antene in primerne močnostne ojačevalnike. Poskuse sem delal kar v moji delavnici in v zvezi do soseda S53SM. Hitrost prenosa je prekašala AX.25 vsaj za faktor desetkrat, verjetno tudi več. Zataknilo se je pri programski opremi. En sam WRT54GL dela super, dva se mogoče še pogovarjata med sabo, omrežje štirih je potrebovalo RESET z izklopom napajanja trikrat na dan! Povsem jasno nima smisla nositi takšne škatle na hrib...

Medtem se je omrežje AX.25 SuperVozljev nezadržno staralo. Če voda naravnost sili v antenske konektorje in kable, se elektrolitski kondenzatorji v elektroniki neverjetno dobro izsušijo! Sredi hude zime 2008/2009 z obilico snega je na Črni Prsti celo crknil procesor MC68020, izdelan pred skoraj četrto stoletje. Vsak dan torej čedalje manj kilobajtov v sekundi in čedalje več čakanja pri odpiranju spletnih strani. Edina možna pot je slovo od starajočega AX.25, brez zamere, iz AX.25 smo se vsi ogromno naučili!

Iz izkušenj z AX.25, SuperVozlji in WLAN sem skušal določiti, kaj od protokola sploh potrebujemo. Medtem se je tehnika zamenjala, vsi gradniki so danes SMD. Mikrokrmilniki so na začetku novega tisočletja postali dovolj veliki in dovolj zmogljivi, da je možno v njih stlačiti celoten TNC. Medtem je izginil HDLC, niti SAB82532 se ne da kupiti nikjer več v naši galaksiji! Torej je nujna programska rešitev v procesorju ali programirljivi logiki.

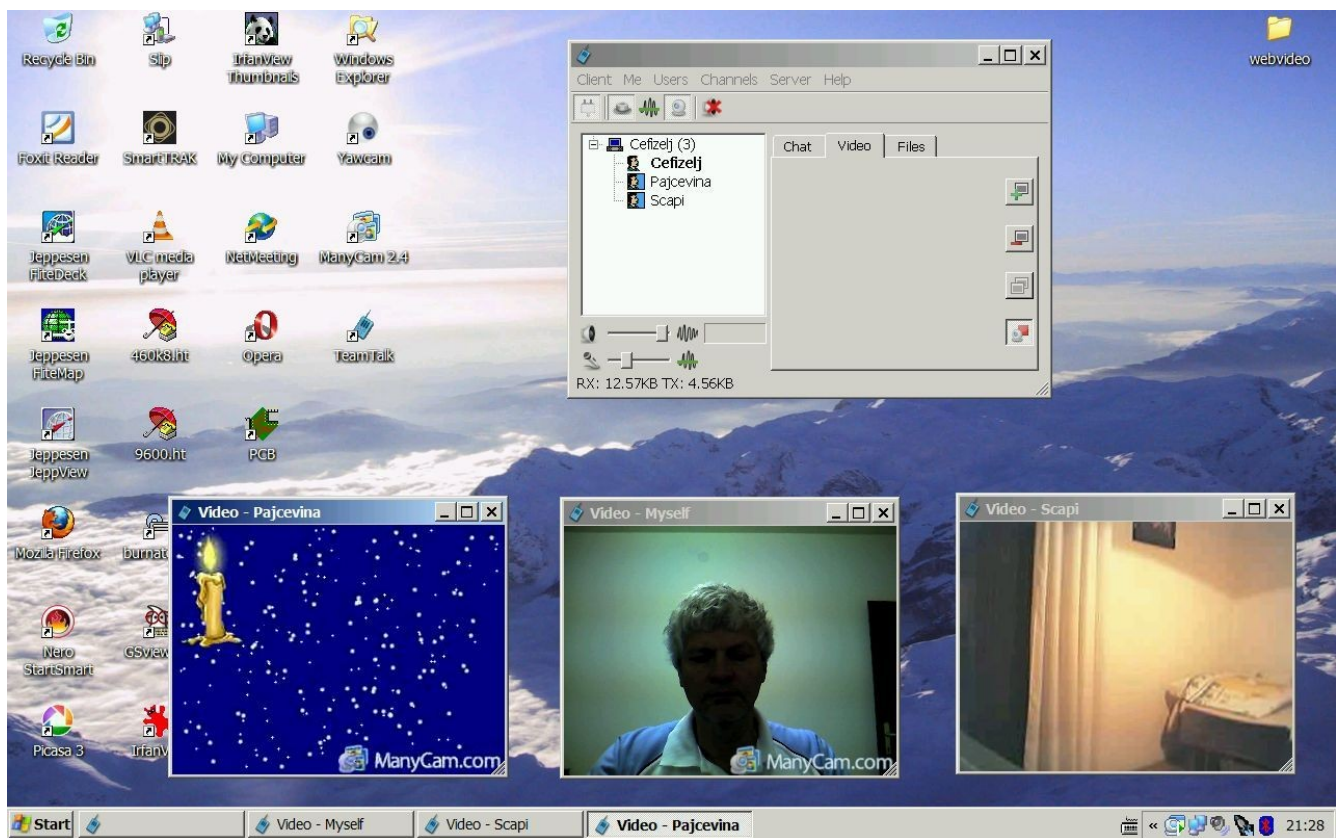
Izmisliti se nov protokol je kočljiva stvar. Nisem kaj bistvenega pozabil? Zakaj ni tega napravil že kdo pred mano? Edina stvar, ki me v resnici ni skrbel, je združljivost z drugimi amaterskimi omrežji. Tu dobro vem, v sosednjih deželah je z izjemo redkih SuperVozljev ves ostali packet-radio že zdavnaj umrl.

