

# Bezdrátový přenos dat

Bc. Ľubomír Adámek

---

Diplomová práce  
2006



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta aplikované informatiky  
Ústav aplikované informatiky  
akademický rok: 2005/2006

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. L'ubomír ADÁMEK**  
Studijní program: **N 3902 Inženýrská informatika**  
Studijní obor: **Informační technologie**

Téma práce: **Bezdrátový přenos dat**

Zásady pro vypracování:

- 1. Seznamte se s principy bezdrátového přenosu dat.**
- 2. Z dostupných zdrojů zvolte způsob přenosu dat a vyberte zařízení pro bezdrátový přenos.**
- 3. Zařízení pro bezdrátový přenos dat prakticky realizujte.**
- 4. Ověřte funkčnost realizovaného zařízení a určete vlastnosti přenosu dat.**

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. BASTIAN, P.: Praktická elektrotechnika. Europa – Sobotáles, Brno, 2004
2. HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004.
3. HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001.
4. KLAUS, T: Příručka pro elektrotechnika. Europa – Sobotáles, 2005.
5. LÁNIČEK, R.: Elektronika, obvody, součástky a děje. Praha, BEN, 1998.
6. SVOBODA, J.: Telekomunikační technika I, II. Praha, BEN, 2002.
7. [www.ronja.twibright.com](http://www.ronja.twibright.com)

Vedoucí diplomové práce:

**Mgr. Milan Adámek, Ph.D.**

Ústav elektrotechniky a měření

Datum zadání diplomové práce:

**14. února 2006**

Termín odevzdání diplomové práce:

**26. května 2006**

Ve Zlíně dne 14. února 2006



prof. Ing. Vladimír Vašek, CSc.  
*pověřený děkan*



doc. Ing. Ivan Zelinka, Ph.D.  
*ředitel ústavu*

## **ABSTRAKT**

Táto práca je zameraná na bezdrátový prenos dát a dá sa povedať že je viac-menej prácou praktickou, tj. zostrojenie zariadenia pre tento prenos dát., ktorý je realizovaný zariadením nazývaným RONJA.

RONJA je zloženie počiatočných písmen slov Reasonable Optical Near Joint Access. To znamená, že toto zariadenie komunikuje medzi dvoma počítačmi pomocou optického dvojbodového spojenia dátového spoja na veľkú vzdialenosť, za podmienky priamej viditeľnosti. RONJA má konštantnú prenosovú rýchlosť 10 Mb/s v plne duplexnom režime. Jej funkčnosť je spoľahlivá a imúnna proti rušeniu. RONJA je plne kompatibilná k zapojeniu do switcha alebo ethernetovej karty s RJ45 konektorom. Nemožno odposlúchať alebo rušiť prenos ako u WiFi, pretože vysiela úzky svetelný lúč. Najväčšou nevýhodou je, že nefunguje za veľmi zlého počasia, ako je hmla, veľmi hustý dážď alebo silné sneženie.

## **ABSTRACT**

This work is about wireless data transfer and I can say that it is more or less a practical work, that means to build a device for this data transfer. This transfer is realized by the device called Ronja

RONJA is the compound of initial letters from words Reasonable Optical Near Joint Access. It means, that this device communicates between two computers by means of an optical point-to-point data link for a long-distance. RONJA has the constant transmission speed 10 Mb/s in the full duplex mode. The operation is reliable and immune to interference. RONJA is fully compatible with the connection into the switch or ethernet card compatible with RJ45 connector. It is impossible to tapping or interfere transmission like in WiFi, because it emits the narrow ray of light. The biggest disadvantage is that it doesn't work in very bad weather such as fog, very heavy rain or heavy snowfall.

Úvodom si dovoľujem poďakovať vedúcemu mojej diplomovej práce Mgr. Milanovi Adámkovi , Ph.D. za jeho odborné vedenie, rady, informácie a jeho trpezlivosť, ako aj jeho kolegom Ing. Tomášovi Sysalovi, Ph.D. a Ing. Miroslavovi Matýskovi, Ph.D.

Ďalej by som sa chcel poďakovať ocinovi za pomoc pri stavbe mechanickej časti diplomovej práce, celej svojej rodine ako aj svojim kamarátom a v neposlednom rade aj mojej priateľke za podporu počas celého štúdia na tunajšej univerzite.

Ve Zlíně, 15. 05. 2006

.....

podpis

# OBSAH

ÚVOD.....	9
<b>I TEORETICKÁ ČASŤ .....</b>	<b>11</b>
<b>1 HISTÓRIA BEZDRÔTOVEJ KOMUNIKÁCIE .....</b>	<b>12</b>
1.1 HISTÓRIA BEZDRÔTOVEJ KOMUNIKÁCIE VO FRAGMENTOCH.....	12
1.1.1 Nástup mobilných telefónnych sietí.....	13
<b>2 PREHLAD A PRINCÍPY BEZDRÔTOVÝCH TECHNOLOGIÍ .....</b>	<b>14</b>
2.1 PRINCÍPY BEZDRÔTOVÝCH PRENOSOV .....	17
2.1.1 Šírenie informácií elektromagnetickým signálom .....	17
2.1.2 Elektromagnetický signál ako funkcia času.....	17
2.1.3 Elektromagnetický signál ako funkcia frekvencie .....	20
2.1.4 Vzťah medzi šírkou pásma a rýchlosťou prenosu dát.....	20
2.1.5 Prenos dát .....	20
2.1.5.1 Analógové a digitálne dáta .....	20
2.1.5.2 Analógové a digitálne signály .....	21
2.1.5.3 Analógový a digitálny prenos .....	21
2.1.6 Vplyvy rušenia signálu a kapacita kanálu.....	21
2.1.6.1 Šum .....	22
2.1.6.2 Kapacita kanálu.....	22
2.2 RÁDIOVÉ BEZDRÔTOVÉ PRÍSTUPOVÉ SIETE.....	23
2.2.1 Charakteristika rádiových prístupových sietí.....	24
2.2.1.1 Fast link.....	24
2.2.1.2 DECT link.....	24
2.2.1.3 EXPRES Link .....	24
2.2.1.4 Acces integrator .....	25
2.2.1.5 TETRA.....	25
2.2.2 LerNet .....	25
2.2.3 Siete RLAN .....	25
2.3 PEVNÉ BEZDRÔTOVÉ PRÍSTUPY.....	26
2.3.1 FWA (Fixed Wireless Access), WLL (Wireless Local Loop).....	26
2.4 MOBILNÉ PRÍSTUPOVÉ TECHNOLOGIE.....	29
2.4.1 Štandardy a prenosi dát v sieťach GSM.....	30
2.4.1.1 GPRS (General Packet Radio Service).....	30
2.4.1.2 HSCSD (High Speed Circuit Switched Data).....	31
2.4.1.3 EDGE (Enhanced Data Rates for GSM Evolution).....	31
2.4.1.4 WAP (Wireless Application Protocol) .....	31
2.4.2 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System).....	32
2.5 SATELITNÁ KOMUNIKÁCIA .....	34
2.5.1 Satelitné systémy a ich rozdelenie .....	34
2.5.1.1 Jednosmerná satelitná komunikácia.....	35
2.5.1.2 Dvojsmerná satelitná komunikácia.....	36
2.5.2 Internet a VSAT (Very small Aperture Terminal).....	36
2.5.2.1 Služby VSAT .....	36
2.5.2.2 Hlavné výhody služby VSAT .....	37

2.5.3	Iridium.....	37
2.5.4	Globalstar.....	38
2.6	BEZDRÔTOVÉ WLAN.....	38
2.6.1	Technologické informácie.....	38
2.6.1.1	Štandardy IEEE 802.11.....	38
2.6.2	Wi-Fi (Wireless Fidelity).....	40
2.6.2.1	Access Point (prístupový bod).....	41
2.6.2.2	Hot Spot (miesto pokryté).....	41
2.6.2.3	Pracovná vzdialenosť.....	42
2.6.2.4	Zabezpečenie sietí WLAN.....	43
2.6.3	Bluetooth.....	44
2.6.3.1	Základné parametre.....	44
2.6.3.2	Využitie v osobných sieťach.....	44
2.6.3.3	Výhody a nevýhody.....	45
2.6.4	Mikrovlnné pripojenie.....	45
2.7	SVETELNÉ, OPTICKÉ PRENOSY.....	45
2.7.1	IrDa (Infrared Data Association).....	45
2.7.1.1	Štandardy.....	46
2.7.1.2	Vlastnosti IrDa.....	46
2.7.1.3	Komunikácia.....	46
2.7.2	Prístup cez priestorovú optiku – FSO.....	47
2.7.2.1	Bezpečnosť prevádzky a prenosu dát.....	47
2.7.2.2	Konfigurácia bezdrôtových optických sietí.....	48
2.7.3	Ronja.....	50
<b>II</b>	<b>PRAKTICKÁ ČÁST.....</b>	<b>51</b>
<b>3</b>	<b>RONJA TETRAPOLIS.....</b>	<b>52</b>
3.1	BLOKOVÉ SCHÉMA.....	52
3.2	POPIS ZARIADENIA.....	53
3.2.1	Interface.....	53
3.2.1.1	Napájacie obvody.....	54
3.2.1.2	1 MHz ochranný signál.....	54
3.2.1.3	Vysielacia sekcia.....	54
3.2.1.4	Prijímacia sekcia.....	54
3.2.2	Vysielač.....	55
3.2.2.1	Napájacie obvody.....	55
3.2.2.2	Spracovanie signálu.....	55
3.2.2.3	Vysielacia súčiastka.....	56
3.2.3	Prijímač.....	56
3.2.3.1	Interface.....	56
3.2.3.2	Napájacie obvody.....	57
3.2.3.3	Prijímacia sekcia.....	57
3.2.3.4	Úprava signálu.....	58
3.3	ELEKTRICKÉ SCHÉMY ZAPOJENIA.....	59
3.3.1	Elektrická schéma interfacu.....	59
3.3.2	Elektrická schéma vysielača.....	60
3.3.3	Elektrická schéma prijímača.....	61

3.4	ROZPIS POUŽITÝCH SÚČIASTOK .....	62
3.4.1	Rozpis súčiastok pre interface.....	62
3.4.2	Rozpis súčiastok pre vysielateľ .....	66
3.4.3	Rozpis súčiastok pre prijímač .....	68
3.5	PREDLOHY A OSADENIA PLOŠNÝCH SPOJOV .....	70
3.5.1	Predlohy plošných spojov .....	70
3.5.1.1	Predloha DPS interfacu.....	70
3.5.1.2	Predloha DPS vysielateľa .....	71
3.5.1.3	Predloha DPS prijímateľa.....	71
3.5.2	Osadenia plošných spojov.....	72
3.5.2.1	Plán osadenia interfacu .....	72
3.5.2.2	Plán osadenia vysielateľa .....	72
3.5.2.3	Plán osadenia prijímateľa .....	73
3.6	KONŠTRUKČNÉ USPORIADANIE A OPTIKA .....	73
3.6.1	Úprava krabičky pre Interface.....	73
3.6.2	Úprava krabičiek pre vysielateľ a prijímač.....	74
3.6.3	Vyhrievací systém.....	74
3.6.4	Uzatvorenie RONJI.....	74
3.7	MECHANICKÁ ČASŤ .....	75
3.7.1	Výkresy krabičky pre interface .....	75
3.7.2	Výkresy krabičky pre vysielateľ .....	77
3.7.3	Výkresy krabičky pre prijímač .....	79
3.7.4	Výkresy rúr.....	81
3.7.5	Výkresy pre zameriavací systém.....	82
<b>4</b>	<b>TESTOVANIE RONJI TETRAPOLIS.....</b>	<b>83</b>
4.1	ZÁKLADNÉ VLASTNOSTI PRENOSU .....	86
	<b>ZÁVER.....</b>	<b>87</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>89</b>
	<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK.....</b>	<b>90</b>
	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>96</b>
	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>98</b>
	<b>ZOZNAM PRÍLOH.....</b>	<b>99</b>



## ÚVOD

Už od zostrojenia prvého počítača existovala myšlienka prepojenia jednotlivých pracovných staníc do sietí. Toto prepojenie nezaistovalo len ľahší prenos dát medzi počítačmi, ale tiež umožňovalo synchronizovať pracovné úlohy na všetkých počítačoch a tým zvýšiť efektívnosť činností, ktoré boli na začiatkoch prevádzané.

V dnešnom svete by sme si život bez počítačových sietí snád' ani nevedeli predstaviť. Keby sme ich nemali, nebol by internet, nemohli by sme posielat' e-mail, možno by ani neexistovali mobilné siete. Sieťová komunikácia nám umožňuje zrýchlenie prenosu dát, nech sa už jedná o spravodajstvo, bankovníctvo, výskum, zdravotníctvo či iné odvetvie. Potreba tvorby sietí zasahuje do všetkých odborov ľudskej činnosti.

K prepojeniu počítačov je treba sieťová karta a sieťový kábel. Najstarším typom prepojenia je externý transceiver, taktiež nazývaný AUI. Jedná sa o externé spracovanie signálu, ktorý je potom posielaný do sieťovej karty cez AUI konektor. Ďalším typom prepojenia je zbernicová topológia (BNC konektor, 10Base2), ktorá je realizovaná koaxiálnym káblom. Prenosová rýchlosť je 10 Mb/s. Veľkou nevýhodou tohoto prepojenia je skutočnosť, že nie je možné poslat' toľko rôznych druhov dát naraz. Dnes sú najrozšírenejšie siete Fast Ethernet (RJ-45, UTP) s rýchlosťou 10Mb/s a 100 Mb/s. Tieto siete používajú hviezdnicové topológie a dôsledkom toho sú jednotlivé počítače na sebe nezávislé. Najrýchlejší sú siete s prenosom 1Gb/s, ktoré sa používajú pre paterné spojenie.

S neustále zrýchľujúcim sa rozvojom vedy a techniky nás v budúcnosti určite čakajú rýchlejšie a dokonalejšie systémy prenosu. Súčasným hitom sú bezdrátové siete typu WiFi, pracujúce v pásme 2,4 GHz. Najrozšírenejší štandard IEEE 802.11b umožňuje maximálnu prenosovú rýchlosť 11Mb/s. Rýchlejšie dátové prenosy umožňuje štandard IEEE 802.11g, ktorý môže v ideálnom prípade dosiahnuť rýchlosti prenosu až 54 Mb/s. V skutočnosti sa však rýchlosť pohybuje okolo 22Mb/s. Problém tohoto štandardu bdie v skutočnosti, že niektoré firmy zahájili výrobu pred jeho schválením, a pretože potom došlo k drobné úprave štandardu, nemusia byť zariadenia kompatibilné. Vo zvyšovaní prenosových rýchlostí WiFi vadí predovšetkým vysoká vyťaženosť pásma 2,4GHz, kde okrem WiFi operujú napríklad Bluetooth zariadenie, mikrovlnné trúby a zariadenia na diaľkové ovládanie. Tento problém sa snažíme vyriešiť hľadaním nového frekvenčného pásma, ktoré by bolo užívané výhradne pre zdieľanú dátovú komunikáciu.

Najvýhodnejším frekvenčným pásmom, ktoré pripadá v úvahu, sa zdá byť pásmo 5GHz, ktorého časť je vyhradená pre zariadenia splňujúce podmienky štandardu IEEE 802.11a. Do budúcnosti sa uvažuje o štandarde IEEE 802.11n, ktorý by pracoval v pásme 5GHz s rýchlosťou 108 Mb/s.

Ďalšou možnosťou prepojenia počítačov je technológia PLC (Power Line Communication). Tento prenos sa síce nedá nazvať ako bezdrátový, ale pretože využíva elektrické rozvodné siete, ku ktorým je pripojená takmer každá budova na svete, môžeme povedať, že je dostupná pre všetky a to bez pokladania nových káblov. Prenosová rýchlosť tejto technológie je teoreticky asi 14 Mb/s. V skutočnosti s táto rýchlosť pohybuje okolo 4-8 Mb/s. Dôvodom, prečo sa táto technológia zatiaľ moc nepoužíva, je cena a malé množstvo počítačov, ktoré je možné týmto spôsobom prepojiť.

Pokiaľ majú obidva prepojované počítače priamou viditeľnosť, potom je možné použiť k tvorbe siete optické spojenie. Optická technológia je spoľahlivá. Jej prenosová rýchlosť 10 Mb/s je lákavá hlavne vďaka jej stabilite. Na druhú stranu prestáva optické spojenie pracovať za nepriaznivého počasia. Za hustej hmly alebo silného sneženia je prenos nemožný. Veď ani ľudské oko nie je schopné prehliadnuť hmlu .

## **I. TEORETICKÁ ČASŤ**

# 1 HISTÓRIA BEZDRÔTOVEJ KOMUNIKÁCIE

## 1.1 História bezdrôtovej komunikácie vo fragmentoch

Napriek tomu, že k vynálezu rádia prispeli mnohí vedci, bol to Taliansky elektroinžinier a vynálezca Guglielmo Marconi, ktorému sa pripisuje tento významný krok. Marconiho úspech spočíval v kombinácii jeho technickej invencie a obchodného dôvtipu. V roku 1895 tento mladý technický nadšenec zdokonalil koherér (prístroj zachytávajúci elektromagnetické vlny) a pripojil ho k jednoduchej anténe, ktorej dolný koniec bol uzemnený. Vtedy predviedol prvú demonštráciu bezdrôtovej telegrafie. V roku 1896 Marconi dokázal vyslať signály na vzdialenosť vyše 1.6 km. V roku 1899 Marconi prevádzkoval komerčnú komunikáciu medzi Anglickom a Francúzskom, v roku 1901 vyslal signály na vzdialenosť 322 kilometrov a v tom istom roku bolo prvé písmeno (S) prenesené cez Atlantický oceán. Už v nasledujúcom roku sa rádiové správy pravidelne posielali cez Atlantický oceán a v roku 1905 možnosť rádiového spojenia s pevninou už využívalo mnoho lodí.

Reginald Aubrey Fessenden, Kanadsko-Americký rádiopionier sa od roku 1900 pokúša o bezdrôtový prenos hlasu. Vyvíja ideu modulovať amplitúdu zvukových vln do rádiových vln. 1902 navrhuje Fessenden, že jeho metóda prenosu spojitých vln, by bola vhodná pre radiotelefóniu. Spája sa s dvoma finančníkmi, ktorý umožnia realizáciu jeho myšlienok. Po skonštruovaní 50 000Hz alternátora s ktorým už bolo možné realizovať radiotelefóniu, Fessenden okamžite stavia vysielaciu stanicu Brant Rock. 24 decembra 1906 bezdrôtový operátor vo vzdialenom Norfolku prekvapene počúva reč a hudbu vysielanú z Brand Rocku do jeho prijímača. V septembri 1915 sa uskutočnil bezdrôtový diaľkový telefónny hovor New York - San Francisco na vzdialenosť 4022 km.

V roku 1921 zamestnanci Deatroitskej polície rádio oddelenia začínajú experimentovať s frekvenčným pásmom blízko 2MHz pre dopravnú mobilnú službu (komunikácia typu Push to talk). V r.1928 toto policajné oddelenie zavádza jednocestnú komunikáciu s ich centrálnym rádiovým vozidlom.

John Logie Baird v roku 1924 predvádza obrisy objektov predané televíziou, v r.1925 prenáša rozpoznateľnú ľudskú tvár a v r.1926 demonštruje pohybujúce sa objekty. V r.1929 začína britská spoločnosť BBC s pravidelným pokusným televíznym vysielaním s využitím Bairdovho štúdia.

V r.1933 získal Edwin Howard Armstrong patent na systém frekvenčnej modulácie (FM). FM priniesla lepšiu alternatívu vysielania, ako dovtedy zaužívaný systém vysielania s amplitúdovou moduláciou a umožnil vysokokvalitný prenos hlasu, alebo hudby s odolnejším signálom proti rušeniu.

### 1.1.1 Nástup mobilných telefónnych sietí

- V r.1946 Saint Lois, AT&T a Southwestern Bell uvádza prvú komerčnú radio-mobilnú službu pre privátnych zákazníkov.
- V roku 1958 začína prevádzku prvá nemecká analógová mobilná sieť A-Netz, operujúca na frekvencii 160MHz.
- Na konci 60tych rokov bola vyvíjaná sieť B-Netz, ktorá bola rovnako analógová a využívala frekvencie 160MHz.
- V r.1983 bol uvedený celulárny rádiový systém AMPS (Advanced Mobile Phone System).
- V roku 1991 bola vydaná špecifikácia DECT (Digital European Cordless Telephone), dnes už Digital Enhanced Cordless Telecommunications.
- Mobilné siete GSM: Vývoj GSM, ktorý sa uvádza ako 2.generácia mobilných sietí, sa začal v roku 1982.
- Rozšírenia GSM: Pre nedostatočne rýchly dátový prenos GSM sietí vznikli nové štandardy ako "nadstavby" týchto sietí z generácie 2 na 2.5G. Jednou z takýchto technológií je HSCSD (High Speed Circuit Switched Data).
- Štandard pre 3G - IMT-2000/UMTS: Výskum a vývoj mobilného systému, ktorý by užívateľom malých mobilných telefónnych prístrojov umožnil globálny roaming na základe existencie jednej univerzálnej mobilnej siete s unifikovanými službami a s použitým frekvenčným spektrom rovnakým na celom svete, začal už v roku 1986 na úrovni ITU. [2]

## 2 PREHLAD A PRINCÍPY BEZDRÔTOVÝCH TECHNOLOGIÍ

Bezdrôtové technológie predstavujú najrôznejšie systémy, zariadenia a prostriedky, ktoré eliminujú káblové vedenie, a súčasne zachovávajú rovnaké služby. V praxi teda nemusia byť zariadenia fyzicky pripojené káblom, ale využívajú sa najrôznejšie bezdrôtové prenosové cesty založené na elektromagnetickom vlnení. Vlastnosti takejto technológie potom závisia na použitej frekvencii vlnenia. Vďaka svojmu šíreniu priestorom tieto vlny nevyžadujú žiadnu "pokládku" prenosových ciest ako "drôtové" prenosové médiá, čo je ich obrovskou prednosťou. Vďaka tomu môžu podporovať i mobilitu užívateľov. Navyše môžu využívať všade smerový charakter vysielania, kedy sú dáta z jedného zdroja prenášaná k viac príjemcom súčasne. Všade smerový charakter vysielania je ale výhodný len pri jednosmernom prenose, zatiaľ čo pri potrebe opačného smeru je za potrebu určitá forma koordinácie záujemcov o vysielanie v príslušnom smere. Pri nízkych frekvenciách vlny lepšie prekonávajú terénne prekážky, ale so vzdialenosťou od vysielajúceho zdroja rýchle klesá ich intenzita. Vlny vyšších frekvencií sa šíria priamočiarejšie, preto sa lepšie smerujú k cieľu, ale pri väčších vzdialenostiach sa prejavuje zakrivenie povrchu zeme. S rastúcou frekvenciou sa navyše zväčšuje citlivosť na atmosférické podmienky, hmlu, smog apod., ale obecné sa zvyšuje prenosová rýchlosť, ktorú je možné dosiahnuť.

Systematická klasifikácia bezdrôtových prístupových technológií je obecné dosť zložitá.

**Bezdrôtové prenosové cesty môžeme rozdeliť podľa frekvencie elektromagnetického vlnenia na:**

- Rádiové prenosy (Radio transmissions): pre prenosy dát využívajú šírenie elektromagnetických vln v rádiovnej časti spektra, t.j. rádiové vlny s nízkou frekvenciou, nižšou ako je 300Ghz.
- Mikrovlnné prenosy (Microwave transmissions): obvykle sa tak označujú prenosy na frekvenciách nad 100 Mhz. Pri týchto frekvenciách už je možné sústrediť energiu vln do pomerne úzkeho zväzku a ten cielene nasmerovať (pomocou vhodnej parabolickej antény) na konkrétny cieľ. Ten ale musí byť v dosahu priamej viditeľnosti, pretože takýto zväzok len veľmi ťažko či vôbec nedokáže obchádzať ani prechádzať terénne ani iné prekážky, napríklad budovy. Aj keď sa takýto zväzok šíri po ideálnej priamke, vadí mu i zaoblenie zemské-

ho povrchu. Preto sa v praxi umiestňujú vysielacie a prijímače na vhodne vyvýšené miesta, napríklad na antény stožiarov či veže. Kvôli zakriveniu zemského povrchu a terénnym prekážkam sa potom musia budovať mikrovlnné prenosové trasy na väčšiu vzdialenosť ako reťazce prijímačov a vysieláčov, ktoré fungujú ako retranslačné stanice.

- **Infračervené prenosy (Infrared transmissions):** prenosy pomocou vln v infračervenej časti spektra sú dnes obľúbeným riešením na veľmi krátku vzdialenosť, napríklad pre komunikáciu medzi notebooky, tlačiarňami, mobilnými telefónmi atd. Infračervené vlny neprestupujú skrz prekážky, a prenosy v jednej miestnosti nemôžu ohroziť eventuelný prenos v inej miestnosti (a z rovnakého dôvodu sú i relatívne odolné voči vonkajšiemu odpočúvaniu). Na otvorenom priestranstve (mimo budovy) však infračervené prenosy nie sú použiteľné, pretože naše slnko svieti v infračervenej časti spektra rovnako intenzívne, ako v jeho viditeľnej časti.
- **Svetelné prenosy (Lightwave transmissions):** použitie optických vlákien predstavuje "vedenú" variantu prenosu vo viditeľnej časti spektra, kedy svetelný lúč je vedený optickým vláknom až na miesto svojho určenia. Rovnako tak je ale možné nasmerovať úzky lúč svetla vo viditeľnej časti spektra (typicky pomocou vhodného laseru) a nechať ho šíriť vzduchom. Takéto laserové prenosové systémy sú už zo svojej podstaty jednosmerné, a v praxi sa preto používajú dvojice "protismerných" lúčov. Nevýhodou je relatívne veľká závislosť na atmosferických podmienkach, ktoré môžu zmeniť ciele nasmerovanie úzkeho laserového lúča tak, že minie svoj cieľ.

#### **Podľa stupňa pohyblivosti prijímača a vysieláča ďalej delíme prenosy na:**

- **Wireless transmissions (bezdrôtové prenosy):** ako "bezdrôtové" (wireless) sa obvykle označujú také prenosy, ktoré využívajú niektorú z techník prenosu bez použitia drôtových prenosových ciest, a pri ktorej vysielateľ a prijímač sú pevné a nepohybujú sa. V tejto oblasti je možné sa ďalej stretnúť s termínom Wireless Local Loop (bezdrôtová účastnícka prípojka), ktorým sa obvykle označuje bezdrôtová náhrada metalického vedenia medzi telefónnou ústrednou a účastníckym prístrojom v domácnosti, kancelárii a pod. Obecnejšie sa takto označuje bezdrôtový spoj, ktorý zakončuje určité vedenie (napríklad diaľkové) tým, že vytvára jeho poslednú časť ve-

dúcu až ku koncovému užívateľovi. S tým súvisí tiež prívlastok Cordless , ktorým sa označuje také prevedenie rôznych domácich spotrebičov, ktoré nahradzujú klasický "drôt" pomocou bezdrôtových prenosov - ide napríklad o bezdrôtové telefóny, ktorých slúchadlá komunikujú so svojou základňovou stanicou bezdrôtovým spôsobom. Mobilita je tu možná, ale len vo veľmi malom dosahu (napr. slúchadlo bezdrôtového telefónu je možné použiť do vzdialenosti okolo sto metrov od vlastnej základňovej stanice).

- Mobile transmission (mobilní prenos) takto sa označuje prenos, pri ktorom sa aspoň jeden z účastníkov bezdrôtového prenosu pohybuje. Základným problémom takýchto komunikácií je okrem dosahu a kvality prenosu tiež problém s použitím frekvencií tak, aby každá komunikujúca dvojica mohla používať samostatnú frekvenciu, a jednotlivé prenosi sa neovplyvňovali navzájom. Pokiaľ sa totiž počet vzájomne komunikujúcich dvojíc môže dynamicky meniť, nie je možné im potrebné frekvencie prideliť staticky. Dnes sa tento problém s alokáciou frekvencií u mobilných bezdrôtových komunikácií najčastejšie rieši rozdelením celkového teritória pohybu na dielčie oblasti (tzv. bunky), do ktorých sú umiestnené tzv. základňové stanice. V rámci každej bunky potom pohybujúca sa stanica komunikuje so základňovou stanicou bunky na niektorej z frekvencií, ktoré sú pre danú bunku vyhradené. Pritom všetky okolité bunky používajú odlišné frekvencie, tak aby nedochádzalo k interferencii (a rovnaké frekvencie môžu byť znovu využité až v nesusedných bunkách). Pri prechode pohybujúcej sa stanice z jednej bunky do inej dochádza k tzv. predaniu spojenia (handover) zo základňovej stanice opustenej bunky na základňovú stanicu novej bunky. Táto metóda je známa ako Cellular transmission (bunkový prenos).

**Bezdrôtové vysielanie je ďalej možné rozdeliť podľa šírky frekvenčného pásma na:**

- Narrow-band transmissions (prenosi v úzkom frekvenčnom pásme): pri tomto spôsobe je bezdrôtové vysielanie prevádzané pomocou signálu sústredeného do veľmi úzkeho frekvenčného pásma. To na jednej strane šetrí frekvenciami, ktorých rozhodne nie je nadbytok , ale na druhej strane to vyžaduje dosť presné nariadenie obidvoch komunikujúcich strán na rovnakú frekvenciu, a je to tiež viac citlivé na rôzne rušenia.



- Spread spectrum transmissions (prenosy v rozptýlenom spektre): alternatívou k vysielaniu v úzkom frekvenčnom pásme je vysielanie v širšom frekvenčnom pásme než by bolo nezbytné nutné. Výhodou je väčšia odolnosť proti rušeniu na jednotlivých frekvenciách a menšie nároky na naladenie prijímača a vysieláča. [2]

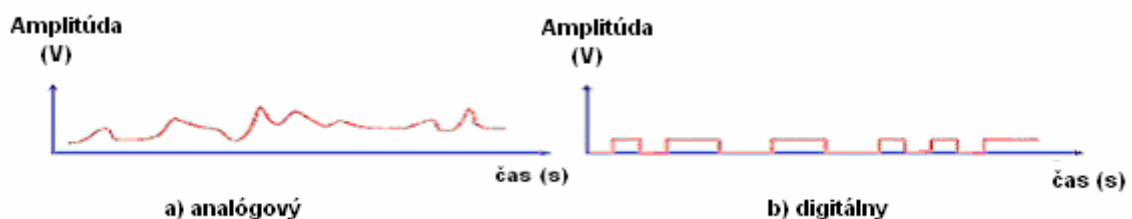
## 2.1 Princípy bezdrôtových prenosov

### 2.1.1 Šírenie informácií elektromagnetickým signálom

Elektromagnetický signál slúži ako prostriedok na prenos informácie. Je možné naň nazerať z dvoch hľadísk. Prvým je vyjadrenie elektromagnetického signálu funkciou času a druhým hľadiskom je ponímanie signálu ako funkciu frekvencie.

### 2.1.2 Elektromagnetický signál ako funkcia času

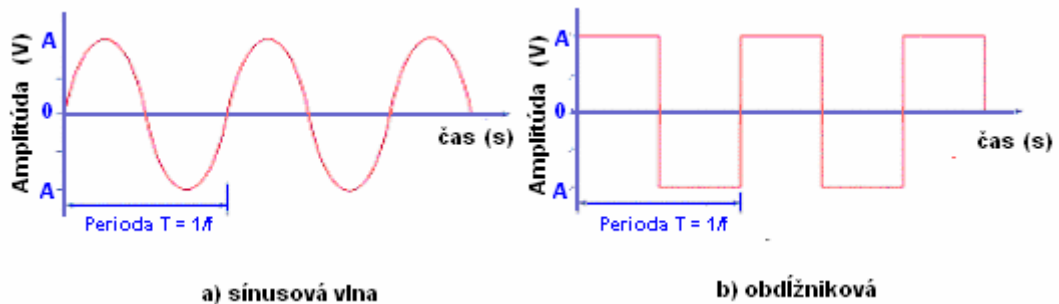
Elektromagnetický signál zobrazený ako funkcia času môže byť buď analógový alebo digitálny. Analógový signál je taký, ktorého intenzita sa plynulo mení v čase. Inak povedané, jeho priebeh je hladký bez zlomov a nespojitostí. Digitálny signál je ten, ktorého intenzita sa udržiava na konštantnej úrovni po dobu určitej časovej periódy, potom sa skokovo mení na ďalšiu konštantnú úroveň. Dokonalejšia definícia by bola, že prechod z jednej konštantnej úrovne na druhú nieje okamžitý, ale sa uskutočňuje v krátkom časovom intervale, tzv. prechodovej perióde. Napriek tomu sa využívaný digitálny signál takmer blíži k ideálnemu modelu s konštantnou úrovňou napätia a skokovými prechodmi.



Obr. 1 Analógový a digitálny signál

Obr. 1 znázorňuje príklad oboch typov signálu. Analógový signál by mohol reprezentovať rozhovor a digitálny signál reprezentuje sled binárnych jednotiek a núl. Najjednoduchším

typom signálu je periodický signál (harmonický signál). V periodickom signále sa v čase opakuje tá istá vzorka signálu.



Obr. 2 Príklady periodických (harmonických) signálov

Obr. 2 ukazuje príklad analógového periodického signálu - sínusovú vlnu (sínusoidu) a digitálny periodický signál - obdĺžnikovú vlnu. Matematicky je signál  $s(t)$  definovaný ako periodický, iba ak platí:

$$s(t + T) = s(t) \quad -\infty < t < +\infty \quad (1)$$

kde konštanta  $T$  je perióda signálu. V inom prípade, ak sa vzorka signálu v čase neopakuje, je signál aperiodický. Sínusoida je základom analógového signálu. Zvyčajne je sínusoida vyjadrená tromi parametrami:

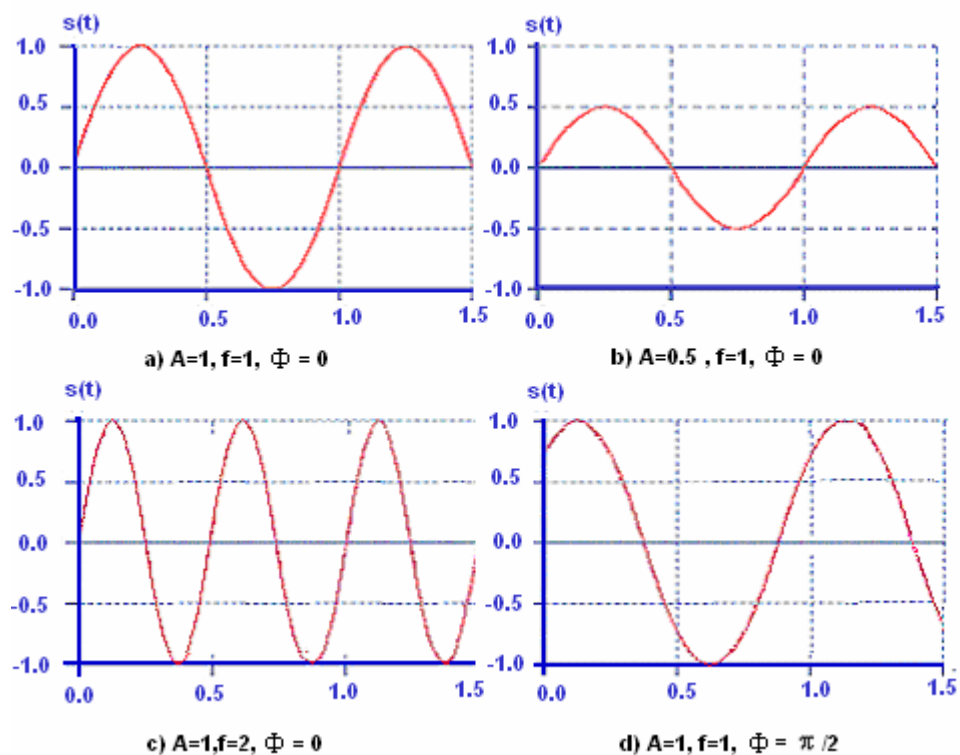
- špičkou amplitúdy, ( $A$ )
- frekvenciou, ( $f$ )
- fázou, ( $\Phi$ )

Špička amplitúdy (peak amplitude) je maximálna hodnota, resp. sila signálu v čase. Typicky je táto hodnota meraná vo voltoch (V). Frekvencia je rýchlosť [v cykloch za sekundu alebo Hertzoch (Hz)], akou sa vzorka signálu opakuje. Ekvivalentným parametrom k frekvencii je perióda signálu ( $T$ ), čo je časový interval, po ktorom sa vzorka signálu opakuje;  $T = 1 / f$ . Fáza je miera relatívnej časovej pozície v rámci jednej periódy (ilustrované na Obr. 3d).

Sínusoida môže byť zapísaná nasledovne:

$$s(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi) \quad (2)$$

Obr. 3 ukazuje účinok zmeny každého z týchto parametrov. V časti (a) obrázok zobrazuje amplitúdu sínusového signálu s frekvenciou 1Hz, teda periódou  $T = 1s$ . Časť (b) má tú istú frekvenciu a fázu, ale špička amplitúdy je 0.5. V časti (c) je  $f = 2$  Hz, čo je ekvivalentom ku  $T = \frac{1}{2}s$ . A nakoniec časť (d) ukazuje účinok fázového posunu o  $\pi/4$  radiánu, čo je 45 stupňov ( $2\pi = 360^\circ = 1$  perióda). $\Phi$



Obr. 3  $s(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi)$

Na Obr. 3 je vodorovnou osou čas. V takomto prípade graf zobrazuje, ako sa mení hodnota signálu v jednom bode v priestore ako funkciu času. Ak vytvoríme graf, v ktorom vodorovná os modeluje priestor, tento bude zobrazovať, ako sa mení hodnota funkcie v jednom okamžiku ako funkcia vzdialenosti. Inak povedané, v danom okamžiku sa intenzita signálu mení ako funkcia vzdialenosti miesta od zdroja signálu

### 2.1.3 Elektromagnetický signál ako funkcia frekvencie

Elektromagnetický signál môže byť vytvorený zo zložiek o viacerých frekvenciách. Matematická disciplína známa ako Fourierova analýza umožňuje rekonštrukciu resp. skládanie signálu. Takýto signál bude vytvorený zo zložiek signálu o rôznych frekvenciách, v ktorých každá zložka bude sínusoida. Spojením dostatočného množstva periodických analógových signálov - sínusoid do jedného celku (každý s vhodnou amplitúdou, frekvenciou a fázou) môže byť skonštruovaný akýkoľvek elektromagnetický signál.

### 2.1.4 Vzťah medzi šírkou pásma a rýchlosťou prenosu dát

Existuje priamy vzťah medzi kapacitou prenosu dát a šírkou pásma. Čím väčšia je šírka pásma signálu, tým vyššia je kapacita prenosu dát. Jednoduchý príklad: Na Obr. 2 je zobrazená obdĺžniková vlna. Predpokladajme, že kladný impulz reprezentuje binárnu 0 a záporný impulz binárnu 1. Potom tvar krivky reprezentuje binárny tok 0101... . Doba trvania každého impulzu je  $1/(2f)$ , teda rýchlosť prenosu dát je  $2f$  bitov za sekundu (bps).

### 2.1.5 Prenos dát

Pre výklad prenosu dát je nutné zadefinovať niektoré základné pojmy z prenosu dát ako dáta, signál, prenos, digitálne a analógové dáta, digitálny a analógový signál.

Dáta môžu byť stručne definované ako entity, ktoré prenášajú význam informácie. Signál je elektrická alebo elektromagnetická reprezentácia dát. Pod reprezentáciou možno rozumieť zobrazenie, resp. zakódovanie dát do signálových prvkov. Prenos je sprostredkovanie dát šírením a spracovaním signálu. Termíny analógový a digitálny zhruba korešpondujú s výrazmi súvislý (kontinuálny) a prerušovaný (nespojité). Tieto dva termíny sú často používané v kontexte s predošlými troma pojmami (dáta, signál, prenos).

#### 2.1.5.1 Analógové a digitálne dáta

Koncept analógových a digitálnych dát je celkom jednoduchý. Analógové dáta v nejakom intervale na seba priberajú súvislé (spojité) hodnoty. Takéto dáta sú zväčša poriadané senzormi merajúcimi hodnoty ako tlak alebo teplota. Príkladom môže byť zvuk a video, čo sú súvislé varujúce vzorky intenzity. Digitálne dáta nesú v sebe nespojité hodnoty napr. text alebo čísla.

### **2.1.5.2 Analógové a digitálne signály**

V komunikačných systémoch sú dáta šírené z jedného bodu do iného bodu resp. i-ných bodov pomocou elektromagnetických signálov. Analógový signál je spojitá kolísajúca elektromagnetická vlna, ktorá môže byť šírená rôznymi médiami v závislosti na frekvencii. Patria tu: medené médiá ako krútená dvojlinka a koaxiálny kábel; káble z optických vlákien; atmosféra alebo kozmický priestor. Digitálny signál je postupnosť napätových pulzov, ktoré je možné prenášať médiami.

### **2.1.5.3 Analógový a digitálny prenos**

Analógové aj digitálne dáta môžu byť prenášané vhodným prenosovým médium, pričom komunikačný systém zabezpečuje funkciu spracovania dát. Analógový prenos je spôsob prenosu analógovým signálom bez ohľadu na jeho obsah, teda signál môže reprezentovať analógové aj digitálne dáta. Analógový prenos môže byť bez ďalších zariadení šírený na väčšie vzdialenosti ako digitálny prenos, keďže analógový signál nieje natoľko oslabovaný útlmom ako signál digitálny. Pre dosiahnutie väčších vzdialeností prenosu sa používajú zosilňovače. Tieto zosilňujú aj šumovú zložku signálu, a preto sa množstvom použitých zosilňovačov adekvátne zvyšuje skreslenie signálu. Pri analógových hlasových dátach môže byť malé skreslenie tolerované a dáta budú zrozumiteľné. Avšak pre digitálne dáta, ktoré prešli modemom a sú prenášané analógovo, môže takéto skreslenie zanášať chyby.

Digitálny prenos je na rozdiel od analógového závislý na obsahu signálu. Aj keď je digitálny signál prenášaný na veľké vzdialenosti vo väčšej miere oslabovaný útlmom, je možné útlm prekonať pomocou opakovačov (repeaters). Repeater prijíma signál, obnovuje vzorky núl i jednotiek a preposiela nový signál. S vhodne umiestneným opakovačmi je možné prenášať dáta na veľké vzdialenosti bez kumulovania chýb, ktoré by ohrozovali integritu prenášaných dát.

### **2.1.6 Vplyvy rušenia signálu a kapacita kanálu**

Výkon komunikačných systémov je ovplyvňovaný niektorými limitujúcimi faktormi, ktoré nepriaznivo pôsobia na prenos signálu. Signál môže byť skreslený alebo poškodený rôznymi príčinami. Jednou z príčin je útlm (attenuation). Útlm je pokles intenzity signálu, ktorá klesá so vzdialenosťou cez ktorú bol signál prenesený médiami. Pri pevných

médiách sa útlm vyjadruje konštantou, ktorá determinuje úbytok decibelov signálu na jednotku vzdialenosti, pričom decibel je logaritmitcká miera charakterizujúca pomer prijímanej a vysielanej energie. V éterových médiách je stanovenie útlmu komplexnejšou funkciou vzdialenosti a zloženia atmosféry. Navyše útlm je väčší na vyšších frekvenciách. Tento faktor je známy ako útlmové skreslenie.

Ďalším najbežnejším poškodením signálu je šum.

#### **2.1.6.1 Šum**

Šum (noise) je nežiadúci signál, ktorý modifikuje pôvodný vysielaný signál a ktorý je zanášaný niekde medzi vysielaním a jeho príjmom. Šum môže byť rozdelený do štyroch kategórií:

- termálny šum
- intermodulačný šum
- presluch (crosstalk)
- impulzný šum

#### **2.1.6.2 Kapacita kanálu**

Maximálna rýchlosť, ktorou môžu byť dáta prenesené cez danú komunikačnú cestu alebo kanál za daných podmienok sa uvádza ako kapacita kanálu (channell capacity).

Kapacitu kanálu ovplyvňuje šírka pásma (bandwidth) prenášaného signálu, ktorá je obmedzená vysielateľom a vlastnosťami prijímaného signálu. Je vyjadrená v cykloch za sekundu - Hertzoch (Hz). Spravidla platí pre cenu komunikačného zariadenia, že čím väčšia je šírka pásma, tým je vyššia je aj cena. Navyše všetky reálne použiteľné prenosové kanály majú limitovanú šírku pásma. Obmedzenia vyplývajú z fyzických vlastností prenosového média alebo zo zámerných obmedzení vysielacích pásiem na zabránenie rušenia z rôznych zdrojov. [6]

## 2.2 Rádiové bezdrôtové prístupové siete

Rýchla výstavba a rozširovanie účastníckych sietí pri prudkom náraste kapacít telefónnych ústrední je celosvetovým problémom a to hlavne z dôvodov značnej náročnosti budovania týchto sietí, ktoré sú veľmi finančne náročné. Účastnícka sieť je vlastne najväčšou a pritom najmenej využívanou investíciou celej telekomunikačnej siete. Z týchto dôvodov sa už v dávnejších analógových sieťach používali na úsporu účastníckych vedení rôzne združovacie zariadenia, koncentrátory, podvojný prípojky a pod. Tieto zariadenie nie sú v dnešných digitálnych sieťach buď použiteľné alebo vhodné.