Kot prvi cilj sem si zadal izdelati preprost KISS TNC za AX.25 s sodobnimi gradniki, da se naučim programiranja in najdem rešitev za komunikacijo podobno HDLC, ki so ga profesionalci opustili. Mrcvarjenje poskusne ploščice z mikrokrmilnikom LPC2138 je obrodilo sadove, da sem za božične praznike 2009/2010 narisal tiskanino za srce ATNCja. Nadomestek golega SCC čipa sem uspel izdelati programsko, da posebna programirljiva logika (FPGA) zaenkrat ne bo potrebna.

Sledil je preizkus novega protokola. Pinganje na vse možne načine. Se kaj izgublja? Se kje zatika? Koliko pomnilnika pokuri? Po

mesecih poskusov lahko zatrdim popolno zmago matematike, ki je hekerji ne obvladajo: Ne-Brezhibni Protokol izgublja res malo in to skladno z izračuni, se ne zatika in pokuri neverjetno malo pomnilnika. Saj te stvari so navsezadnje povezane med sabo: TNC bo kuril pomnilnik, ko se prenos zatika in okvirji čakajo!

Tri ATNCje sem povezal v prvi ASV, da sem razvil in preizkusil lokalno zanko NBP. ASV sem preizkušal v krožni video zvezi s programom TeamTalk4, ki za prenos govora in žive slike uporablja UDP/IP. Prenos UDP je sicer zelo učinkovit, je pa hkrati zelo občutljiv na izgubljene okvirje. UDP izgubljenih okvirjev ne ponavlja kot TCP/IP. TeamTalk4 vsebuje sicer odlični video kodek, ki živo sliko 320x240 skrči na komaj 10kbyte/s. Prenos slike je po omrežju AX.25 popolnoma neuporaben zaradi izgubljenih okvirjev, z Ne-Brezhibnim Protokolom pa skoraj brezhiben! Končno imamo torej čudovito zamenjavo za zastarelo analogno amatersko televizijo!



slika 22 - krožna video zveza.

Resni preizkusi učinkovitosti novega protokola so morali počakati na Ethernet in na EATNC. S SLIP vmesnikom so same težave tako v okolju windows kot Linux. Sodobni računalniki sploh nimajo več COM portov, novejši pa ne poznajo niti več SLIP. Poskusi z nepredelanimi ZIF-PSK radijskimi postajami na 2Mbps in programom FileZilla so navrgli okoli 130kbyte/s. Teoretska zmogljivost je sicer $2\text{Mbps}/8\text{bit}=250\text{kbyte/s}$. Pri tem je bil izmerjen odstotek oddaje 60%, kar pomeni oddajo 150kbyte/s bruto.