Preto sa v poslednej dobe pri digitalizácii siete objavujú rôzne nové riešenia označované ako prístupové siete – AN (Access Network) usilujúce sa o zrýchlenie tejto výstavby a zvýšenie jej ekonomiky. Súčasne sa pritom sleduje i otázka zväčšenia prenášaného pásma pre zavedenie nových, tzv. širokopásmových služieb, umožňujúcich predovšetkým prenos obrazu.

### Výhody rádiových prístupových sietí:

- pružné a rýchle zriaďovanie účastníckej prípojky bez potreby nákladného a zdĺhavého uloženia káblov
- inštalácia prípojok na odľahlých alebo ťažko dostupných miestach
- využitie v ťažko prístupných miestach alebo v miestach s malým počtom staníc, kde sa iná prístupová sieť neoplatí budovať

### Rozdelenie prístupových sietí:

- statický prístup
- centrálny prístup
- náhodný prístup

## 2.2.1 Charakteristika rádiových přístupových sítí

### 2.2.1.1 *Fast link*

Je základným systémem veľkej rodiny prístupových zariadení. Vychádza sa pritom z toho, že systém ktorý poskytuje služby pre analógových účastníkov (POTS) a služby s prenosovou rýchlosťou 2 Mbit/s môže dnes pokryť 100 percent analógových POST a väčšinu multimediálnych aplikácií, ktoré sú dnes, alebo v najbližšej dobe k dispozícii. FAST link tak modernizuje dnešnú infraštruktúru medených účastníckych vedení pomocou HDSL s prenosom 2 Mbit/s z dosahom 4 km bez opakovačov, čo je ideálny spôsob rýchleho vyriešenia dnešných požiadaviek v špeciálnych aplikáciách, kde ešte nemožno použiť optické spoje. Pre vlastné prepojenia môžu byť použité rôzne média od medených vedení cez optické spoje až po rádiové spojenie.

### 2.2.1.2 *DECT link*

Je súčasťou rodiny výrobkov Multilink. Bezdrôtové stanice môžu byť súčasťou celého systému, v ktorom je vlastné pripojenie skupiny bezdrôtových účastníckych prípojok k ústredni realizované po medenom vedení s využitím zariadení HDSL, alebo po optických vláknach.

### 2.2.1.3 *EXPRES Link*

Predstavuje súbor zariadení pre široko pásmový prístup do siete určený k zaisteniu multimediálnych služieb, ktoré vyžadujú veľkú šírku pásma. Širokopásmový prístup možno realizovať predovšetkým s použitím zariadenia ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), ktoré možno využiť na existujúcich medených účastníckych vedeniach.

To umožňuje využiť širokopásmové prenosy, ktoré sú už dnes bez nutnosti budovania optických sítí. Pre interaktívne služby sa používa prenosová rýchlosť od 2 do 8 Mbit/s v smere k účastníkovi a 640 kbit/s v smere do ústredne. Pri použití prenosovej rýchlosti 8 Mbit/s je dosah asi 2,5 km a pri rýchlosti 2Mbit/s je max. dosah 5 km.

V ďalšej etape je predpoklad využitia princípov VDSA( Very High Speed Gigital Subscriber Line), s prenosovou rýchlosťou do 51 Mbit/s v smere k účastníkovi. Možný dosah v tomto prípade je 300 až 1500 m podľa použitej šírky pásma.



#### 2.2.1.4 *Acces integrator*

Zaisťuje spojenie rôznych technologických riešení do spoločných aplikácií. Umožňuje využívať výhod FAST link a vytvára súčasne aj prechod k ďalším typom prístupových sietí pre široko pásmové aplikácie

#### 2.2.1.5 *TETRA*

System Tetra (Trans European Trunked Radio) je celoeurópsky štandard pre hromadné rádiatelefonne siete. Bol vytvorený inštitútom ETSI v spolupráci s operátormi sietí, národnými telekomunikačnými úradmi a inštitúciami. a potencionálnymi užívateľmi.

System Tetra je založený na metóde dynamického pridelovania kanálov, kedy po vyslaní žiadosti o spojenie je príslušnému účastníkemu zariadeniu priradený jeden z voľných prenosových kanálov na dobu potrebnú k uskutočneniu komunikácie. Činnosť siete je riadená databázou, v ktorej je možné každému účastníkovi nadefinovať jeho komunikačné práva.

#### 2.2.2 **LerNet**

Rádiová dátová sieť pre riadenie technologických celkov.

Charakteristika systému:

- rádiová dátová sieť v pásme 430 MHz
- prenosová rýchlosť 4800 b/s
- nízka cena na jeden bod siete
- prenos na vzdialenosť 1 km medzi dvoma bodmi siete.
- nízky príkon, menší než 1,5W pri vysielaní
- duplexné užívateľské rozhranie

#### 2.2.3 **Siete RLAN**

Siete RLAN, vytvorené na báze sietí ARLAN (pôvodne vyvinuté pre vojenské účely), sa vyznačujú vysokou operatívnosťou pri riadení, ovládaní a konfigurovaní siete, umožňujú manuálnu, alebo automatickú registráciu účastníkov siete a zabezpečujú vysoký stupeň ochrany prenášaných dát.

Bezdrôtové spojenia typu RLAN (Radio LAN) pracujú s prenosovou rýchlosťou 4 Mbit/s a umožňujú rýchle a efektívne bezdrôtové pripojenie pracovných staníc a mobilných staníc (napr. notebooky) priamo na servery, alebo segmenty lokálnej počítačovej siete LAN, ale aj bezdrôtovo prepojiť existujúce segmenty sietí LAN lokalizované vo vzdialených objektoch jedného objektu, alebo organizácie.

### 2.3 Pevné bezdrôtové prístupy

Bezdrôtové technológie určené na komunikáciu medzi pevnými bodmi sa vo všeobecnosti označujú ako „pevné“. Sú známe pod viacerými názvami ako terestriálne vedenie, pevný bezdrôtový prístup (FWA alebo WLL) a v spojitosti s poskytovaním širokopásmového prístupu aj ako širokopásmový bezdrôtový prístup (BWA).

Pevný bezdrôtový prístup používa frekvenčné pásmo od 900MHz do 40GHz. Vo vyššej časti frekvenčného pásma sa využíva väčšia šírka kanálov, ktorá umožňuje väčšiu rýchlosť prenosu dát, ale realizácia prístupu vyžaduje priamy optický kontakt a dosah prístupu s nárastom frekvencie klesá v dôsledku nárastu tlmenia prenosu signálu ovzduším (vrátane vplyvu meteorologických zmien – dážď, hmla).

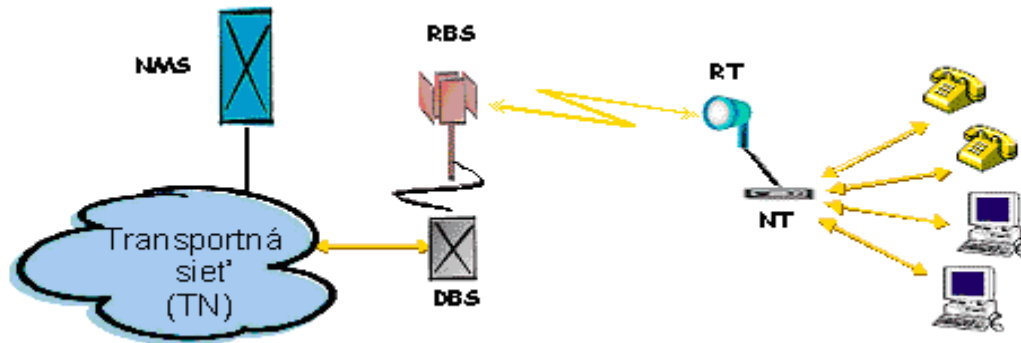
Za prekážku v rozvoji využívania pevného bezdrôtového prístupu sa považujú najmä:

- miestne podmienky (ekonomika, terén, obsadenie pásiem a pod.)
- nedostatočná štandardizácia (resp. jej spomaľovanie presadzovaním odlišných záujmov zo strany výrobcov zariadení)
- obmedzená kapacita frekvenčného pásma a nutnosť udeľovania licencií
- riziko pri využívaní nelicencovaných frekvenčných pásiem (vzájomné rušenie sietí a zariadení viacerých prevádzkovateľov)

#### 2.3.1 FWA (Fixed Wireless Access), WLL (Wireless Local Loop)

FWA (Fixed Wireless Access) je bezdrôtová technológia určená pre budovanie prístupových komunikačných sietí na princípe point-to-multipoint (p2mp). Umožňuje alternatívne riešenie tzv. poslednej míle, čo pre poskytovateľov telekomunikačných služieb zna

mená možnosť priameho prístupu ku koncovým zákazníkom. Hlavných rysom tejto technológie je veľká priepustnosť pásma, ktorá umožňuje realizovať vysokorýchlostné dátové prenosy, hlasové spojenie a prevádzku ďalších telekomunikačných služieb, čo názorne dokumentuje priložený Obr. 4



Obr. 4 Bezdrôtová technológia FWA

FWA siete, nazývané aj WLL (Wireless Local Loop) sú bezdrôtové technológie umožňujúce širokopásmové prepojenia typu bod-multibod. Na strane zákazníka sa v priamej viditeľnosti na anténový systém (RBS) základňovej stanice siete (DBS) nainštaluje účastnícky terminál (TS), pozostávajúci z antény (RT) a vnútornej jednotky (NT). Anténa sa nasmeruje na príslušnú RBS a po naprogramovaní všetky prípojné body siete FWA. Podľa typu prepojenia je potom dátový tok smerovaný do iného bodu siete, resp. mimo sieť FWA. Celá sieť je prevádzkovaná z dohľadového centra (NOC) pomocou systému NMS – Network Management System.

Hlavnými výhodami bezdrôtových riešení sú rýchlosť výstavby pokrytia a jednoduchosť inštalácie u zákazníka, najmä v centrálnych častiach miest, ale aj flexibilita servisu a zmien v nastaveniach. V súčasnej dobe sú operátorom dostupné len dve frekvenčné pásma pre budovanie bezdrôtových spojov typu bod-multibod.

Nelicencované pásmo 2,4 GHz je primárne určené pre budovanie bezdrôtových lokálnych sietí (WLAN) a operátori ho pre nedostupnosť iných riešení v súčasnosti využívajú aj ako alternatívne riešenie poslednej míle pre prístup na internet.

Pásmo je určené pre rýchlosť pripojenia typu bod-multibod do 128 kbit/s s nízkym stupňom spoľahlivosti a dostupnosti služby.

Licencované pásmo 26 GHz umožňuje vďaka svojej šírke a použitej technológii na princípe TDMA resp. FDMA garantované spojenia vysokou prenosovou rýchlosťou od 256 kbit/s až po 8 Mbit/s pri štandardnej technológii. Pásmo je určené na poskytovanie širokopásmových telekomunikačných služieb v lokálnom meradle.

#### Vysvetlivky:

- BS Base Station – základňová stanica
- DBS Digital Base Station – digitálna základňová stanica
- RBS Radio Base Station – rádiová základňová stanica
- TS Terminal Station – koncová stanica
- NT Network Termination – zakončenie siete
- RT Radio Termination – zakončenie rádia
- RF Radio Frequency – frekvencia rádia
- NMS Network Management System – riadiaci systém siete

Medzi dôležitú službu a technológie patrí aj zriadenie a prevádzkovanie verejnej bezdrôtovej prístupovej siete FWA v pásme 3,5 GHz.

Prevádzkovatelia siete FWA poskytujú súbor služieb, ktorých spoločnou charakteristikou je vysokorýchlostný prenos dát za predpokladané nižšie ceny v porovnaní so súčasnou ponukou dominantného operátora na telekomunikačnom trhu. Sú to:

- Širokopásmový prístup k internetu - transparentný prístup k internetu s rýchlosťou 256 kbit/s až 8 Mbit/s a v budúcnosti aj s vyššou (až 30 Mbit/s). Veľkou výhodou bude možnosť na požiadanie operatívne pridelovať prenosovú kapacitu (bandwidth-on-demand)

## 2.4 Mobilné prístupové technológie

### Analógové mobilné bunkové systémy

Zo súčasného pohľadu síce ide o prekonané varianty rádiatelefonných systémov, ale vďaka počtu ich účastníkov bude s nimi ešte pár rokov počítať.

Prvým systémom uvedeným do verejnej prevádzky bol v roku 1979 americký systém AMPS (Advanced Mobile Phone System), ktorý bol nasledovaný v roku 1981 prvým európskym systémom NMT (Nordic Mobile Telephone), prevádzkovaným najprv v severných štátoch Európy. Nástup analógových systémov uzatvárali v roku 1985 systémy TACS (Total Access Communications System) vo Veľkej Británii a C-net (Cellular Network) v Nemecku. Systém NMT 450 bol v roku 1991 zavedený i v tedajšej ČSFR.

Analógové mobilné systémy používajú frekvenčnú moduláciu a prístupovú metódu FDMA (mobilná stanica využíva na spojenie zo základňovou stanicou jednu z dvojíc voľných frekvenčných kanálov). Hlavnými nedostatkami týchto systémov sú relatívne nízka kvalita prenosu, malé zabezpečenie proti odposluchu a zneužitiu, a aj obtiažne zabezpečenie dôležitej funkcie mobility – medzinárodného roamingu.

### Digitálne bunkové systémy

Nasadenie prvých systémov analógovej koncepcie už v sedemdesiatych rokoch ukázalo, že ich rozvoj nebude z hľadiska uspokojovania budúcich potrieb perspektívne. Preto Konferencia európskych správ pôšt a telekomunikácií CEPT vytvorila už v roku 1982 novú štandardizačnú skupinu GSM (Groupe Special Mobile), ktorá mala za úlohu vytvoriť štandardy pre nový, digitálny systém, pre ktorý bolo prevzaté označenie GSM, ale neskôr interpretované ako „Global System for Mobile Communications“, teda „Globálny systém pre mobilnú komunikáciu“. Tým, že systém bol budovaný ako otvorený celoeurópsky štandard, bol zároveň vyriešený veľmi dôležitý princíp (medzinárodného) roamingu.

Systémy GSM umožňujú poskytovanie týchto služieb:

- telekomunikačné služby (Teleservices)
  - telefonovania (vrátane tiesňového volania a to i v cudzej sieti)
  - služby prenosu krátkych textových správ SMS

- teletext
- informačné služby
- bankové služby a ...
- prenosové služby (Bearer Service)
  - asynchrónne duplexný prenos dát s prenosovými rýchlosťami 300 až 9600 bit/s
  - synchronne duplexný prenos dát s prenosovými rýchlosťami 2400 až 9600 bit/s

#### 2.4.1 Štandardy a prenosy dát v sieťach GSM

Počas vývoja vznikli tri štandardy líšiace sa predovšetkým použitým frekvenčným pásmom a počtom kanálov:

- GSM 850 pracujúci v pásme 850 MHz, šírka pásma 2 x 25 Mhz
- GSM 900 pracujúci v pásme 900 MHz, max. 2x124 kanálov, šírka pásma 2 x 25 Mhz
- GSM 1800 pracujúci v pásme 1800 MHz, max. 2x374 kanálov, šírka pásma 2 x 75 Mhz
- GSM 1900 pracujúci v pásme 1900 MHz, max. 2x298 kanálov, šírka pásma 2 x 75 Mhz

##### 2.4.1.1 GPRS (General Packet Radio Service)

General Packet Radio Service poskytne užívateľom prístup k internetu a intranetu z mobilného terminálu. Dá sa teda povedať, že GPRS robí internet mobilným. Užívatelia môžu byť (a zostať) pripojení bez toho, aby neustále okupovali špecifický rádiový kanál. Každý tento kanál je využívaný spoločne niekoľkými užívateľmi a je fyzicky použitý len vo chvíli prijímania či odoslania dátových paketov.

Pridaním domény GPRS do siete GSM teda vzniká možnosť prenosu okruhovo i paketovo spojovaných dát, a preto sa z tejto GSM/GPRS domény stal základ pre UMTS Core Network. GPRS zaisťuje možnosť paketového spojenia typu end-to-end (smerom od mobilného terminálu), a tým sa výrazne zlepšujú dátové služby v GSM. Uskutočnenie spoje-

nia je takmer okamžité a užívatelia platia na základe objemu prenesených dát, nie teda za dobu pripojenia. GPRS nevyžaduje žiadne pripojenie typu end-to-end a len využíva sieťové prostriedky a pásmo v dobe uskutočnenia dátového prenosu. Týmto dochádza k extrémne výkonnému použitiu voľného rádiového pásma. GPRS podporuje všetky najpoužívanejšie a najrozšírenejšie protokoly pre dátovú komunikáciu, vrátane IP protokolu, takže s GPRS mobilným terminálom je možné spojiť sa s akýmkoľvek dátovým tokom odkiaľkoľvek na svete.

#### **2.4.1.2 HSCSD (*High Speed Circuit Switched Data*)**

HSCSD definuje nové schéma kódovania kanálov, čo znamená, že rýchlosť prenosu dát sa z 9600 bps zvyšuje na 14400 bps nekomprimovane. Tohoto zrýchlenie sa dosiahlo zmenou chybové korekcie súčasného 9600 bps kanálu. Týmto spôsobom sa teda rýchlosť prenosu dát na jednom hovorovom kanále zvýšila o 50 percent!

HSCSD ako asymetrický protokol používa definíciu 1+3 – teda štvoricu timeslotov, z nich len jeden je odchádzajúci (prípadne prichádzajúci) o rýchlosti 14,4 kbps nekomprimovane a 3 sú prichádzajúce (prípadne odchádzajúce) o rýchlosti 43,2 kbps nekomprimovane. V prípade, že pomer transferu dát je zhruba vyrovnaný, môže samozrejme HSCSD prepnúť na symetrický model 2+2 – teda rovnakú rýchlosť uploadu ako downloadu a to 28,8 kbps.

#### **2.4.1.3 EDGE (*Enhanced Data Rates for GSM Evolution*)**

Ďalšie zvyšovanie prenosových rýchlostí je možné použitím systému EDGE (Enhanced Data for GSM Evolution). Táto technológia, ktorá je v súčasnosti vo fáze štandardizácie inštitútom ETSI, predstavuje konečný vývoj dátových komunikácií v štandarde GSM. V porovnaní s konvenčným GSM je tu použitý iný druh modulácie (8-PSK – osemstavové fázové kľúčovanie). Celkové bitové rýchlosti dátových prenosov sa pohybujú okolo 384 kbps. V podmienkach optimálneho príjmu signálu môže EDGE dosahovať dokonca až 59,2 kbps na 1 slot.

#### **2.4.1.4 WAP (*Wireless Application Protocol*)**

WAP protokol je v podstate nadstavba nad mechanizmom SMS, ktorá umožňuje prenášať krátke textové správy v sieti GSM. Mechanizmus SMS je protokolom WAP pou-

žitý ako transportný mechanizmus, nad ktorým protokol WAP realizuje prístup k internetovým službám. Napríklad WWW stránky, ktoré sú štandardne písané v jazyku HTML, musia byť pre potreby sprístupnenia v GSM sieti písané v jazyku WML (Wireless Markup Language).

Protokol WAP a jeho súčasti (napríklad i skriptovací jazyk WMLscript) sú alternatívnym mechanizmom poskytovania internetových služieb, optimalizovaným pre bezdrôtové mobilné prenosy. Prostredníctvom WAP-u sa nezíska plnohodnotný prístup do Internetu (plná IP konektivita) s možnosťou využívať všetky jeho služby – využívať možno len tie služby, ktoré WAP pokrýva (čo je pravdepodobne hlavne elektronická pošta a najrôznejšie sprístupnenia informácií). WAP teda zasahuje až na aplikačnú úroveň, zatiaľ čo vyššie uvádzané mobilné pripojenie cez GSM (vrátane GPRS) je záležitosť prenosových vrstiev a ponúka plnohodnotnú IP konektivitu (aj keď dosť pomalú) umožňujúcu využívať obecné všetky internetové služby.

#### **2.4.2 UMTS (Universal Mobile Telecommunications System)**

Tretia generácia mobilných sietí – UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), ktorá sa ešte len pripravuje by mala ponúknuť prenosové rýchlosti od 144 kbps až do 2 Mbps. Jej štandardizácia prebieha na pôde ETSI a stane sa taktiež špecifikáciou IMT-2000 pre medzinárodnú telekomunikačnú úniu ITU. Ide o systémy, ktoré budú pracovať v 2 GHz pásme a ktoré zjednotia rôzne bezdrôtové prístupové technológie súčasnosti do jednej pružnej a výkonnej infraštruktúry, schopné ponúknuť široký rozsah multimediálnych služieb s garantovanou kvalitou. V praxi to znamená plnú medzinárodnú interoperabilitu a prístup k pokročilým službám, ako sú napr. videokonferencie a dátové prenosy 384 kbps s plnou mobilitou (v dopravných prostriedkoch do 120 km/hod) a až 2 Mbps s obmedzenou mobilitou (pohyb chôdze menej ako 10 km/hod).

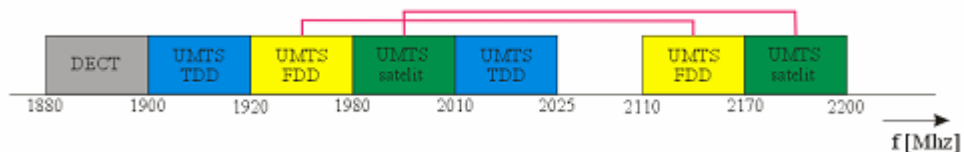
Systém tretej generácie UMTS by mal podporovať všetky služby zamýšľané pre pevné širokopásmové siete (B-ISDN). Na rozhraní medzi mobilnou stanicou a sieťou sa bude využívať pre prenos dát princíp CDMA (Code Division Multiple Access). Jedná sa o metódu, kde je možné celé frekvenčné pásmo v rovnakom čase zdieľať viacerými účastníkmi pomocou kódového delenia. Účastníci budú komunikovať so sieťou využitím WATM (Wireless Asynchronous Transfer Mode), ktoré umožňuje garantovať požadovanú



kvalitu služby. Zaujímavá vlastnosť UMTS je taktiež to, že ako prvý systém umožňuje medzinárodný handover.

Štruktúra UMTS siete je tvorená tromi subsystémami. Na najvyššej úrovni bude použitá ATM chrbticová sieť (Core Network - CN), ďalej potom smerom k užívateľom rádiová pozemná prístupová sieť (UMTS Terrestrial Radio Access Network - UTRAN), a koneční užívatelia budú pristupovať k UMTS sieti pomocou užívateľských terminálov (User Equipment - UE).