Končno odnesti nove škatle na hribe in narediti prave poskuse v

živem internetnem omrežju. Najprej prvi ASV na lovska koč pri Renčah S55YFH. Ta je dobil tudi WLAN zvezo do radiokluba Burja S55W. Nato drugi ASV na Sveto Goro S55YNG, ki ima zveze s številnimi sosednjimi vozlišči in internetnim prehodom S50AOP. Rezultati poskusov v ne-najboljših, a resničnih pogojih (motnje, manjše ovire na radijski poti, niti WLAN ni neskončno hiter) so naslednji:

Vrsta radijske zveze	Izmerjena hitrost
NBP 23cm/2Mbps (nove ZIF-PSK) S55YFH-S53MV	80kbyte/s
NBP 13cm/1.2Mbps (stare PSK, počasen preklop) S55YFH-S53MV	55kbyte/s
Skrita postaja NBP 23cm/2Mbps S55YFH-S53MV-sobna_antena	2x45kbyte/s (vsota 90kbyte/s)
Skrita postaja NBP 13cm/1.2Mbps S55YFH-S53MV-sobna_antena	2x30kbyte/s (vsota 60kbyte/s)
Mešana zveza preko prehoda S55YNG AX.25: S50AOP-S55YNG (ozko grlo SLIP 460k8) NBP: S55YNG-S55YFH-S53MV	30kbyte/s
AX.25 preko SuperVozljev (stari sistem) S50AOP-S55YNG-S55YFH-S53MV	10kbyte/s

Slika 23 - Izmerjene hitrosti prenosa.

Na hitro se vidi, da z istimi radijskimi postajami in z istimi antenami dosega Ne-Brezhibni Protokol 8-krat višjo hitrost prenosa podatkov od AX.25 s starimi SuperVozljev. Še boljši je rezultat s skrito postajo, kjer se končna udeleženca ne vidita med sabo, a oddajata na istem kanalu. Vsota zmogljivosti kanala tu dosega 90kbyte/s z novimi ZIF-PSK oziroma 60kbyte/s s starimi PSK s počasnim preklopom in ozko LC medfrekvenco. Za primerjavo, zveza preko AX.25 SuperVozljev gre v naravnost brezhibnih pogojih, vsak odsek zveze je na drugačni frekvenci in ne moti drugih.

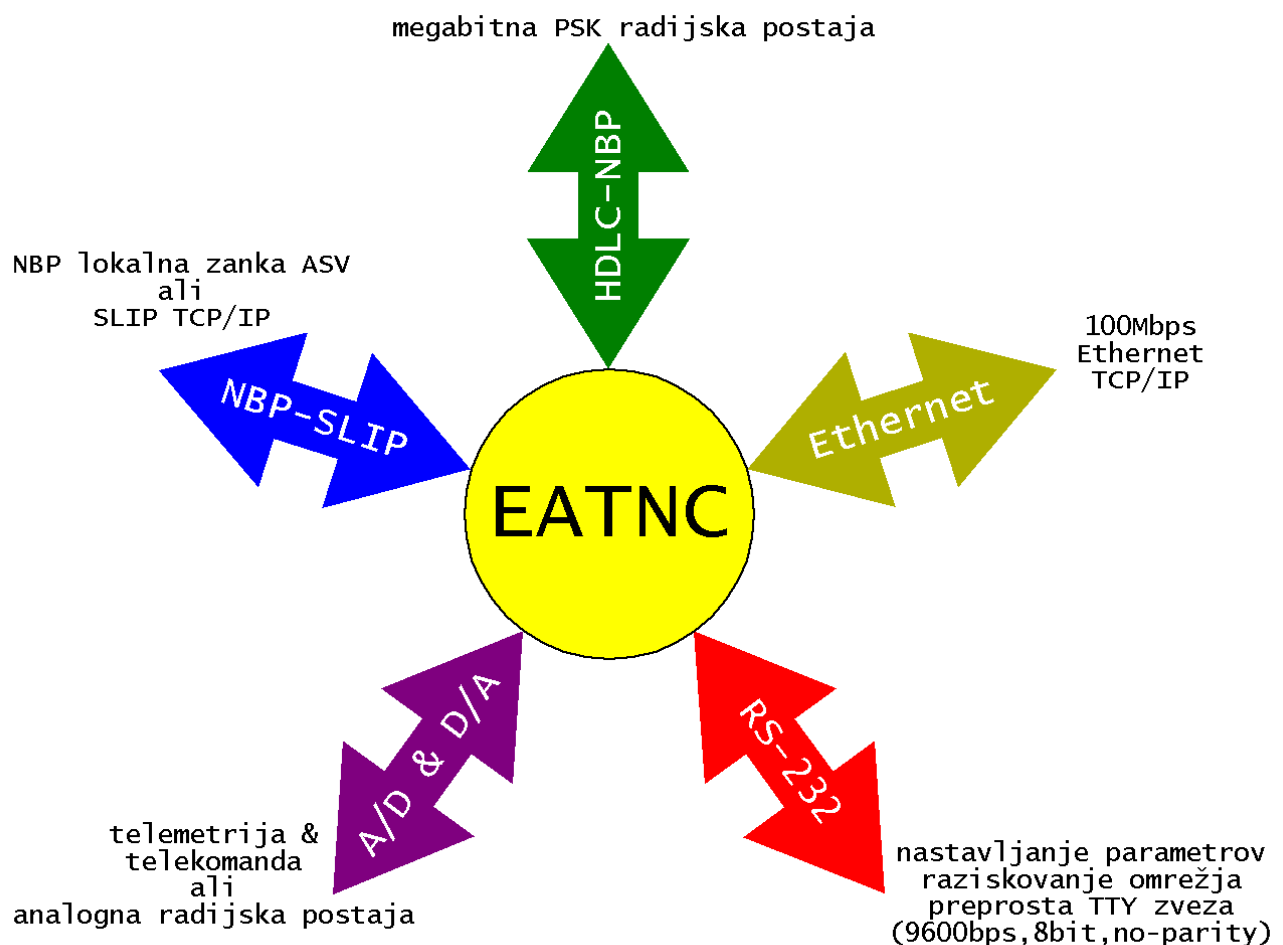
Na koncu moram povedati, da Ne-Brezhibni Protokol ni samo sad mojega dela, pač pa mi je marsikdo pomagal. Na prvem mestu je tu Darko Volk, S57UUD, s katerim sva vsakokrat natančno pretuhtala vse možne rešitve. Tomaž Rehar in podjetje Silica sta mi dostavila številne brezplačne vzorce mikrokrmilnikov ter svetovala, kaj naj sploh uporabim. Aleksander Stare, S54S in Ivo Ul, S51UL sta temeljito preizkusila ATNC in novi protokol. Aleksander je tudi razvil SLIP<>Ethernet pretvornik ter mi z ugotovitvami veliko pomagal pri razvoju EATNCja. Tom Puc, S56G in Aleksander Modic, S53SM sta priskrbela WLAN opremo.