Frekvenčné spektrum vyhradené pre UMTS je znázornené na Obr. 5. Podkladom pre tento obrázok je výsledok jednania ETSI skupiny SMG (Special Mobile Group) z konca januára 1998, na ktorom bolo prijaté rozhodnutie v otázke rádiového rozhrania pre UMTS. Toto frekvenčné spektrum je uvedené aj so šírkami jednotlivých pásiem v Tab. 1. Ako z obrázku aj tabuľky vidno, pásma 3, 6 a 4, 7 sú párové, t.j. majú zhodnú šírku pásma ako aj režim duplexnej prevádzky.



Obr. 5 Frekvenčné spektrum vyhradené pre UMTS

Tab. 1 Frekvenčné spektrum vyhradené pre UMTS

Pásmo	Rozsah [MHz]	Šírka [MHz]
pásmo 1	1885 – 1900	15
pásmo 2	1900 - 1920	20
pásmo 3	1920 - 1980	60
pásmo 4	1980 - 2010	30
pásmo 5	2010 - 2025	15
pásmo 6	2110 - 2170	60
pásmo 7	2170 - 2200	30

## 2.5 Satelitná komunikácia

Medzi bezdrôtové technológie patria i technológie satelitné, ktoré využívajú k šíreniu signálu buď stacionárne satelity, alebo sústavu satelitov pohybujúcich sa voči povrchu Zeme. Najefektívnejšie sú prenosy smerom k užívateľovi, ktoré môžu mať všade smerový charakter (t.j. smerovať k viacerým príjemcom súčasne). Ak má byť realizovaný i prenos opačným smerom, musí byť použitá nejaká forma riadenia prístupu k prenosovým kanálom, ktoré satelity vytvárajú. Dobře zavedenú satelitnú technológiu, určenú primárne pre prenos dát, je technológia VSAT. Novším riešením sú riešenia, ako napr. riešenie Direc PC spoločnosti Hughes, ktoré využíva satelitné spojenie pre prenos dát smerom k užívateľovi, zatiaľ čo pre opačný smer sú využívané pozemné prenosové trasy, najmä telefónna sieť. Toto riešenie ale pripadá v úvahu viac-menej pre "väčších" užívateľov.

### 2.5.1 Satelitné systémy a ich rozdelenie

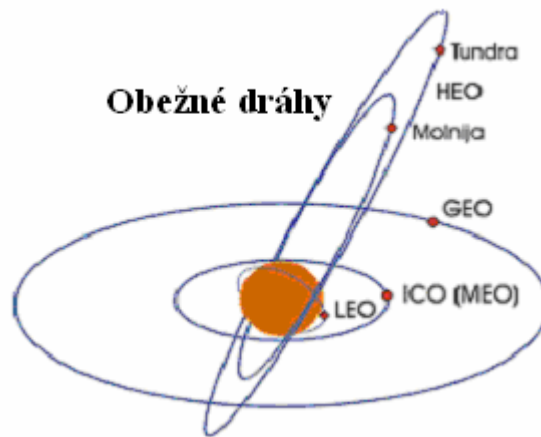
Základom satelitných systémov je družica (satelit), nachádzajúca sa v stabilnej orbite Zeme. Satelitný systém je vlastne anténový systém, ktorý sa pohybuje, resp. krúži nad Zemou a komunikuje s jednou alebo viacerými pozemnými stanicami. Pri komunikačných satelitných systémoch komunikuje satelit minimálne s dvoma alebo viacerými pozemnými stanicami. Pozemná stanica je rovnako anténový systém umiestnený na (alebo takmer na) Zemi. Prenos dát z pozemnej stanice smerom ku družici je definovaný ako uplink (vzostupné spojenie) a prenos dát z družice smerom k pozemnej stanici je definovaný ako downlink (zostupné spojenie). Elektronika, ktorá v satelite konvertuje signál z uplink na downlink sa nazýva transpondér. Ak transpondér prijímaný signál iba presúva na uplink frekvenciu, ide o transparentný transpondér, ak vykonáva aj dodatočnú regeneráciu signálu, ide o regeneratívny transpondér.

Satelitné komunikácie používajú štyri základné druhy telekomunikačných družíc :

- GEO (Geostationary Earth Orbit) – geostacionárne družice, ktorých obežná dráha je vo výške 36000 km, doba obehu je zhodná s rýchlosťou otáčania Zeme, pre pozemského pozorovateľa si teda nehybné.
- MEO (Medium Earth Orbit) – družice so strednou kruhovou dráhou, výška nad 10 000 km, doba obehu okolo 5 hodín

- LEO (Low Earth Orbit) – družice s nízkou kruhovou dráhou, obežná dráha týchto družíc sa nachádza vo výške zhruba 700 – 1500 km, doba obehu je 80 – 130 minút.
- HEO (Highly Elliptical Orbit) – družice s najvyššou obežnou dráhou, najbližší bod min. 500 km a najvzdialenejší bod približne 50 000 km.

Satelit obieha okolo Zeme, ktorá má podstatne väčšiu hmotnosť, po dráhe nazývanej obežnou dráhou alebo orbitou (obr. 1).



Obr. 6 Typy orbít

Existujú dva typy satelitných dátových služieb:

- interaktívne
- distribučné

V oboch prípadoch je možné využívať jednosmernú i dvojsmernú komunikáciu.

### 2.5.1.1 Jednosmerná satelitná komunikácia

Umožňuje rozposielanie súborov z centrálného miesta na neobmedzený počet vzdialených lokalít. Zariadenie DirecWay, ktoré zaisťuje komunikáciu na strane používateľa, umožňuje príjem dát rýchlosťou až do 48 Mb/s. Spätný vysielač smer je možné riešiť prostredníctvom alternatívnej terestriálnej technológie (dial-up, ISDN, GPRS a podobne).

Jednosmerná satelitná komunikácia je vhodná pre dátové služby vyžadujúce vysokú rýchlosť distribúcie informácií z centrálného bodu. Má využitie napríklad pri rozosielení multimediálnych informácií, vzdialenej interaktívnej výučbe či prijímaní internetového, resp. intranetového obsahu.

### **2.5.1.2 Dvojsmerná satelitná komunikácia**

Umožňuje komunikáciu medzi lokalitami v ľubovoľnej topológii. Pri komunikácii satelitného terminálu v prijímacom smere je možné dosahovať rýchlosti 48 Mb/s a 256 kb/s v smere vysielacom. Tento typ služby je úplne nezávislý na pozemnej dátovej infraštruktúre. Je vysoko mobilný a spoľahlivý. Inštalácia celého systému je rýchla a nenáročná. Je výhodný predovšetkým pre tvorbu firemných dátových sietí, dohľadových a monitorovacích zariadení, pripojenie dočasných pracovísk, ale aj pre tvorbu nezávislých záloh pozemnej dátovej infraštruktúry.

### **2.5.2 Internet a VSAT (Very small Aperture Terminal)**

Služba Internet umožňuje nepretržitý a kvalitný prístup k celosvetovej sieti internet. Z hľadiska pripojovania k Internetu existuje niekoľko základných stratégií využitia satelitných technológií. Historicky najstarší je zrejme systém VSAT (Very small Aperture Terminal). Ten si možno predstaviť ako satelitnú obdobu „pozemných“ bezdrôtových spojov, ktoré využívajú k retranslácii signálu transportéry na družiciach. Z pohľadu prístupu k Internetu je dôležité, že VSAT terminály medzi sebou vytvárajú dátový prenosový okruh. Ďalším typickým využitím VSAT spojov je vzájomné pripojenie medzi poskytovateľov a ich sieťami.

#### **2.5.2.1 Služby VSAT**

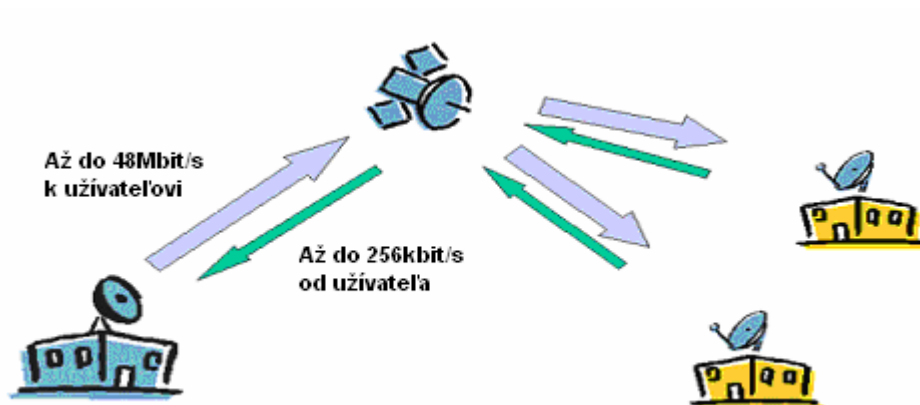
- prenos súborov, upgrade softvéru, e-mailovú komunikáciu a aplikácie typu klient-server
- firemné tréningy a e-learning
- multimediálny prenos v reálnom čase (aktuality, burzové správy, business TV)
- audiovysielenie
- distribúcia súborov multimediálnych dát

- pripájanie bankomatov a EFT POS terminálov
- vysokorýchlostný prístup do internetu
- širokopásmový intranet

#### 2.5.2.2 Hlavné výhody služby VSAT

- nezávislosť od existujúcej telekomunikačnej infraštruktúry
- bezpečná komunikácia
- vysoká priepustnosť
- nezávislosť ceny od vzdialenosti komunikujúcich subjektov
- kompletne zaistenie služby od jedného poskytovateľa
- nepretržitý dohľad siete 24 hodín denne

Pripojenie cez satelit je zobrazené na Obr. 7



Obr. 7 Pripojenie cez satelit

#### 2.5.3 Iridium

Skutočne globálna satelitná sieť s dosahom na celej planéte, vrátane pólů, oceánů a akejkol'vek súše. Pozostáva so 66 nízkoorbitálnych (LEO) satelitů, plus 14 záložných satelitů vo výške 780 kilometrov nad povrchom Zeme. Projekt sa začal realizovať v roku 1997 a je v prevádzke. Dáta a fax sa prenášajú rýchlosťou 2400 baudov. Finančná čiastka určená na celý projekt bola 3,4 miliardy dolárov.

### 2.5.4 Globalstar

Regionálna satelitná sieť, ktorá pozostáva zo 48 nízkoorbitálnych (LEO) satelitov plus 8 ďalších záložných a medzery vyplňujúcich satelitov. Satelitná sieť má dosah hlavne na pevninu a len časť morí, bez dosahu na oceány. Systém bol navrhnutý v roku 1991 a jeho štart sa začal v roku 2000. Obežná dráha je 1414 km a doba obehu 113 minút. Predpokladaná životnosť je 7,5 roku a celý projekt stál 830 miliónov dolárov. [8]

## 2.6 BEZDRÔTOVÉ WLAN

### 2.6.1 Technologické informácie

Bezdrôtové lokálne siete (taktiež nazývané bezdrôtové siete LAN) umožňujú vysokorychlostnú konektivitu s voľnosťou - voľnosťou od káblov, pripojenie prostredníctvom komutovaných liniek aj od Vášho stolného počítača. Bezdrôtové siete LAN (WLAN) používajú vysokofrekvenčných signálov - vysielaných transceiverov - pre vysielanie a príjem webu, elektronické pošty a ďalších dát, k čomu využívajú nasledujúcich štandardov IEEE (Institute of Electrical & Electronics Engineers).

#### 2.6.1.1 Štandardy IEEE 802.11

Tab. 2 Prehľad vlastností jednotlivých štandardov 802.11x

Špecifikácia	Rýchlosť	Frekvencia Pásmo	Kompatibilita
802.11b	11 Mbit/s	2.4 GHz	b
802.11a	54 Mbit/s	5 GHz	a
802.11g	54 Mbit/s	2.4 GHz	b, g
802.11n	108 Mbit/s	2.4 GHz	b, g, n

IEEE 802.11 odkazuje na skupinu špecifikácií vyvinutých inštitútom IEEE pre technológie bezdrôtových sietí LAN. Štandardy 802.11, ktoré sú zobrazené v Tab. 2 špecifikujú spôsob, akým medzi sebou majú zariadenia bezdrôtovej siete komunikovať. IEEE 802.11 stanovuje štandardy bezdrôtových sietí vrátane špecifikácií 802.11a, 802.11b, 802.11g, 802.11n a bluetooth.

- Bluetooth je určený predovšetkým pre pomalší prenos dát, vhodný pre prenosové kapesné zariadenia, mobilne telefóny a pod.
- IEEE 802.11a - Špecifikácie IEEE 802.11a je štandardom pre bezdrôtové siete WLAN pracujúce vo vysokofrekvenčnom pásme 5 Ghz (kmitočtové pásmo ISM). Siete WLAN podľa špecifikácie 802.11a môžu dosahovať maximálnych prenosových rýchlostí 54 Mb/s, čo je približne päťkrát rýchlejšie než siete podľa špecifikácie 802.11b.
- IEEE 802.11b - Špecifikácia IEEE 802.11b (všeobecne známa ako Wi-Fi) je štandardom pre bezdrôtové siete WLAN pracujúce vo vysokofrekvenčnom pásme 2,4 Ghz (kmitočtové pásmo ISM). Siete WLAN podľa špecifikácie 802.11b sú ďaleko častejšie než siete 802.11a, alebo 802.11g a môžu dosahovať maximálnych prenosových rýchlostí 11 Mb/s pri vzdialenostiach do cca 1000 metrov. Špecifikácia 802.11 b bola prvou technológiou bezdrôtových sietí LAN ponúkaných spotrebiteľom a umožňovala vytváranie bezdrôtových sietí k okamžitému použitiu v kanceláriách a domácnostiach. Zariadenia certifikované alianciou Wi-Fi sú označené oficiálnym logom Wi-Fi.
- IEEE 802.11g - Špecifikácia IEEE 802.11g je novým štandardom, ktorý popisuje metódu práce pre bezdrôtové siete WLAN pracujúce vo vysokofrekvenčnom pásme 2,4 Ghz (kmitočtové pásmo ISM). Použitím technológie OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) môžu bezdrôtové siete štandardu 802.11g dosahovať maximálnych prenosových rýchlostí až 54 Mb/s. Zariadenia splňujúce podmienky štandardu IEEE 802.11g, ako sú bezdrôtové prístupové body, sú schopné poskytovať súčasnú konektivitu sietí WLAN pre zariadenia 802.11g i 802.11b.

Na nových štandardoch nad 802.11 ako je 802.16 (WiMAX) sa v súčasnosti pracuje. Tieto ponúkajú mnohé zlepšenia týkajúce sa hlavne zvýšenia dosahu a zväčšenia prenosovej rýchlosti.

### 2.6.2 Wi-Fi (Wireless Fidelity)

Wi-Fi je označenie používané pre zariadenia splňujúce bezdrôtový štandard IEEE 802.11b tak, ako bol špecifikovaný alianciou Wi-Fi.

Logá Wi-Fi, zobrazené na Obr. 8 pomáhajú pri identifikácii komponentov bezdrôtových sietí certifikovaných pre prácu s bezdrôtovými sieťami LAN podľa štandardu 802.11b.

Na trhu je v súčasnej dobe veľa rôznych bezdrôtových riešení od mnoho výrobcov, takže záujemca stojí pred otázkou, či si musí kúpiť všetko jednej značky, alebo sú jednotlivé súčasti zameniteľné.

Pokiaľ sú komponenty Wi-Fi certifikované pre rovnaký rozsah frekvencie, napríklad 2,4 Ghz, je možné „zmiešavať“ a spojovať s výrobkami pre bezdrôtové siete LAN vyrobené rôznymi výrobcami. Wi-Fi aliancia všetky produkty nezávisle testuje ešte pred tým, než získajú Wi-Fi certifikáciu. Tak je zaistené, že sú zameniteľné so všetkými ostatnými produktmi s certifikátom Wi-Fi v rovnakom rozsahu frekvencie, nehľadiac na výrobcu.



Obr. 8 Logo Wi-Fi

Rádiové vysielacie siete WLAN (Wireless Local Area Network) sú umiestnené vo vnútri sieťových adaptérov WLAN. Počítače pripravené pre prácu s bezdrôtovými sieťami sú schopné komunikovať priamo medzi sebou prostredníctvom bezdrôtového spojenia; tomu sa hovorí režim ad hoc, ktorý je zobrazený na Obr. 9. Aby sa však bezdrôtový



počítač mohol zapojiť do bezdrôtovej siete LAN, musí byť počítač schopný bezdrôtového pripojenia k prístupovému bodu.



Obr. 9 Ad-hoc network

### 2.6.2.1 Access Point (prístupový bod)

Prístupový bod slúži ako bezdrôtový rozbočovač (hub) so schopnosťou priameho pripojenia na sieť s klasickými vodičmi ktorý pripojuje viacej bezdrôtových klientov k sieti LAN, alebo k internetu. Prístupový bod môže byť samostatné zariadenie, alebo počítač s adaptérom bezdrôtové siete a príslušným softwarom.

Prístupový bod umožňuje počítačom pripraveným pre bezdrôtovú komunikáciu pripojovať sa na internet, k sieti s klasickými vodičmi, alebo k ďalším počítačom pripraveným pre bezdrôtovú komunikáciu prostredníctvom bezdrôtovej siete LAN.

Užívatelia sietí WLAN s notebooky môžu k internetu pristupovať aj prostredníctvom tzv. hotspotov.

### 2.6.2.2 Hot Spot (miesto pokryté)

Hot spot je verejné miesto ako je domácnosť, kancelária, hotel alebo letisko, kde ich prevádzkovateľ spoločne s poskytovateľom bezdrôtových internetových služieb (Wireless Internet Service Provider – WISP) vytvoril sieť WLAN k verejnému používaniu, užívatelia tam môžu získať vysokorýchlostný internetový prístup prostredníctvom bezdrôto-

vej siete LAN, použitím bezdrôtových zariadení, ako sú notebooky alebo PDA vybavené podľa štandardov 802.11.

### 2.6.2.3 Pracovná vzdialenosť

Existuje mnoho rôznych Wi-Fi zariadení, ktorých funkčný rádius sa rôzni v závislosti na použitej technológii a anténe. Na voľnom priestranstve tak možno pripojiť dve zariadenia na vzdialenosť 350 -1000 m za predpokladu, že použijete kvalitné externé antény. V budovách sa maximálny dosah prudko znižuje, a to na 30 - 100 m v závislosti na použitom stavebnom materiále.

Najväčšou prekážkou sú všeobecne kovy a kameň. Pod holým nebom sú najväčším nepriateľom prepojenia stromy, alebo kry s listami. Pri priamej viditeľnosti vadí zlé počasie

Wi-Fi prenosu minimálne, a ani silnejší dažď kvalitu signálu znateľne neovplyvní. To je výhoda Wi-Fi oproti optickým systémom prenosu dát, ktoré sú na nepriaznivé poveternostné podmienky či už hmlu či dažď, všeobecne mnohom náchylnejšie.

Neprijemným odporcom prepojenia Wi-Fi je však kombinácia vody a listov. Mokré listy vytvárajú kompaktnú vodnú stenu, ktorá je na rozdiel od dažďa tvoreného samostatnými kvapkami, pre vlny v pásme 2,4 Ghz nepriestupná. Táto vrstva mení elektromagnetické žiarenie na tepelnú energiu. Pokiaľ teda bude Wi-Fi spojenie nainštalované v zime a na trase pripojenia porastú stromy je treba počítať s tým, že kvalita spojenia sa môže v lete výrazne zhoršiť.

Práve vinou rušenia signálu, či už prirodzenými alebo umelými prekážkami sa rapídne znižuje nie len dosah, ale taktiež kvalita a následne aj rýchlosť signálu. Rýchlosť signálu totiž neklesá plynulo, ale skokovo po niekoľko krokoch. Za ideálnych podmienok je modulačná rýchlosť 11 Mb/s. Potom sa znižuje na 5,5 Mb/s a ďalej na 2 Mb/s a 1 Mb/s. Rýchlosť prenosu klesne automaticky pri zhoršenej kvalite signálu, pretože nižšou rýchlosťou sa Wi-Fi zariadenie snaží zvýšiť kvalitu prenosu. Akonáhle sa podarí dosiahnuť vyššiu kvalitu prenosu, karty sa opäť snažia dosiahnuť prenos na vyššej rýchlosti. Tento automatický mechanizmus sa nazýva ARS (Automatic Rate Selection).

Vyššie uvedené hodnoty sa však týkajú modulačnej rýchlosti - teda ideálnej teoretickej rýchlosti bez akýchkoľvek kolízií a rušenia. Skutočná dátová priepustnosť sa pohy-

buje v závislosti na aktuálnych podmienkach a dosahuje približne hodnôt medzi 30 až 75 % modulačnej rýchlosti.

Pokiaľ s jedným zariadením komunikuje súčasne viacej staníc, delí sa spolu o prenosový kanál, potom maximálna rýchlosť prenosu sa potom rozdeľuje medzi ne. Opäť tak dochádza k ďalšiemu spomaleniu.

#### 2.6.2.4 Zabezpečenie sietí WLAN

Je treba, aby užívatelia bezdrôtových sietí LAN svoje bezdrôtové siete zabezpečili nastavením príslušných parametrov adaptéru a prístupového bodu. Na sieti môžete vytvoriť napríklad jedinečný identifikátor SSID (Service Set Identifier).

- SSID [identifikátor nastavenia služby]

Identifikátor SSID je označenie, ktoré bezdrôtovú sieť jednoznačne identifikuje. Bezdrôtové prístupové body vysielajú SSID tak, aby koncový užívatelia mohli identifikovať sieť WLAN, ku ktorej sa chcú pripojiť. Rôzne identifikácie SSID umožňujú existenciu viacej sietí WLAN v rovnakom fyzickom priestore a pre povolenie prístupu k bezdrôtovej sieti musia byť identické identifikátory SSID medzi bezdrôtovými prístupovými bodmi a adaptérom prístupovej siete. Pre zvýšenie bezpečnosti v sieti WLAN môže administrátor vypnúť vysielanie tejto funkcie u niektorých bezdrôtových prístupových bodov a zabrániť tak vysielaniu identifikácie SSID. Pre vytvorenie klientského pripojenia potom koncový užívatel' musí zadať SSID ručne.

- Ďalšou možnosťou je aktivovať používanie WEP (Wired Equivalent Privacy) a pre použitie pokročilých bezpečnostných funkcií inštalovať najnovší bezpečnostný štandard 802.1x.

- WEP (Encryption [šifrovanie WEP])

WEP je štandard používaný pre šifrovanie bezdrôtových prenosov s cieľom chrániť prenášaná dáta. WEP užívatel'ovi zaisťuje bezpečne pripojenie v prostredí siete WLAN. WEP ponúka rôzne úrovne šifrovania počnúc 40-bitovým až po vyššiu triedu 128-bitového šifrovania. Pre zaistenie šifrovania WEP je nutné, aby šifrované prenosy podporovali ako bezdrôtový prístupový bod tak aj klientský sieťový adaptér.

- Pre ďalšiu ochranu siete sa doporučuje aj klientský software VPN.

VPN (Virtual Private Network) [virtuálna privátna sieť]

VPN je bezpečné internetové pripojenie využívajúce šifrovacích protokolov pre vytvorenie bezpečného pripojenia, alebo tunelu na privátnu sieť. Siete VPN predstavujú vysoko bezpečné pripojenie medzi vzdialenými klientmi, ako sú detašované pracoviská, pracovníci na cestách, a centrárou.

### 2.6.3 Bluetooth

Bluetooth je rádiová technológia s relatívne nízkou rýchlosťou určená pre bezdrôtovú komunikáciu v rámci osobných sietí, pre prenos hlasu, dát i videa. Vývojom Bluetoothu a správou štandardu sa zaoberá od roku 1998 Bluetooth Special Interest Group (SIG), ktorá v súčasnej dobe vyvíja ďalšie verzie špecifikácie s výhľadom na rýchlosť 2 a 10 Mbit/s.

#### 2.6.3.1 Základné parametre

- Médium: rádiová vlna v bezlicenčnom pásme 2,400 GHz – 2,4835 GHz
- Rýchlosť fyzickej vrstvy: 1 Mbit/s
- Fyzický dosah: 10, 50 či 100 m v závislosti na vyžarovaní a sile signálu
- Počet hlasových kanálov: až tri kanály o 64 kbit/s
- zabudované profily: PAN-, synchronizačný, dial-up-, LAN-,...
- Metoda Adaptive Frequency Hopping (AFH) určená pre obmedzenie rušenia v pásme

#### 2.6.3.2 Využitie v osobných sieťach

Technológia Bluetooth má široké spektrum využitia. V domácej sieti sa používa na komunikáciu medzi mobilnými zariadeniami, komunikáciu s perifernými zariadeniami, komunikáciu medzi počítačmi (zdieľanie a prenos súborov, prenos hlasu, dát, audia i videa, tlač, elektronická komunikácia), na komunikáciu so spotrebnou elektronikou a domácimi spotrebičmi. Ďalšie využitie Bluetooth je v telepatických systémoch v automobiloch

pre navigáciu, asistenciu, prístup k potrebným informačným zdrojom a k Internetu. Pre praktické a trvalé sieťovanie sa však takmer nepoužíva

### 2.6.3.3 *Výhody a nevýhody*

Výhodou Bluetooth je široká dostupnosť. Nevýhodou technológie je nižšia rýchlosť, nižšia bezpečnosť komunikácie, problémy s odrazmi signálov od prekážiek a prítomnosť rušenia, ktoré je veľké vďaka prítomnosti iných technológií v tomto pásme.

### 2.6.4 **Mikrovlňné pripojenie**

Sieť WLAN (Wireless Local Area Network) je druh bezdrôtovej siete, ktorá funguje na bezlicenčnom pásme na frekvencii 2.4 GHz. Technológia bezdrôtových sietí sa definuje štandardom IEEE 802.11, ktorý zahŕňa aj šifrovaciu metódu, tzv. algoritmus WEP (Wired Equivalent Privacy). Táto sieť umožňuje užívateľom pripojenie k okolitým prvkom siete (PC, notebook alebo iná WLAN sieť) a to maximálnou rýchlosťou 11, resp. 54 Mbps. Rýchlosť pripojenia sa odvíja od vzdialenosti ďalšieho potenciálneho bodu a to až 1500 metrov vzdialeného vo voľnom priestore alebo 100 metrov v budovách pri použití externých antén.

Rozlišujeme 2 typy bezdrôtových LAN sietí: Infrastructure WLAN a Ad-hoc LAN. V Infrastructure WLAN sieti komunikuje existujúca drôtová LAN s bezdrôtovo pripojenými komunikačnými zariadeniami, ktoré sú vybavené bezdrôtovými adaptérm. Adaptéry v rámci roamingu komunikujú s prístupovým bodom (AP – Access Point), ktorý ma funkciu smerovača - routera alebo s rozširujúcim bodom (EP – Extension Point). Táto konfigurácia sa označuje ako PoE (Power over Ethernet) alebo Wireless Ethernet. V konfigurácii Ad-hoc neexistuje centrálny prístupový bod, na ktorý sa pripájajú komunikačné zariadenia, s ktorým všetky komunikačné zariadenia komunikujú v tejto sieti. Komunikácia je vzájomná, označovaná ako spojenie typu bod-bod (Point-to-Point).

## 2.7 **Svetelné, optické prenosy**

### 2.7.1 **IrDa (Infrared Data Association)**

IrDA vnímame ako skratku pre dátovú komunikáciu medzi zariadeniami prostredníctvom infračerveného žiarenia, teda vzduchom, bez káblov, len medzi dvoma matnými

čidly na vzdialenosti desiatky, maximálne stovky centimetrov. Pre upresnenie je IrDA skratka odvodená z Infrared Data Association, názvu neziskovej medzinárodnej organizácie založenej v roku 1993, ktorá vytvára a spravuje štandardy pre infračervenú komunikáciu.

### 2.7.1.1 Štandardy

- IrDA Data je predurčený pre väčšinou jednorázový, rozhodne však rýchly prenos dát medzi dvoma zariadeniami. Tými môžu byť notebooky, tlačiarne, príručné počítače (H/PC), mobilné telefóny, pagery či digitálne fotoaparáty.
- IrDA Control vznikol v roku 1999 a je podobný nám dôverne najznámejšej infračervenej komunikácii, totiž diaľkovému ovládaniu televízora. Maximálna prenosová rýchlosť je len 75 kb/s, zato dosah je garantovaný minimálne päť metrov a na rozdiel od diaľkového ovládania môže byť komunikácia obojsmerná. To je využiteľné u bezdrôtových klávesníc, myší, joystickov a iných polohových zariadení pre ovládanie nie len počítačov, ale aj herných konzol či televíznych boxov pre pripojenie k Internetu.

### 2.7.1.2 Vlastnosti IrDa

Štandard IrDA Data definuje obojsmernú komunikáciu chránenú kontrolným súčtom CRC, a to od prenosovej rýchlosti 9 600 b/s až do maximálnych 4 Mb/s. Minimálna vzdialenosť medzi dvoma čidlami, kedy si budú obe zariadenia bez problémov rozumieť, je odvodená od výkonu daných zariadení. Zatiaľ čo notebooky a tlačiarne sa dorozumejú do vzdialenosti jedného až dvoch metrov, mobilné telefóny a elektronické diáre musia byť priblížené aspoň na 20 cm, aby nemuseli mať príliš veľký odber elektrickej energie.

Tieto dosahy počítajú s vhodným počasím a priamou viditeľnosťou medzi čidlami; na priamom slnečnom svite, v hustom daždi či s inými prekážkami sa môžu výrazne skrátiť. Okrem vzdialenosti si je treba dbať ešte na správnu vzájomnú polohu čidiel – infračervené žiarenie je totiž od vysielača šírené priamo, s maximálnou odchýlkou 15 stupňov.

### 2.7.1.3 Komunikácia

K využitiu je potrebné použiť aspoň dva prístroje. Také, medzi ktorými má zmysel posielat' si dáta. Druhým krokom ku komunikácii sú najnovšie ovládače (eventuálne fir-

mware) infračerveného portu u obidvoch zariadení – aj napriek tomu že štandard je na svete pomerne dlho, stále sa jedná o technológiu, ktorá sa musí poriadne preveriť.

Nie zriedka sa prvé modely zariadení s IrDA dorozumeli len medzi sebou samotnými (mobil s mobilom apod.); upgradom je možné naučiť ich aj iným komunikačným protokolom IrDA, vďaka čomu sa dohovoria aj odlišné zariadenia, napríklad elektronický diár s notebookem.

Naviazanie komunikácie pomocou IrDA je nutné aktivovať u obidvoch zariadení, bez testovacieho vysielania nie sú schopné sa o sebe dozvedieť. Počítač alebo tlačiarne umožňujú hľadanie ostatných zariadení v pravidelných intervaloch automaticky, u menších zariadení, kde si je treba vážiť každej minúty, by sa jednalo o plytvanie elektrickou energiou, a preto vysielanie infračervených vln musíme vyvolať ručne.

## **2.7.2 Prístup cez priestorovú optiku – FSO**

Priestorové bezdrôtová optika poskytuje možnosť spojenia miest s priamou viditeľnosťou a na menšie vzdialenosti (tzv. Free-Space Optics, FSO). Výhodou je, že realizáciu neobmedzuje správa frekvenčného spektra. Nevýhodou je možný vplyv nepriaznivého počasia na kvalitu spojenia (vrátane nekontrolovateľných prerušení spôsobených napr. letiacimi vtákmi).

Bezdrôtové optické spoje (FSO, Free Space Optics) a siete môžeme využiť ako v metropolitných sieťach, tak pre riešenie prvej míle, alebo pre privátne prepojenie budov. Ponúkané prenosové rýchlosti a bezpečnosť z bezdrôtovej optiky činia veľmi zaujímavou sieťovou technológiou zodpovedajúcou požiadavkám.

### **2.7.2.1 Bezpečnosť prevádzky a prenosu dát**

FSO pracuje na vlnových dĺžkach blízkych infračervenému spektru. Bezpečnosť laserového prenosu pre človeka je u výrobcov garantovaná testmi a certifikátmi na konformitu s normou IEC 60825-1. Niektoré produkty ponúkajú tiež automatické zníženie výkonu laseru, ak sa niekto dostane do lúča. (APR, Automatic Power Reduction). Lasery pre dlhšie vlny (1550 nm) umožňujú väčší výkon pre stále bezpečnú prevádzku voči ľudskému oku, preto dosahujú väčšieho dosahu a vyššej modulačnej rýchlosti 2,5 Gbit/s, skúša sa i 10 Gbit/s. Systémy FSO pracujú s laserovými lúčmi vo dvoch kategóriách: lúče o dĺžke

okolo 800 nm sú pre ľudské oko síce neviditeľné, ale prenikajú do oka až na sietnici, zatiaľ čo systémy s lúčmi s vlnovou dĺžkou 1550 nm sa absorbujú šošovkou a rohovkou.

V porovnaní s bezdrôtovými technológiami, napr. WLAN, je prenos v optickej bezdrôtovej sieti veľmi bezpečný. Zatiaľ čo rádiové alebo mikrovlnné prenosy sa dajú jednoducho zachytiť a odpočúvať, u bezdrôtových optických prenosov toto nehrozí. Optický signál prenášaný vzduchom je veľmi obtiažne zachytiteľný a narušiteľný. Potenciálny narušiteľ by musel mať prístup priamo k laserovému lúču. Optický lúč je neviditeľný, veľmi úzky a väčšinou sa nachádza vysoko nad zemou. To znamená, že potenciálny narušiteľ má iba minimálne pole pôsobnosti, ktoré je navyše obmedzené fyzickým zabezpečením prístupu k optickým zariadeniam v oknách alebo na streche.

Lúč u FSO je veľmi úzky, napr. pri vysielaní na vzdialenosť 300 m je priemer lúča u cieľa okolo 1,3 metra, pritom okolo sú iba rozptýlené fotóny, ktoré nemôžu nijako poslúžiť potenciálnym narušiteľom. (Správne dimenzovanie priemeru prijímača tiež výrazne obmedzuje ovplyvnenie prenosu atmosférou.) Vysoká bezpečnosť optického bezdrôtového prenosu je jedným z dôvodov, prečo ho už dlhšiu dobu využívajú armáda a tajné služby. Navyše protokoly vyšších vrstiev môžu ešte ďalej zabezpečiť vlastný obsah prenosu.

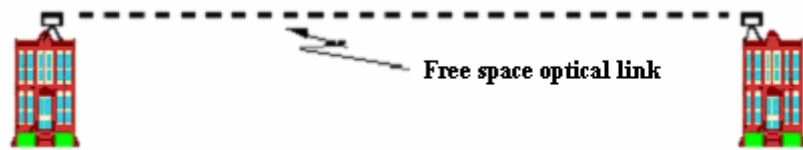
### **2.7.2.2 Konfigurácia bezdrôtových optických sietí**

Bezdrôtová optická sieť (WON, Wireless Optical Network) je postavená práve s využitím optických spojov založených na technológii FSO. Bezdrôtový optický spoj sa skladá z dvoch jednotiek FSO pozostávajúcich z optických transceiverú presne nastavených voči sebe v priamej priamke viditeľnosti. Transceivery obsahujú laserový vysielateľ a detektor signálu pre zaistenie režimu prevádzky plného duplexu. Optické transceivery sú väčšinou umiestnené na streche domu, ale môžu byť i pred/za oknom.

Bezdrôtové optické siete sú založené na spojoch na bázy optiky vo voľnom priestore (WOL, Wireless Optical Link) a môžu používať niekoľko typov topológií:

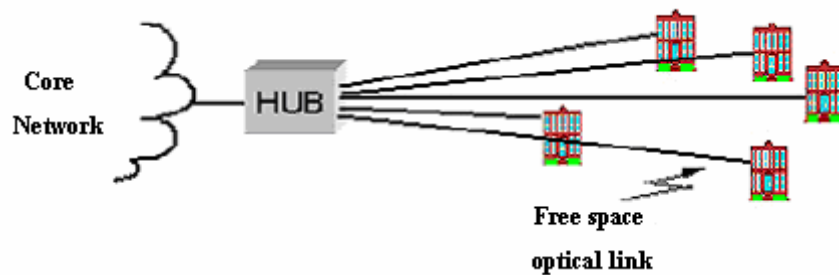
- Dvojbodový spoj (point-to-point; Obr. 10) - spoj poskytuje dedikovanú kapacitu medzi dvoma prepojenými terminálmi v plnom duplexe, so symetrickou kapacitou príjmu i vysielaniu.





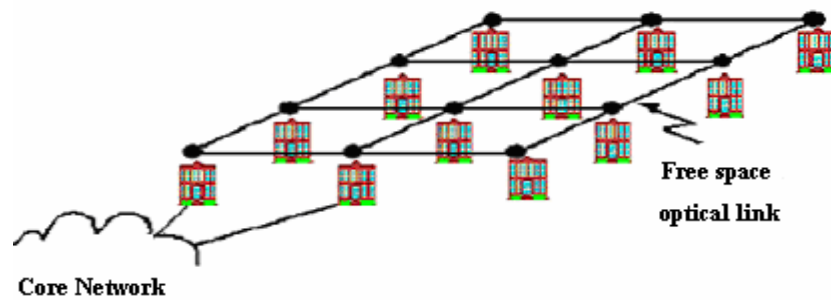
Obr. 10 WOL, dvojbodový spoj

- Viacbodový spoj (point-to-multipoint; Obr. 11) - zahrnuje stanice rozbočovače a zariadenia u zákazníka (CPE, customer premises equipment). Rozbočovač sa umiestni na vysokej budove a laserové signály sa vysielajú hviezdicovito do okolitých budov, kde sú prijímače/vysielače umiestnené na streche alebo v oknách



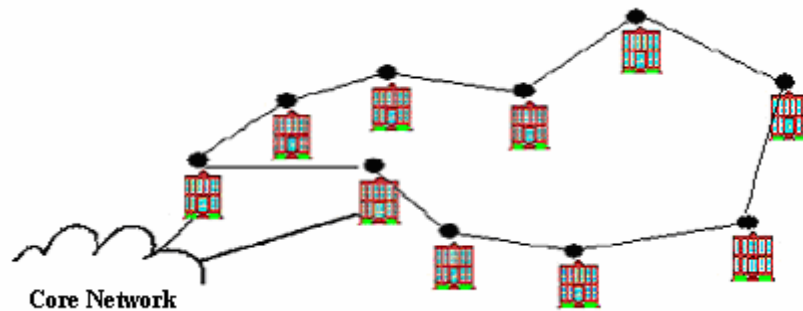
Obr. 11 WOL, viacbodový spoj

- (Plne) prepojená sieť (mesh network; Obr. 12) - najspoľahlivejší typ konfigurácie založený na krátkych dvojbodových spojoch s dostatočnou redundanciou pre riešenie prípadných výpadkov v sieti. Krátke spoje sú spoľahlivé aj v prípade obávaných hmly.



Obr. 12 WOL, plne prepojená sieť

- Kruhová topológia siete ( Obr. 13) - poskytuje obmedzenú redundanciu a vystačí aj s menším počtom optických spojov ako je plne prepojená sieť.



Obr. 13 WOL, kruhová topológia siete

### 2.7.3 Ronja

Optické prenosy na dlhšie vzdialenosti. Výhodou je bezsporu rýchlosť a bezpečnosť prenášaných dát. Z hľadiska injekcie vlastných dát je len veľmi ťažko napadnuteľné spojenie, taktiež sa zle odpočúva. Nevýhodou je, že sa takýto druh spojenia dá pomerne jednoducho prerušiť, keďže vyžaduje priamu viditeľnosť, čo sa rýchlosti týka, je relatívne nestabilné, keďže sa mení v závislosti od počasia. [8]

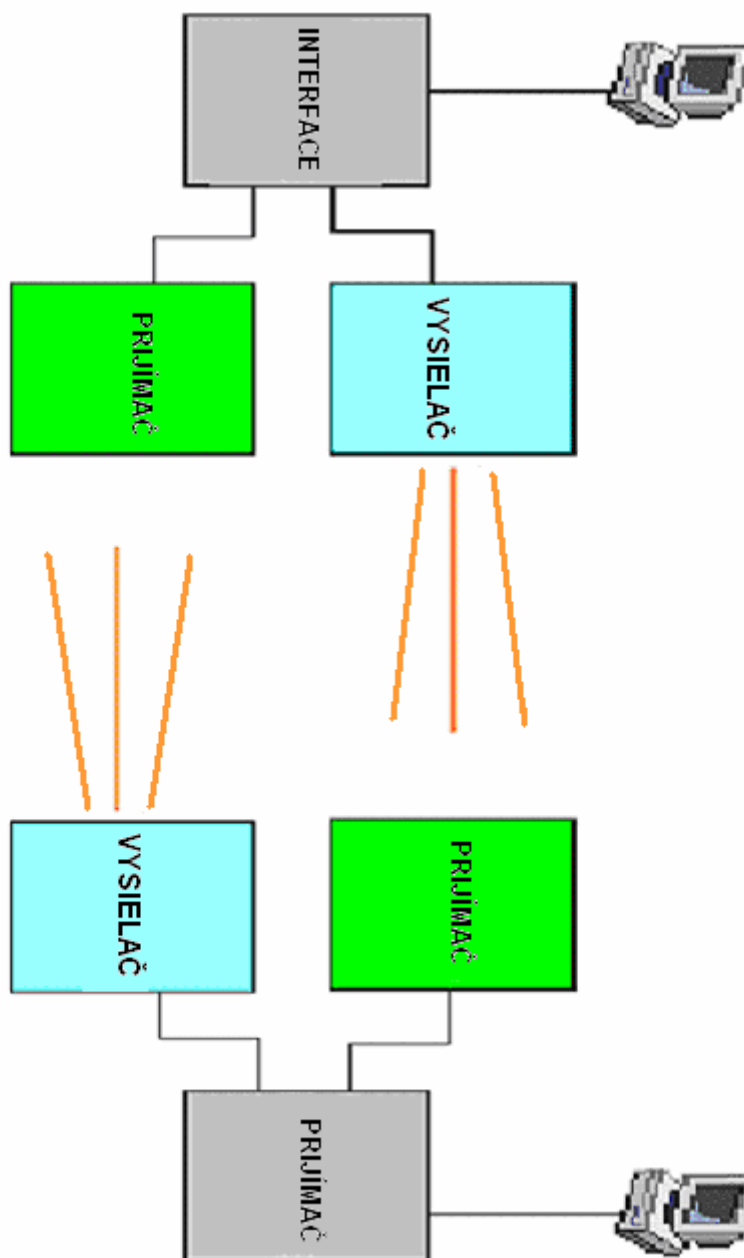
## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

### 3 RONJA TETRAPOLIS

Je to optické spojenie prepojujúce dva počítače na veľkú vzdialenosť fungujúce s konštantnou prenosovou rýchlosťou 10 Mb/s pre použitie do ethernetovej karty alebo switcha s RJ45 konektorom.

#### 3.1 Blokové schéma

Blokové schéma Ronji Tetrapolis, ktoré je znázornené na Obr. 14 je nasledujúce :



Obr. 14 Blokové schéma Ronji Tetrapolis

## 3.2 Popis zariadenia

Celé zariadenie RONJA 10Mb/s sa skladá z dvoch úplne rovnakých zariadení a každé nich možno rozložiť na tri moduly: Interface, vysielateľ a prijímač.

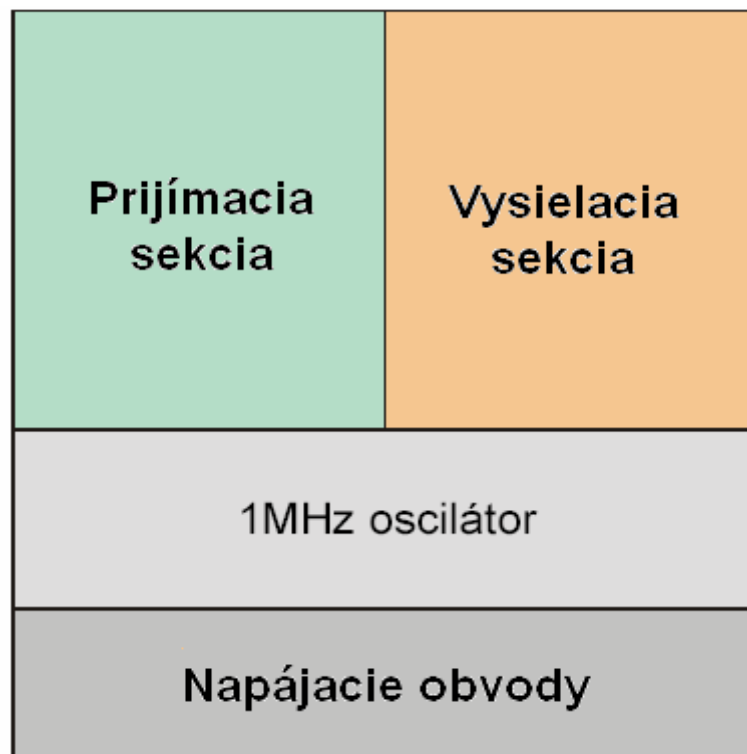
### 3.2.1 Interface

Toto zariadenie má za úlohu upraviť signálové úrovne a impedanciu pre optický prenos. Navyše generovať prídavný signál nutný pre bezchybnú funkciu zariadenia s okolitými rušivými vplyvmi. Indikácia funkčnosti dátového spojenia pre obsluhu pomocou LED diód.