Kako naprej? Jaz vsekakor pričakujem soobstoj vseh treh sistemov: AX.25, WLAN in NBP. AX.25 bomo zagotovo ohranili iz zgodovinskih razlogov. APRS, DXCLUS in drugi ga še vedno uporabljajo. WLAN je 10-krat hitrejši od NBP, a ima 10-krat manjši domet, ki je premajhen za gradnjo obširnega omrežja v Sloveniji. NBP je edina pot, da zgradimo lastno omrežje, ki je neodvisno od kateregakoli poštarkega kabla ali telefonske centrale.

Za zmogljivost dobro vemo, da se nobena radijska zveza ne more primerjati s svetlobnim vlaknom. Glavna prednost NBP je v tem, da je preprost: NBP ne pozna tabel usmerjanja! Poleg tega omogoča uporaben domet ter telemetrijo in telekomando, česar WLAN škatle običajno ne znajo. Kako kaj fotovoltaični paneli na našem kuclju? Kaj pa baterija, bo zdržala izpad omrežja? Kdo bo šel pritisnit RESET tipko na hrib? (E)ATNC vse to zna že danes!

ATNC in EATNC sta izdelana z mikrokrmilniki z jedrom ARM7 in taktno frekvenco okoli 60MHz. Zagotovo bosta dobila zmogljivejše naslednike, saj so ze danes dobavljivi mikrokrmilniki z jedrom ARM9 in taktno frekvenco 200MHz. Podobno za jedro MIPS. Zmogljivejši mikrokrmilniki naj bi omogočali programski HDLC do vsaj 10Mbit/s, kar je smiselna meja za radijsko zvezo z dometom 100km v naših razmerah. NBP omogoča, da na hrib postavimo tudi kakšno barvno webcam z živo sliko.

Ključna naprava, ki omogoča povezavo starega (AX.25), novega (WLAN) in sama dodaja še nekaj boljšega (NBP), je EATNC. Zato si zasluži svoj logotip:



Slika 24 - Logotip EATNC.