Tento interface je určený pre pripojenie Ronji 10M do switcha, alebo sieťovej ethernetové karty kompatibilnej s RJ-45 konektorom.

Z jednej strany zariadenia je TP kábel, ktorý je zakončený konektorom RJ-45. Toto zakončenie patrí do switcha, alebo sieťovej karty. Z druhej strany vedú dva koaxiálne káble s modulovaným signálom pre Ronju.

Celý Interface možno rozdeliť do štyroch blokov, ktoré sú znázornené na Obr. 15 :



Obr. 15 Interface Ronji Tetrapolis

### 3.2.1.1 *Napájacie obvody*

Celé zariadenie je napájané 12 voltmi cez počítačový zdroj. Toto riešenie má tu výhodu, že PC zdroj je veľmi dobre ošetrovaný proti rušivým frekvenciám a je chránený proti skratu. Navyše je RONJA vypnutá, keď je vypnutý počítač, nie je potreba komunikácie a predlžuje sa jej životnosť. Vstupných 12 V je filtrovaných cievkou L51 o hodnote cca 1mH, navinutou desiatimi závitmi z klasického drôtu. Cievka filtruje šum okolo 50MHz.

### 3.2.1.2 *1 MHz ochranný signál*

1MHz, ktorý prechádza všetkými logickými obvodmi optického spojenia a zabráňuje tak ovplyvňovaniu prijímača slnečným svetlom. 1MHz tiež udržuje obvody v permanencii na prechádzajúce dáta o frekvencii 10MHz, čo odstraňuje relatívne dlhú dobu budenia elektroniky. 16MHz z kryštálu je postupne deličkou rozdelené na 1 MHz. Čítače slúžia k určaniu, či bude obvodmi prechádzať 1 MHz alebo 10MHz.

### 3.2.1.3 *Vysielacia sekcia*

Hneď na vstupe je kondenzátor, ktorého úlohou je odstrániť prípadnú jednosmernú zložku. Potom signál prechádza komparátorom, ktorý zo 700mV idúcich zo sieťovej karty úrobí TTL logiku. Na výstupe je filter. Signál prejde hradlami U63, U64 a U65, ktoré spolu s invertorom tvoria rozťahovač pulzov. Potom signál prichádza na And U56. Hradlá U56 a U54 rozhodujú, či prechádza 1MHz či 10 MHz. Pri priechode 10 MHz sa vysielajú. Dôležité je, že všetko je prevedené obrátenou logikou. Vysielacia LED dióda svieti, keď prechádzajú dáta, pretože sa pred ňou nachádza invertor, ktorý nastaví signál na log. 1 po dobu vysielania. Na výstupe interfacu je kondenzátor, ktorý tvorí filter, a rezistor, ktorý obmedzuje amplitúdu.

### 3.2.1.4 *Prijímacia sekcia*

Na vstupe prijímača je kondenzátor, ktorý odstráni prípadnú jednosmernú zložku naindukovanú na vodiči. Signál prejde komparátorom, kde je zmenený na TTL logiku. Potom prechádza hradlami U54 a U55, kde sa rozhodne, či obvodmi prechádza 1 MHz, alebo 10MHz. Signál je tiež vedený rozťahovačom pulzov postaveným s invertorom U57 a hradla U51. Hradlo U55 nám zaistí, že nám bude svietiť prijímacia LED dióda v dobe, keď je signál prijímaný. Ethernetová karta využíva len štyri vodiče, vysielanie, príjem a ich

negácia. Ostatné vodiče RONJA nepotrebuje a sú uzemnené. Jumperovací prepínače S1 a S2 slúžia pre nastavenie troch režimov : PC slúži pre prepojenie do ethernetovej karty v počítači, na jumperování na SWITCH sa využíva pre pripojenie na sieťové rozbočovače typu switch nebo hub, posledný režim LOOPBACK je testovací pre overenie správneho zapojenia UTP káblu.

### 3.2.2 Vysielač

#### 3.2.2.1 Napájacie obvody

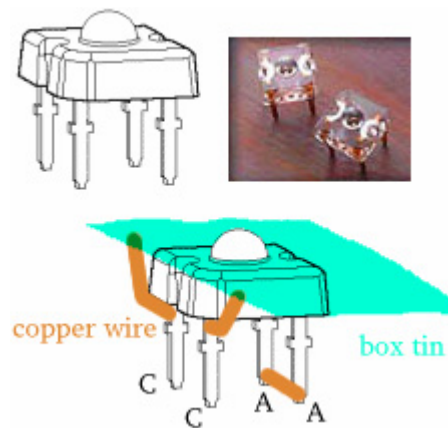
Napätie je privedené cez tienenie na oboch koaxiálnych kábloch idúcich k prijímaču a vysielaču, navzájom sú prepojené. 12V je hneď na začiatku filtrované proti vysoko frekvenčnému šumu dvojicou kondenzátorov C1, C2. Dióda D1 chráni zariadenie proti prepólovaniu. Ďalej je napájacie napätie filtrované kondenzátormi C8, 9, 13, 14 a rezistorom R7. Rezistor R7 taktiež plní funkciu zmenšenia vstupného napätia do stabilizátora, ktorý sa vďaka tomu menej hreje. Stabilizátor 7805 U4 stabilizuje 12V na 5V.

#### 3.2.2.2 Spracovanie signálu

Rezistor R1 impedančne prispôsobuje koaxiálny kábel, preberá funkciu terminátora v koaxiálnych sieťach. Signál vstupuje do obvodu cez kondenzátor C3, ktorý filtruje jednosmernú zložku na bázi tranzistoru Q1. Sústava 2 tranzistorov Q1 a Q2 je zosilňovač s veľkým zosilnením pod názvom Limiter. Jeho vlastnosťou je, že pri veľkom vstupnom signále "rovne" odreže amplitúdu výstupného. Podobne ako zapojenie s operačným zosilňovačom. Nenastane teda skreslenie signálu v čase ako na jednotranzistorovom zosilňovači v zapojení so spoločným emitorom (v dôsledku saturácie). Dvojice rezistorov R8, R9 nastavujú pracovný bod u tranzistoru. C16 a R10 zabraňujú priechodu napätia, ak neprechádza žiadny signál (ani 1 MHz). Aby bolo možné priviesť do vysielačnej LED diódy o veľkom odbere strmé pulzy, signál sa zosilňuje 15-ti paralelne zapojenými invertormi. Prechádzajúci prúd sa nastaví rezistorom R11. Paralelne spojené invertory U1, 2, 3 sú napájané 5V a tri blokujúce kondenzátory C10, 12, 15 slúžia k tomu, aby nedochádzalo k poklesu napätia behom preklápania hradieľ, v ktorých vznikajú napät'ové špičky.

### 3.2.2.3 Vysielacia súčiastka

Vysielacia LED dióda, ktoré je zobrazená na Obr. 16 je špeciálna super svietivá štvorvýchodová super rýchla dióda HPWT-BD00-E4000, ktorá sa obvykle používa do brzdoých svetiel automobilov. Vyžaduje prúd cca 68 mA, preto sa museli paralelne spojiť tri integrované obvody U1, 2, 3 74HC04, ktoré takto môžu potrebný prúd dodať.



Obr. 16 Vysielacia dióda Ronji Tetrapolis

### 3.2.3 Prijímač

Prijímač je určený pre prijímanie signálu z vysielča Ronji 10M Tetratropolis. Interface je 5mm fotodióda na jednom konci a 700mVpp 50-100 Ohmov koaxiálny (súosový, tieneny) kábel na druhom konci. Optické signály musia byť modulované 1MHz 50% signálom medzi paketami. Prijímač je umiestený vo vnútri plechovej krabičky.

#### 3.2.3.1 Interface

Elektrický interface je prívodný kábel, napájajúci kábel, a kábel RSSI (indikátor sily prijatého signálu). Prijímací kábel má na svojich svorkách napätie 700mV špičkové max. z prijímača a na krytu 12V obdržané z prijímače (inými slovami: na jednom kábli je 12V pre pripojenie kladného pólu napájania z RX k TX a záporného pólu napájania z TX k RX, na druhom (tinenom) signálové napätie 700mVpp a kladný pól zdroja). Kábel RSSI



má dva nerozlišené vodiče, jeden ako GND (ground, uzemnenie) a druhý ako kladné napätie proti zemi, ktoré indikuje silu prijatého signálu. Je určený k pripojeniu k multimetru (analog alebo digital, ) a je použitý pre doladenie a zameranie spojenia.

RSSI generuje DC (jednosmerné) napätie úmerné prijatému signálu. Minimálne napätie je 0.0mV a maximálne okolo 1200mV. Závislosť RSSI napätia na prijatom signále je nelineárna.

### **3.2.3.2 Napájacie obvody**

Napájanie zeme je privedené tieneným koaxiálnym káblom, 12 V je privedené z prijímača. Dióda D101 zabráni prepólovaniu napätia a následnej deštrukcii. Cievka L101 filtruje nežiadúci šum okolo 50 Hz, tvoriaci sa v napájacích cestách. Oproti ostatným modulom, v prijímači nie je potreba stabilizátoru, vystačí si s 12 V. Kondenzátory C152, 155, 159, 162, 163, 164, 165, 168, 174, 177, 178 sú blokovacie filtre, tie odstraňujú nežiaducu striedavú zložku v napájacích cestách. Možno sa zdá použitie toľko filtrov ako zbytočné, ale celý prijímač je extrémne náchylný k okolitým šumom. Bez plechových prepážiek, ktoré sú naznačené v schéme by sa jeho funkčnosť výrazne zhoršila, pretože už samotné súčiastky vyžarujú do blízkeho okolí rušivé vplyvy.

### **3.2.3.3 Prijímacia sekcia**

Prijímacou súčiastkou je PIN fotodióda SFH 203 - PD101 pracujúca v zdrojovom režime s veľmi krátkou reakčnou dobou 5 ns. To dovoľuje jej použitie i pri signáloch okolo 10 MHz. Na výstupe diódy vzniká bez prechádzajúcich dát pílový priebeh o frekvencii 1 MHz, ktorý je vedený cez hornú RC prepust' C151, R103 a zosilnený na nízkošumovom zosilňovači Q101 s tranzistorom BF908. Pracovný bod sa na ňom nastavuje na G2 pomocou rezistorov R104, R102 a kondenzátorov C153, 154.



Obr. 17 Fotodióda SFH 203

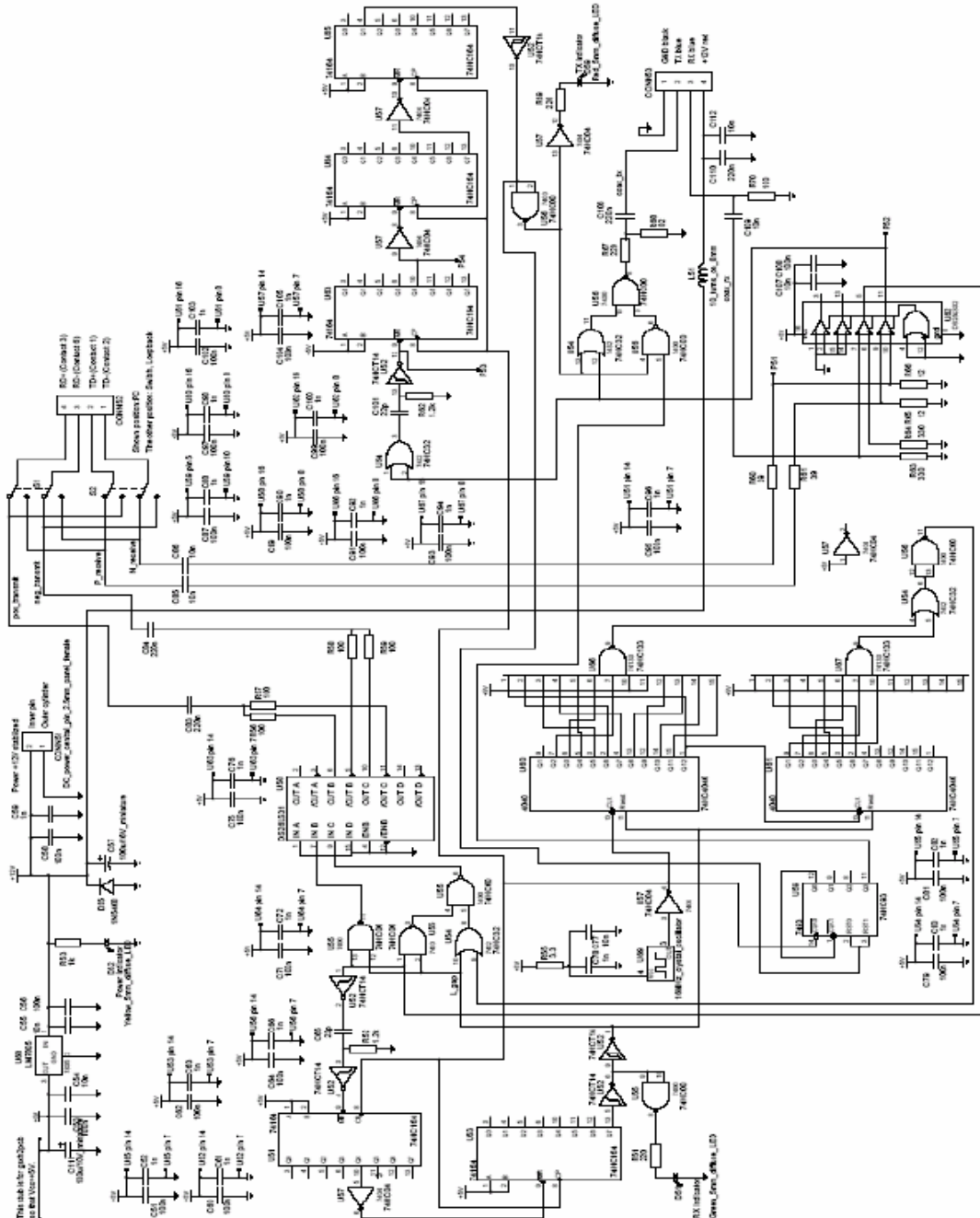
#### 3.2.3.4 Úprava signálu

Výstup zo zosilňovača je kondenzátormi C156 a C157 pripravený o možnú rušivú jednosmernú zložku a privedený do videozosilňovača NE592 DIL14. Tu je signál zosilnený. Jeho nezapojené vývody sú uzemnené pre lepšiu stabilitu. Kondenzátor C161 plní funkciu prispôsobenia videozosilňovača frekvenčnej charakteristike signálu. Z výstupu na pine 7 je signálové napätie usmernené a zdvojené diódami D102 a D103 pre využitie merania kvality signálu rssi, to sa pohybuje v rozmedzí 0~4 V v závislosti na intenzite signálu. Výstup na pine 8 ide na bázu tranzistora Q102 cez kondenzátor C167, ktorý filtruje nežiadúcu jednosmernú zložku. Sústava 2 tranzistorov Q102 a Q103 je zosilňovač s veľkým zosilnením pod názvom Limiter. Jeho vlastnosťou je, že pri veľkom vstupnom signále "rovne" odreže amplitúdu výstupného. Podobne ako zapojenie s operačným zosilňovačom. Nenastane teda skreslenie signálu v čase ako na jednotranzistorovom zosilňovači v zapojení so spoločným emitorom (v dôsledku saturácie). Výstup prechádza cez filter paralelne spojených kondenzátorov C175, C176, ktorý odstráni v signálovej ceste rušivé jednosmerné zložky. [7]

### 3.3 Elektrické schémy zapojenia

#### 3.3.1 Elektrická schéma interfacu

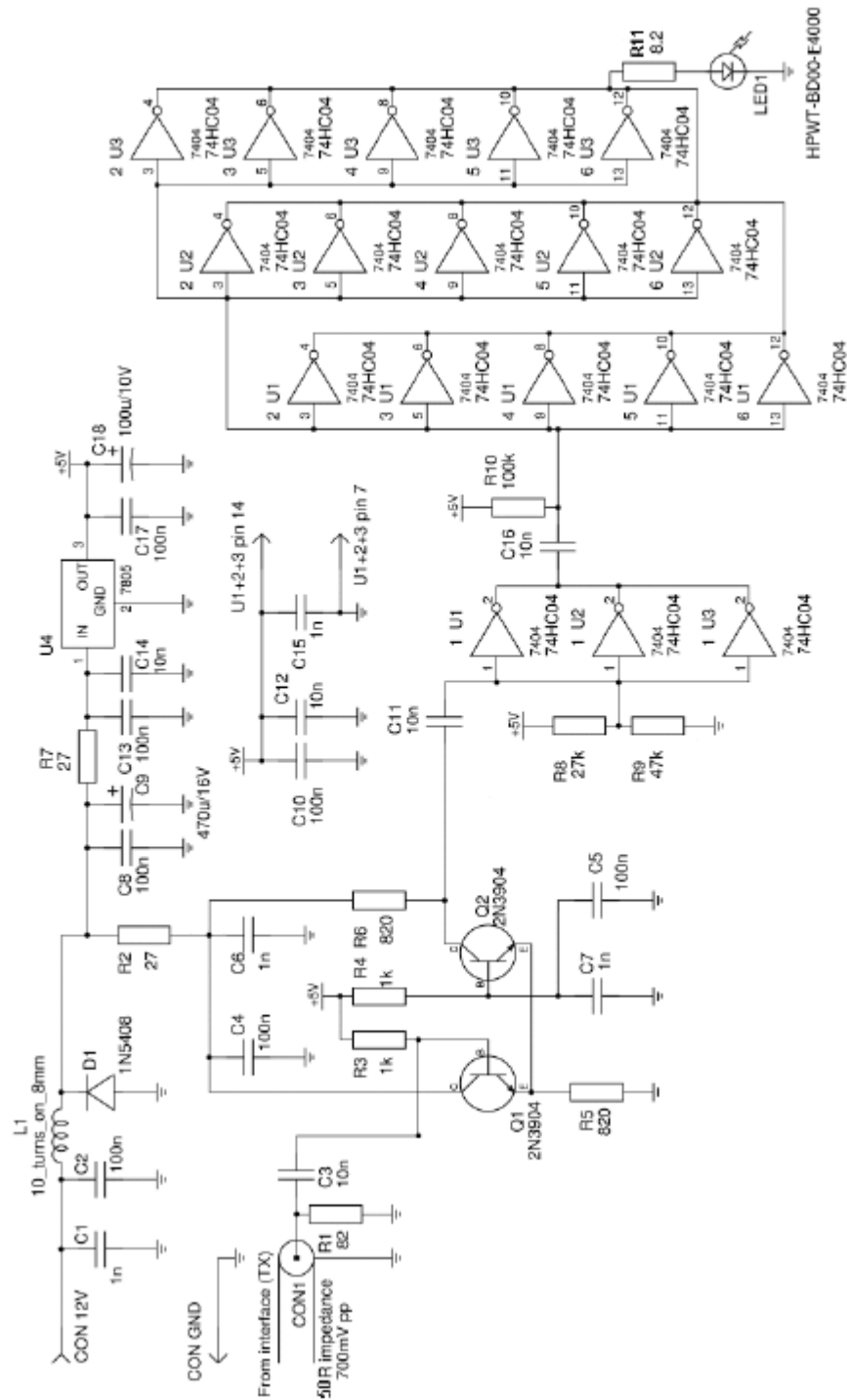
Elektrická schéma interfacu je zobrazená na Obr. 18.



Obr. 18 Elektrická schéma interfacu

### 3.3.2 Elektrická schéma vysílače

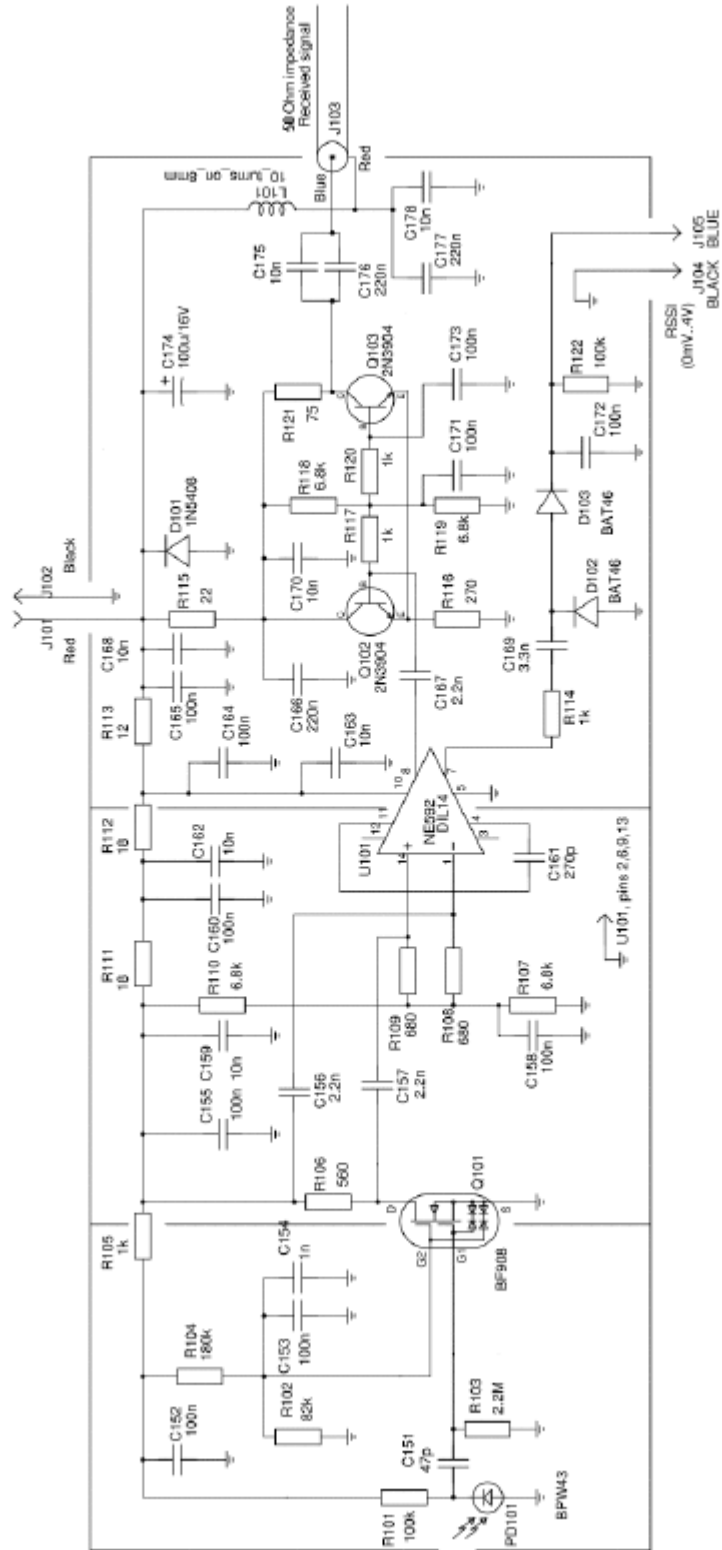
Elektrická schéma vysílače je zobrazená na Obr. 19.



Obr. 19 Elektrická schéma vysílače

### 3.3.3 Elektrická schéma přijímače

Elektrická schéma přijímače je zobrazená na Obr. 20.



Obr. 20 Elektrická schéma přijímače

### 3.4 Rozpis použitých súčiastok

Všetky uvedené súčiastky som musel kúpiť 2x, pretože RONJA má 2 úplne totožné zariadenia zložené z vysielacza, prijímača a Interfacu.

#### 3.4.1 Rozpis súčiastok pre interface

Súčiastky použité na stavbu interfacu Ronji Tetrapolis sú zobrazené v Tab. 3.

Tab. 3 Rozpis súčiastok pre interface

Pol.	Množstvo	Názov	Typ	Hodnota	Poznámka
C51	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C52	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C53	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C54	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C55	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C56	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C57	1	Kondenzátor	Elektrolytický	100 uF/16 V miniaturní	
C58	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C59	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C60	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C61	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C62	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C63	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C64	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C65	1	Kondenzátor	Keramický	22 pF	
C66	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C71	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C72	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C75	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C76	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C77	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C78	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C79	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C80	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C81	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	

C85	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C86	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C87	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C88	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C89	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C90	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C91	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C92	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C93	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C94	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C95	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C96	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C97	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C98		Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C99	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C100	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C101	1	Kondenzátor	Keramický	22 pF	
C102	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C103	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C104	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C105	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C106	1	Kondenzátor	Keramický	220 nF	
C107	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C108	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C109	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C110	1	Kondenzátor	Keramický	220 nF	
C111	1	Kondenzátor	Elektrolytický	100 uF/10 V miniaturní	
C112	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
D51	1	Dioda LED	Zelená 5mm		Matná
D52	1	Dioda LED	Žlutá 5mm		Matná
D55	1	Dioda	1N5408		

D59	1	Dioda LED	Červená 5mm		Matná
L51	1	Cívka	N=10	1 mH	D=8 mm
CON N51	1	Vidlice 2-pinová rovná zlacená	Bez zámku, lámací		
CON N52	1	Vidlice 4-pinová rovná zlacená	Bez zámku, lámací		
CON N53	1	Vidlice 4-pinová rovná zlacená	Bez zámku, lámací		
R51	1	Rezistor	Uhlíkový	220 $\Omega$	0,6 W
R52	1	Rezistor	Uhlíkový	1.2 k $\Omega$	0,6 W
R53	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R55	1	Rezistor	Uhlíkový	3.3 $\Omega$	0,6 W
R56	1	Rezistor	Uhlíkový	100 $\Omega$	0,6 W
R57	1	Rezistor	Uhlíkový	100 $\Omega$	0,6 W
R58	1	Rezistor	Uhlíkový	100 $\Omega$	0,6 W
R59	1	Rezistor	Uhlíkový	100 $\Omega$	0,6 W
R60	1	Rezistor	Uhlíkový	39 $\Omega$	0,6 W
R61	1	Rezistor	Uhlíkový	39 $\Omega$	0,6 W
R62	1	Rezistor	Uhlíkový	1.2 k $\Omega$	0,6 W
R63	1	Rezistor	Uhlíkový	330 $\Omega$	0,6 W
R64	1	Rezistor	Uhlíkový	330 $\Omega$	0,6 W
R65	1	Rezistor	Uhlíkový	12 $\Omega$	0,6 W
R66	1	Rezistor	Uhlíkový	12 $\Omega$	0,6 W
R67	1	Rezistor	Uhlíkový	220 $\Omega$	0,6 W
R68	1	Rezistor	Uhlíkový	82 $\Omega$	0,6 W
R69	1	Rezistor	Uhlíkový	220 $\Omega$	0,6 W
R70	1	Rezistor	Uhlíkový	100 $\Omega$	0,6 W
S1	1	Vidlice 3-pinová, 2-řadá, rovná zlacená	Bez zámku, lámací		
S2	1	Vidlice 3-pinová, 2-řadá, rovná zlacená	Bez zámku, lámací		
U51	1	Integrovaný obvod	74HC164		8 b pos. reg.
U52	1	Integrovaný obvod	74HCT14		Sch. intertor



U53	1	Integrovaný obvod	74HC164		8 b pos. reg.
U54	1	Integrovaný obvod	74HC32		4x OR
U55	1	Integrovaný obvod	74HC00		4x 2NAND
U56	1	Integrovaný obvod	74HC00		4x 2NAND
U57	1	Integrovaný obvod	74HC04		Hex invertor
U58	1	Integrovaný obvod	AM26LS31		Line driver
U59	1	Integrovaný obvod	74HC93		4 b bin. čítač
U60	1	Integrovaný obvod	74HC4040		12 b binární čítač
U61	1	Integrovaný obvod	74HC4040		12 b binární čítač
U62	1	Integrovaný obvod	AM26LS32		Line receiv.
U63	1	Integrovaný obvod	74HC164		8 b pos. reg.
U64	1	Integrovaný obvod	74HC164		8 b pos. reg.
U65	1	Integrovaný obvod	74HC164		8 b pos. reg.
U66	1	Integrovaný obvod	74HC133		13 in NAND
U67	1	Integrovaný obvod	74HC133		13 in NAND
U68	1	Integrovaný obvod	LM7805		Stabilizátor

### 3.4.2 Rozpis súčiastok pre vysieláč

Súčiastky použité na stavbu vysieláča Ronji Tetrapolis sú zobrazené v Tab.4.

Tab. 4 Rozpis súčiastok pre vysieláč

Pol.	Množstvo	Názov	Typ	Hodnota	Poznámka
C1	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C2	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C3	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C4	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C5	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C6	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C7	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C8	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C9	1	Kondenzátor	Elektrolytický	470 uF/16 V	
C10	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C11	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C12	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C13	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C14	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C15	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C16	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C17	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C18	1	Kondenzátor	Elektrolytický	100 uF/10V	
D1	1	Dioda	1N5408		
L1	1	Cívka	N=10	1 mH	D=8 mm
R1	1	Rezistor	Uhlíkový	82 $\Omega$	0,6 W
R2	1	Rezistor	Uhlíkový	27 $\Omega$	0,6 W
R3	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R4	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R5	1	Rezistor	Uhlíkový	820 $\Omega$	0,6 W
R6	1	Rezistor	Uhlíkový	820 $\Omega$	0,6 W

R7	1	Rezistor	Uhlíkový	27 $\Omega$	0,6 W
R8	1	Rezistor	Uhlíkový	27 k $\Omega$	0,6 W
R9	1	Rezistor	Uhlíkový	47 k $\Omega$	0,6 W
R10	1	Rezistor	Uhlíkový	100 k $\Omega$	0,6 W
R11	1	Rezistor	Uhlíkový	8,2 $\Omega$	0,6 W
U1	1	Integrovaný obvod	74HC04		6x Invertor
U2	1	Integrovaný obvod	74HC04		6x Invertor
U3	1	Integrovaný obvod	74HC04		6x Invertor
U4	1	Integrovaný obvod	LM7805		Stabilizátor

### 3.4.3 Rozpis súčiastok pre prijímač

Súčiastky použité na stavbu prijímača Ronji Tetrapolis sú zobrazené v Tab. 5.

Tab. 5 Rozpis súčiastok pre prijímač

Pol.	Množstvo	Názov	Typ	Hodnota	Poznámka
C151	1	Kondenzátor	Keramický	47 pF	
C152	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C153	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C154	1	Kondenzátor	Keramický	1 nF	
C155	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C156	1	Kondenzátor	Keramický	2,2 nF	
C157	1	Kondenzátor	Keramický	2,2 nF	
C158	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C159	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C160	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C161	1	Kondenzátor	Keramický	270 pF	
C162	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C163	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C164	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C165	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C166	1	Kondenzátor	Keramický	220 nF	
C167	1	Kondenzátor	Keramický	2,2 nF	
C168	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C169	1	Kondenzátor	Keramický	3,3 nF	
C170	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C171	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C172	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C173	1	Kondenzátor	Keramický	100 nF	
C174	1	Kondenzátor	Elektrolytický	100 uF/16 V	
C175	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
C176	1	Kondenzátor	Keramický	220 nF	
C177	1	Kondenzátor	Keramický	220 nF	
C178	1	Kondenzátor	Keramický	10 nF	
D101	1	Dioda	1N5408		

D102	1	Dioda	BAT46		
D103	1	Dioda	BAT46		
L101	1	Cívka	N=10	1 mH	D=8 mm
PD101	1	Fotodioda	BPW43		
Q101	1	Unipolár. tranzistor	BF908		
Q102	1	Tranzistor	2N3904		NPN
Q103	1	Tranzistor	2N3904		NPN
R101	1	Rezistor	Uhlíkový	100 k $\Omega$	0,6 W
R102	1	Rezistor	Uhlíkový	82 k $\Omega$	0,6 W
R103	1	Rezistor	Uhlíkový	2,2 M $\Omega$	0,6 W
R104	1	Rezistor	Uhlíkový	180 k $\Omega$	0,6 W
R105	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R106	1	Rezistor	Uhlíkový	560 $\Omega$	0,6 W
R107	1	Rezistor	Uhlíkový	6,8 k $\Omega$	0,6 W
R108	1	Rezistor	Uhlíkový	680 $\Omega$	0,6 W
R109	1	Rezistor	Uhlíkový	680 $\Omega$	0,6 W
R110	1	Rezistor	Uhlíkový	6,8 k $\Omega$	0,6 W
R111	1	Rezistor	Uhlíkový	18 $\Omega$	0,6 W
R112	1	Rezistor	Uhlíkový	18 $\Omega$	0,6 W
R113	1	Rezistor	Uhlíkový	12 $\Omega$	0,6 W
R114	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R115	1	Rezistor	Uhlíkový	12 $\Omega$	0,6 W
R116	1	Rezistor	Uhlíkový	270 $\Omega$	0,6 W
R117	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R118	1	Rezistor	Uhlíkový	6,8 k $\Omega$	0,6 W
R119	1	Rezistor	Uhlíkový	6,8 k $\Omega$	0,6 W
R120	1	Rezistor	Uhlíkový	1 k $\Omega$	0,6 W
R121	1	Rezistor	Uhlíkový	75 k $\Omega$	0,6 W
R122	1	Rezistor	Uhlíkový	100 k $\Omega$	0,6 W
U101	1	Integrovaný obvod	NE592DIL14		Video amp.

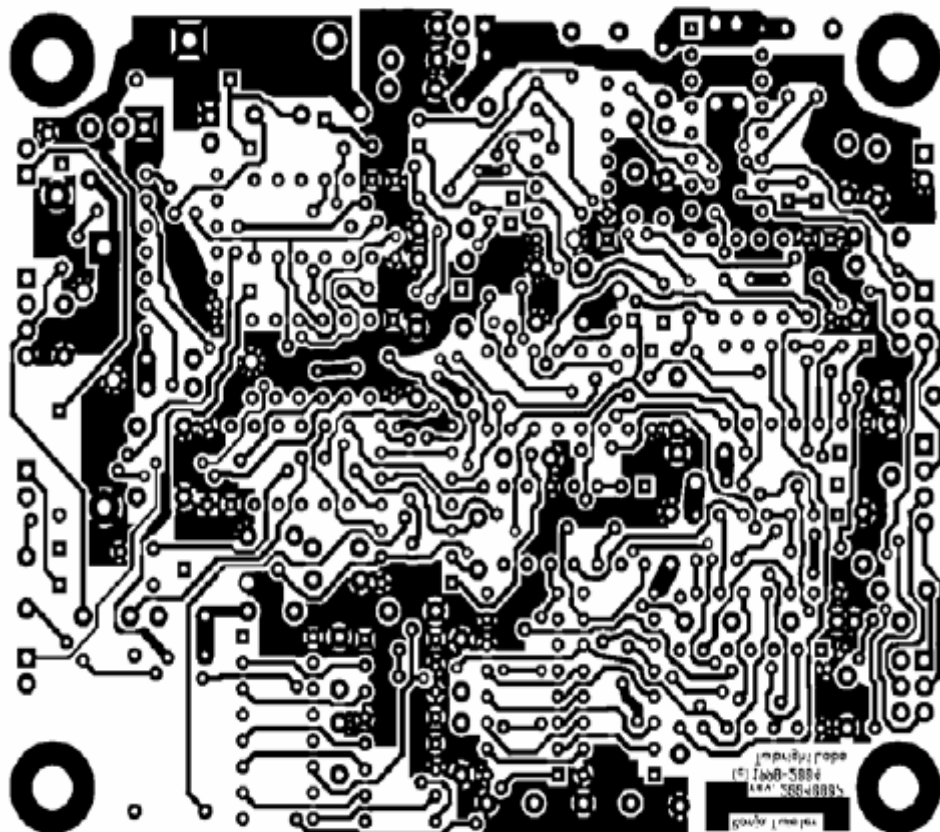
### 3.5 Predlohy a osadenia plošných spojov

Na úvod by som chcel poznamenať, že výstavbu RONJE som použil len DPS pre osadenie súčiastok twistera. Elektronickú stránku prijímača a vysielača som riešil tzv. vrabčím hniezdom, tj. vzdušným spojom. Pre kompletnosť a pre možnosť ďalšej výstavby RONJI uvádzam aj plošné spoje prijímača ako aj vysielača.

#### 3.5.1 Predlohy plošných spojov

##### 3.5.1.1 Predloha DPS interfacu

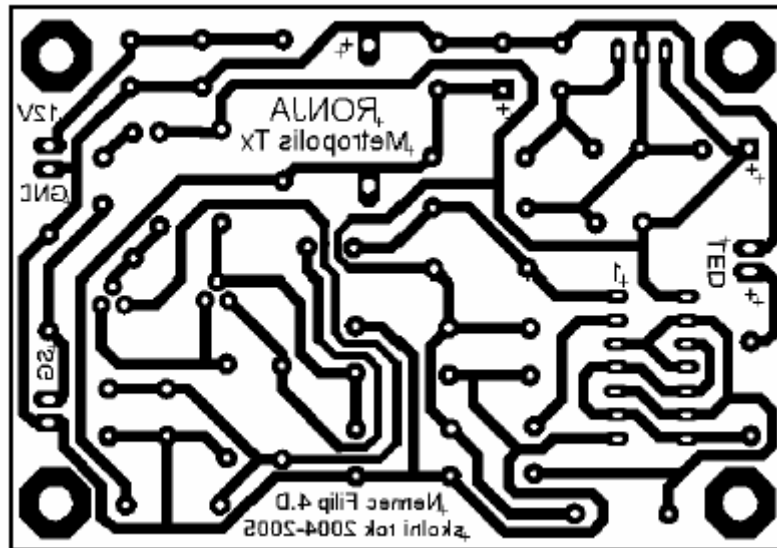
Predloha DPS interfacu je zobrazená na Obr. 21.



Obr. 21 Predloha hornej strany DPS Interfacu

### 3.5.1.2 Predloha DPS vysílača

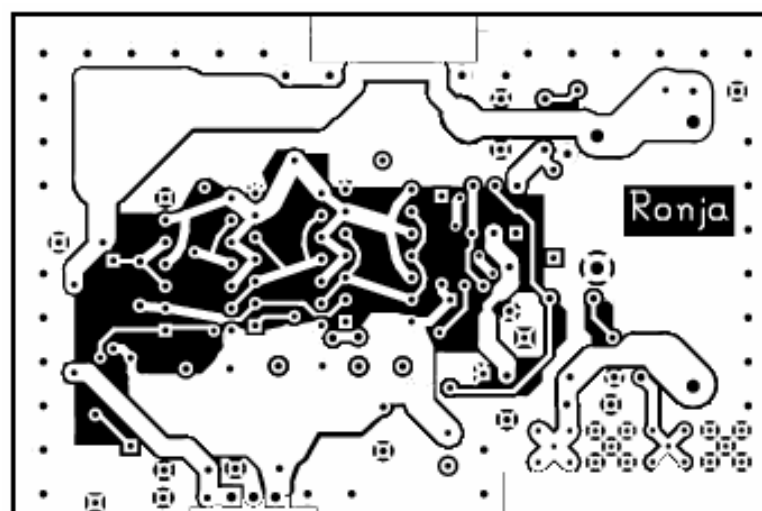
Predloha DPS vysílača je zobrazená na Obr. 22.



Obr. 22 Predloha DPS vysílača

### 3.5.1.3 Predloha DPS prijímača

Predloha DPS prijímača je zobrazená na Obr. 23.

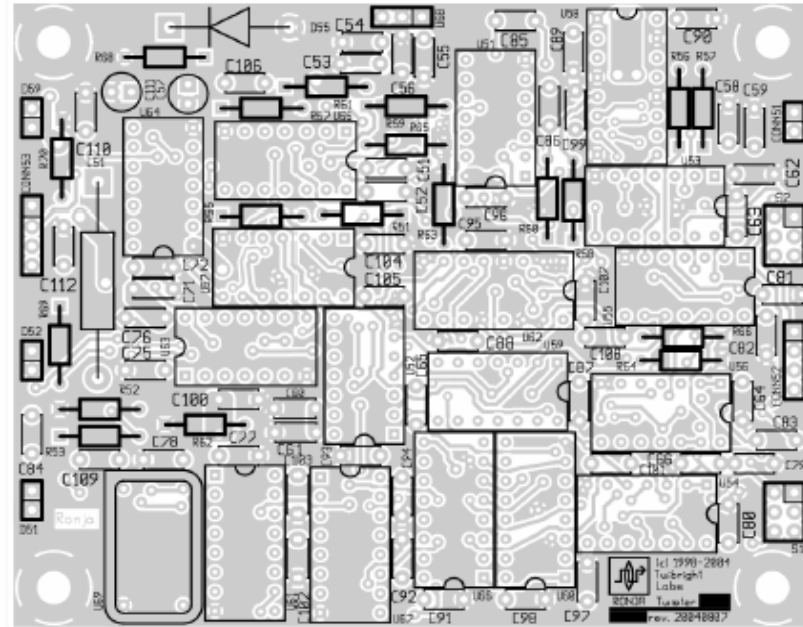


Obr. 23 Predloha DPS prijímača

### 3.5.2 Osadenia plošných spojov

#### 3.5.2.1 Plán osadenia interfacu

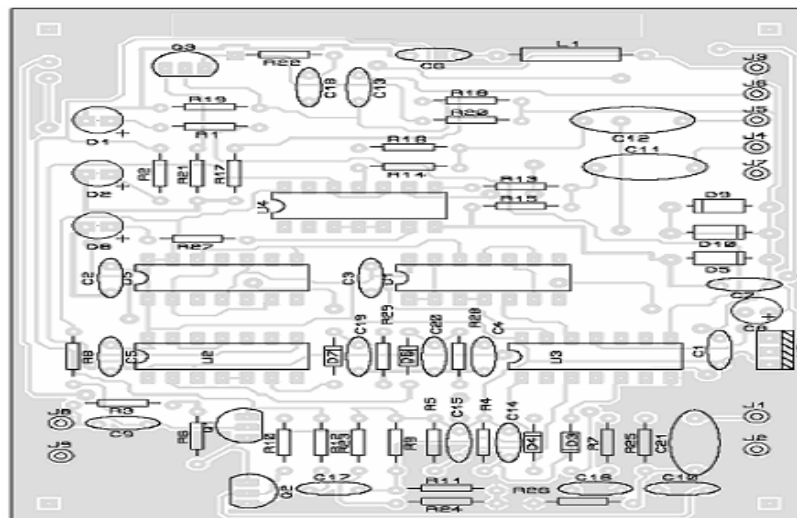
Plán osadenia interfacu je zobrazený na Obr. 24.



Obr. 24 Plán osadenia interfacu

#### 3.5.2.2 Plán osadenia vysielajúča

Plán osadenia vysielajúča je zobrazený na Obr. 25.

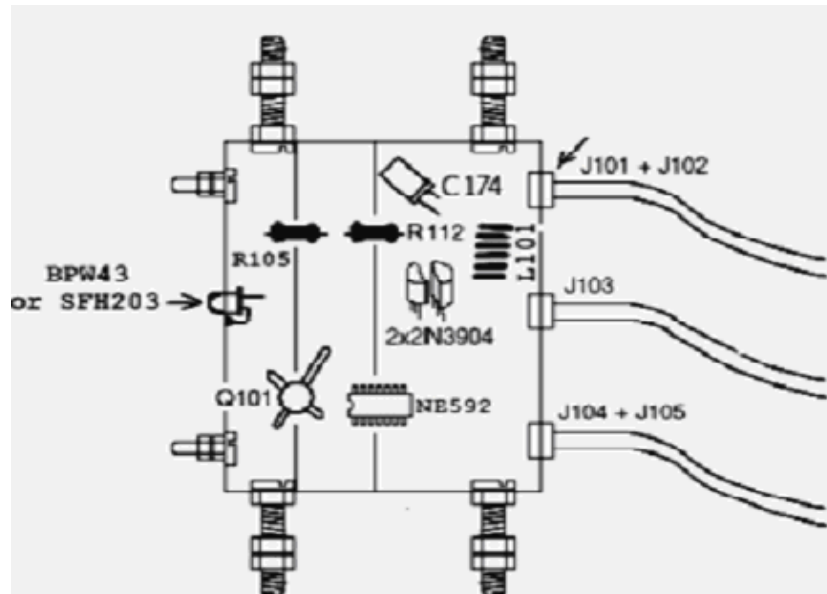


Obr. 25 Plán osadenia vysielajúča



### 3.5.2.3 Plán osadenia prijímača

Plán osadenia prijímača je zobrazený na Obr. 26.



Obr. 26 Plán osadenia prijímača

[7]

## 3.6 Konštrukčné usporiadanie a optika

Optické spojenie RONJA sa skladá z dvoch úplne rovnakých zariadení, ktoré sú zapojené k dvom počítačom, ktoré budeme chcieť navzájom prepojiť. Jedno zariadenie ako už bolo spomenuté sa skladá z: vysielača, prijímača a Interfacu.

### 3.6.1 Úprava krabičky pre Interface

Interface je umiestnený do plechovej krabičky. Muselo sa v nej prevrtáť niekoľko priechodiek pre káble. V prednej časti krabičky sa nachádzajú prepínače, ktoré slúžia ako jumpre, ktoré pre správnu funkčnosť by mali byť v jednej polohe, tj „//“, alebo naopak. V zadnej časti krabičky je vstup napájania z PC zdroja a kábel pre pripojenie do konektoru RJ45. Ďalej sú v zadnej strane interfacu vyvedené koaxiálne káble pre signály k vysielaču a prijímaču.

### 3.6.2 Úprava krabičiek pre vysielateľ a prijímač

Elektronika pre vysielateľ a prijímač sú uložené do pocínovaných kovových krabičiek z dôvodu lepšej ochrany proti vonkajším rušivým vplyvom. V prednej časti je uprostred u vysielateľa vyvrtaná 3mm diera pre vysielaciu LED diódu HPWT-BD00-E4000 a u prijímateľa 5 mm pre prijímaciu diódu. U oboch sú v zadnej časti dve káblové priechodky, pre koaxiálny kábel a pre napájanie. U prijímateľa je s napájaním vyvedený i kábel rssi. Vysielateľ s prijímačom majú vzájomne prepojenú zem a 12 V z dôvodu, že ku každému zariadeniu vedie z Interfacu len jedna z týchto zložiek. U vysielateľa a prijímateľa tak vpredu, tak i vzadu sú na bokoch dve skrutky, ktoré slúžia na pripevnenie. Diódy musia byť presne uprostred 130 mm rúry a navyše sa týmto modulom pohybuje pre dosiahnutie presnej ohniskovej vzdialenosti šošovky, ktorá je na druhom konci rúry. Tá u vysielateľa plní funkciu pre vytvorenie čo najužšieho lúča svetla k dosiahnutiu laserového efektu. U prijímateľa sa naopak toto svetlo zmenší na čo najmenší bod, pre dosiahnutie čo najsilnejšieho signálu.

### 3.6.3 Vyhrievací systém

Tento systém som zatiaľ nezaviedol, pretože Ronja ešte nebola vyskúšaná v prevádzke v zime a zo skúseností je možné že tento systém nebude vôbec potrebný.

Na vytvorenie tohoto systému sa zo zadnej strany šošovky sekundovým lepidlom prilepia štyri do série zapojené rezistory. Tie by mali byť sériovo prepojené so susednou šošovkou a napájajú sa 12 V z PC zdroje.

Tieto rezistory plnia funkciu vyhrievania šošovky výkonom cca 1 W. Tie vytvoria taký stratový prúd, že sú blízko k zničeniu, tým pádom sa dobre hrejú. Vďaka nim by sa na šošovke nemala tvoriť rosa a v zime inoväť. Tým by sa mohlo dosiahnuť lepšej funkčnosti zariadenia i za zhoršeného počasia najmä v zime.

### 3.6.4 Uzatvorenie RONJI

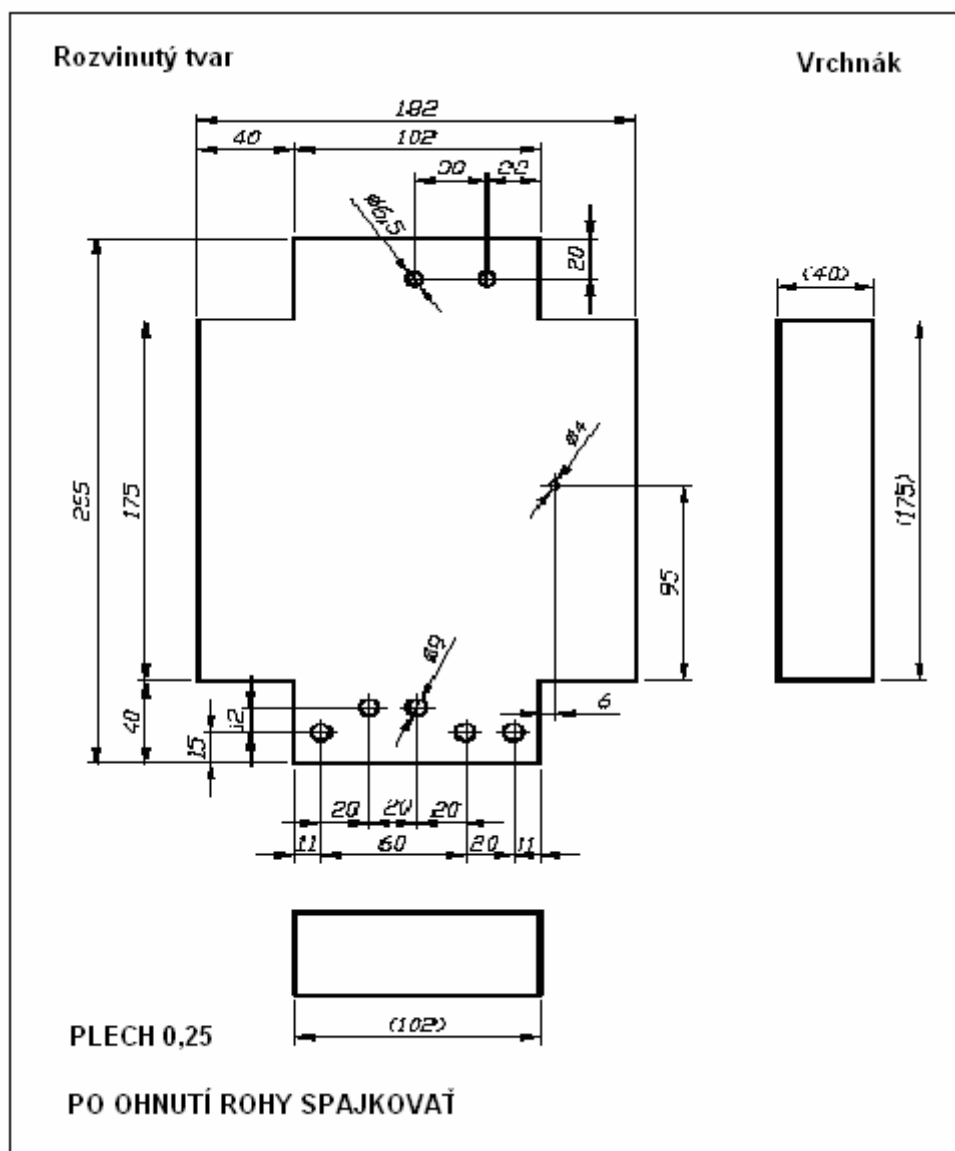
Po úplnom zameraní RONJI sa vysielateľ a prijímač zamedzí proti pohybu tak, že sa na zadnú stabilizačnú tácku a rúru v niekoľko bodoch naniesie patex. K úplnému uvedeniu RONJI do prevádzky sa musí každá rúra ako aj krabička interfacu uzavrieť silikónovým gélom, aby sa zamedzilo vniknutiu vody a vzdušného kyslíku do rúry a krabičky pre interface.

### 3.7 Mechanická část

Tak ako bolo už niekoľkokrát spomenuté, optické spojenie Ronja sa skladá z dvoch totožných častí a tak aj všetky jej mechanické časti museli byť vyrobené dvakrát.

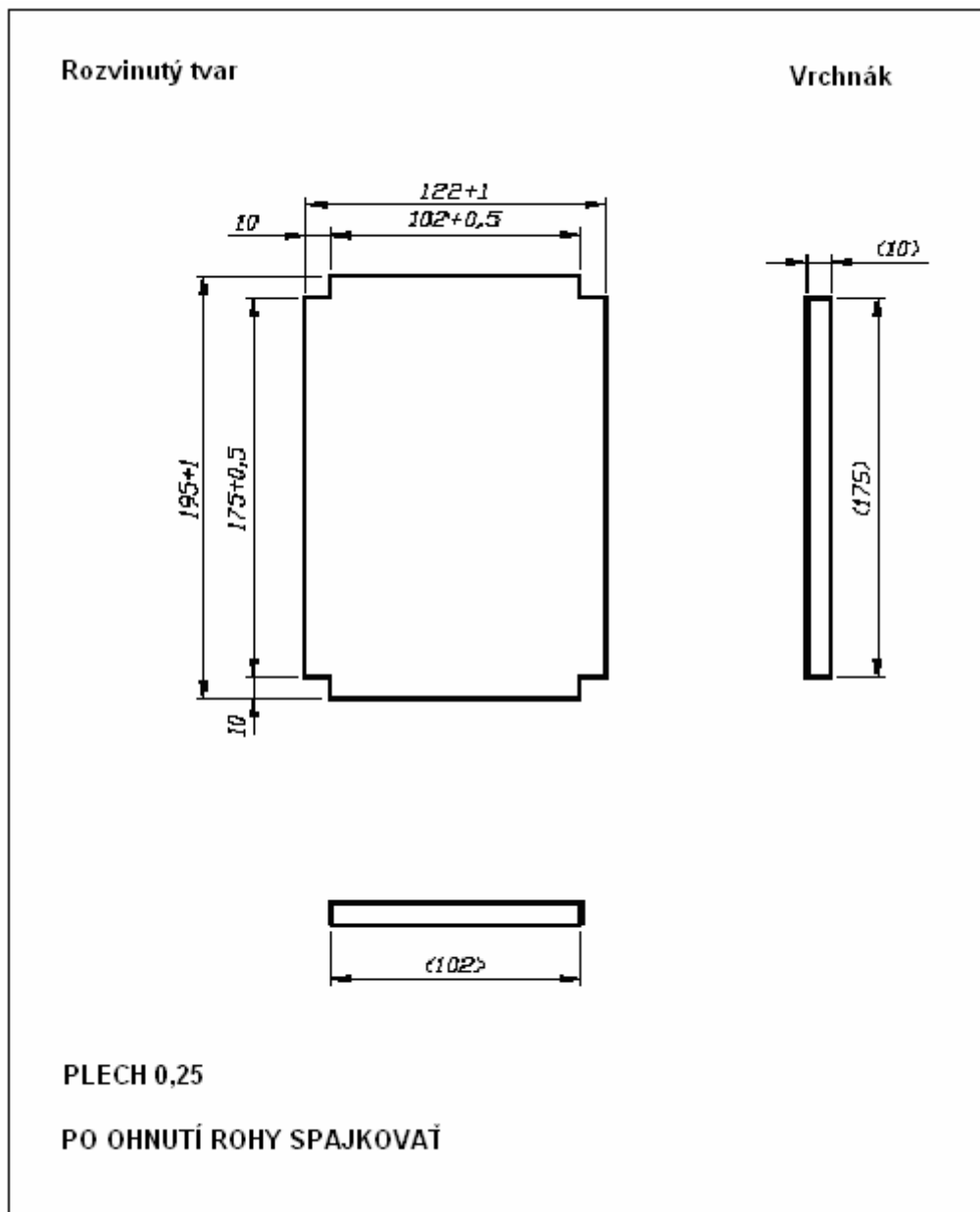
#### 3.7.1 Výkresy krabičky pre interface

Na Obr. 27 je zobrazený výkres krabičky pre uloženie elektroniky interfacu.



Obr. 27 Rozvinutý tvar krabičky interfacu

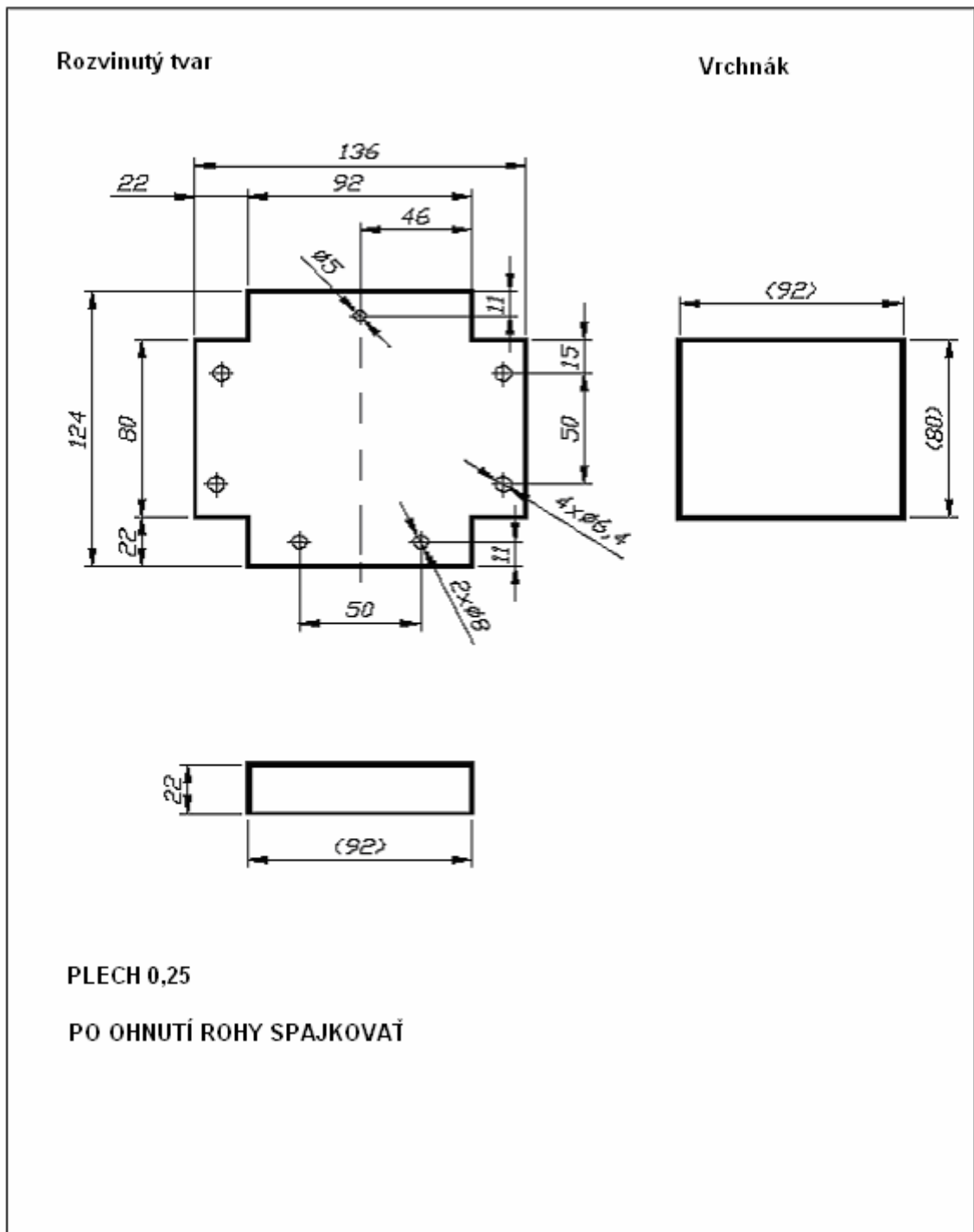
Na Obr. 28 je zobrazený výkres vršku krabičky pro uložení elektroniky interfacu



Obr. 28 Vršek krabičky pro interface

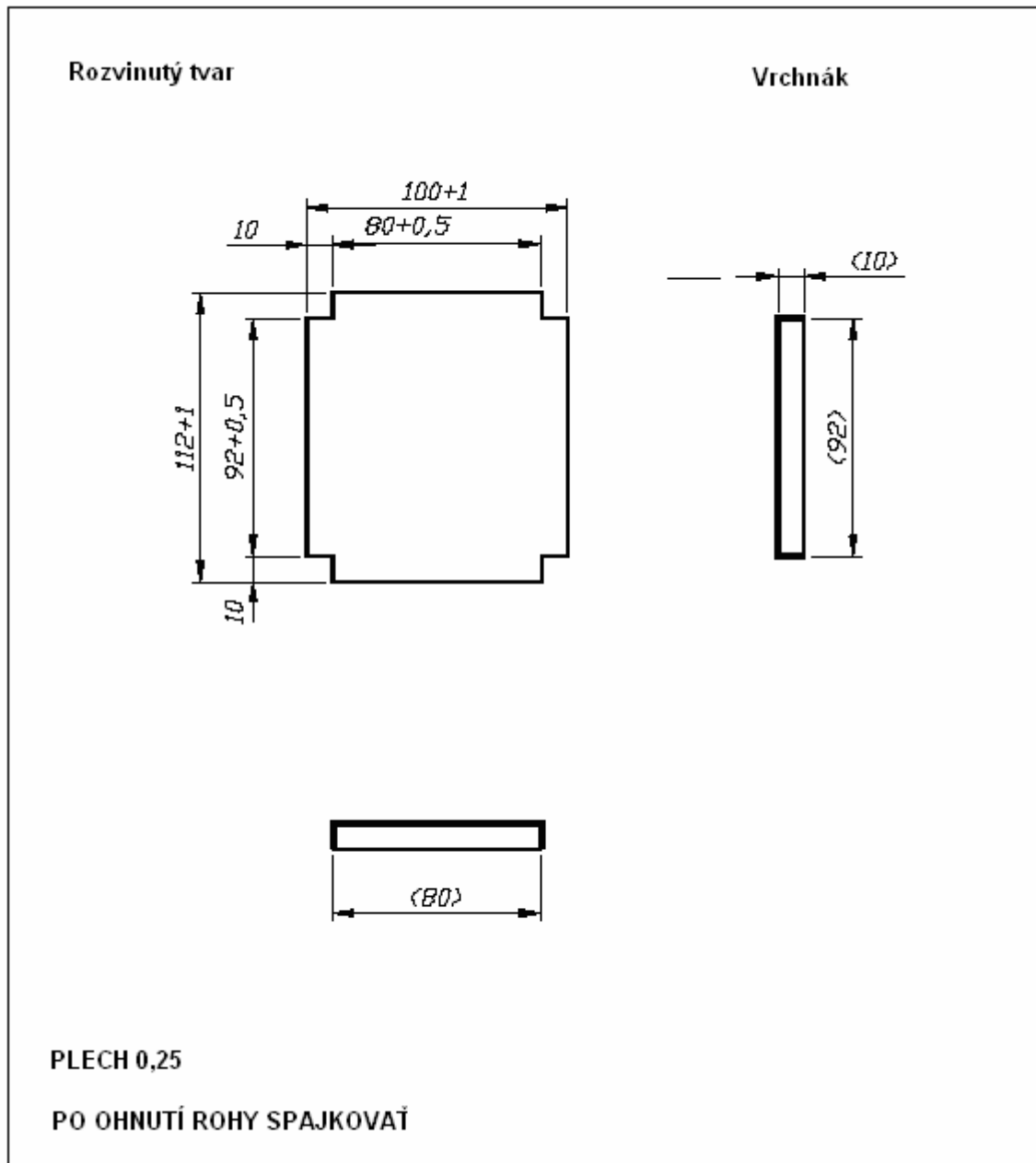
### 3.7.2 Výkresy krabičky pre vysielateľ

Na Obr. 29 je zobrazený výkres krabičky pre uloženie elektroniky vysielateľa



Obr. 29 Rozvinutý tvar krabičky vysielateľa

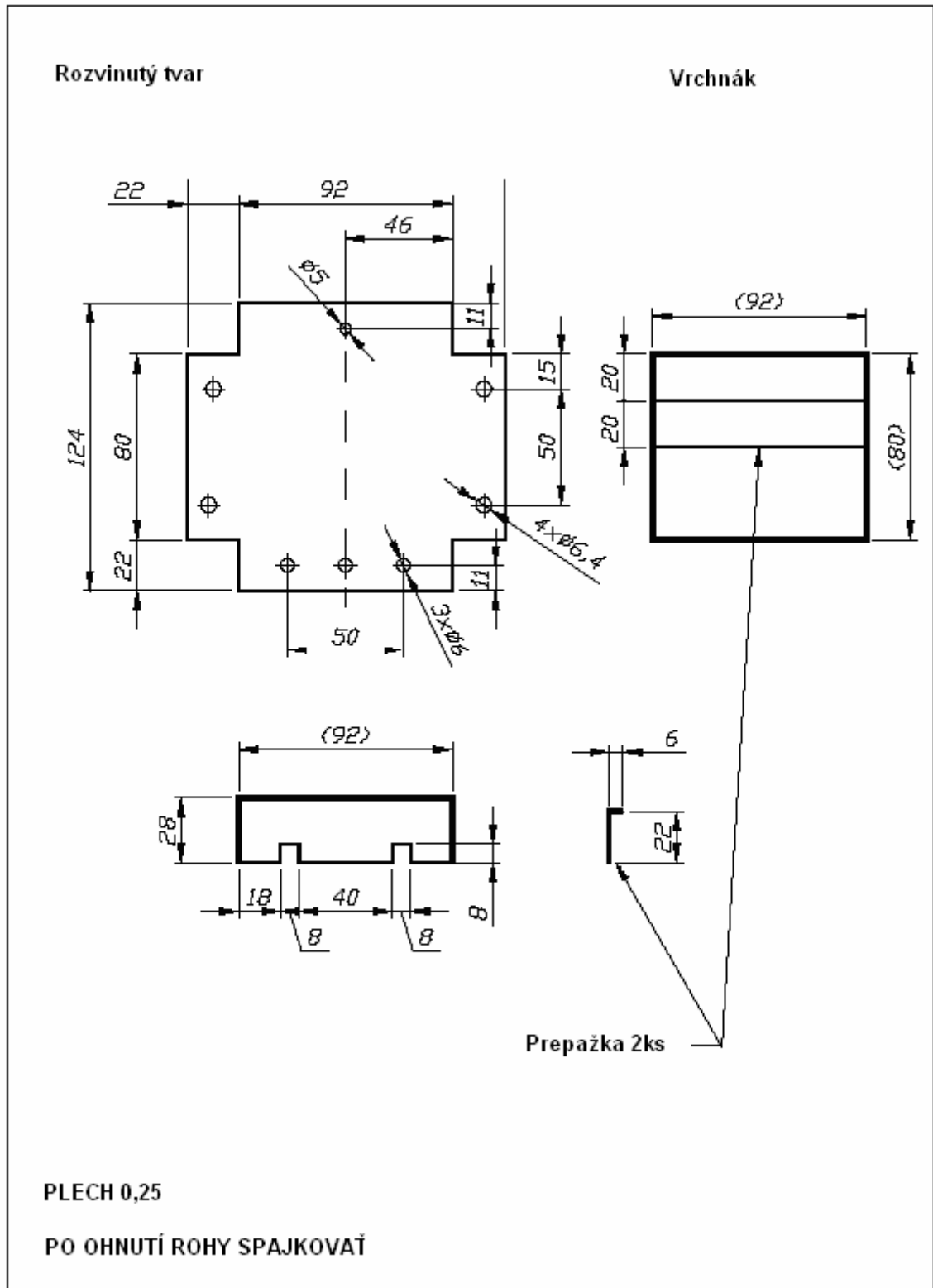
Na Obr. 30 je zobrazený výkres vršku krabičky pre uloženie elektroniky vysieláča



Obr. 30 Vršok krabičky pre vysieláč

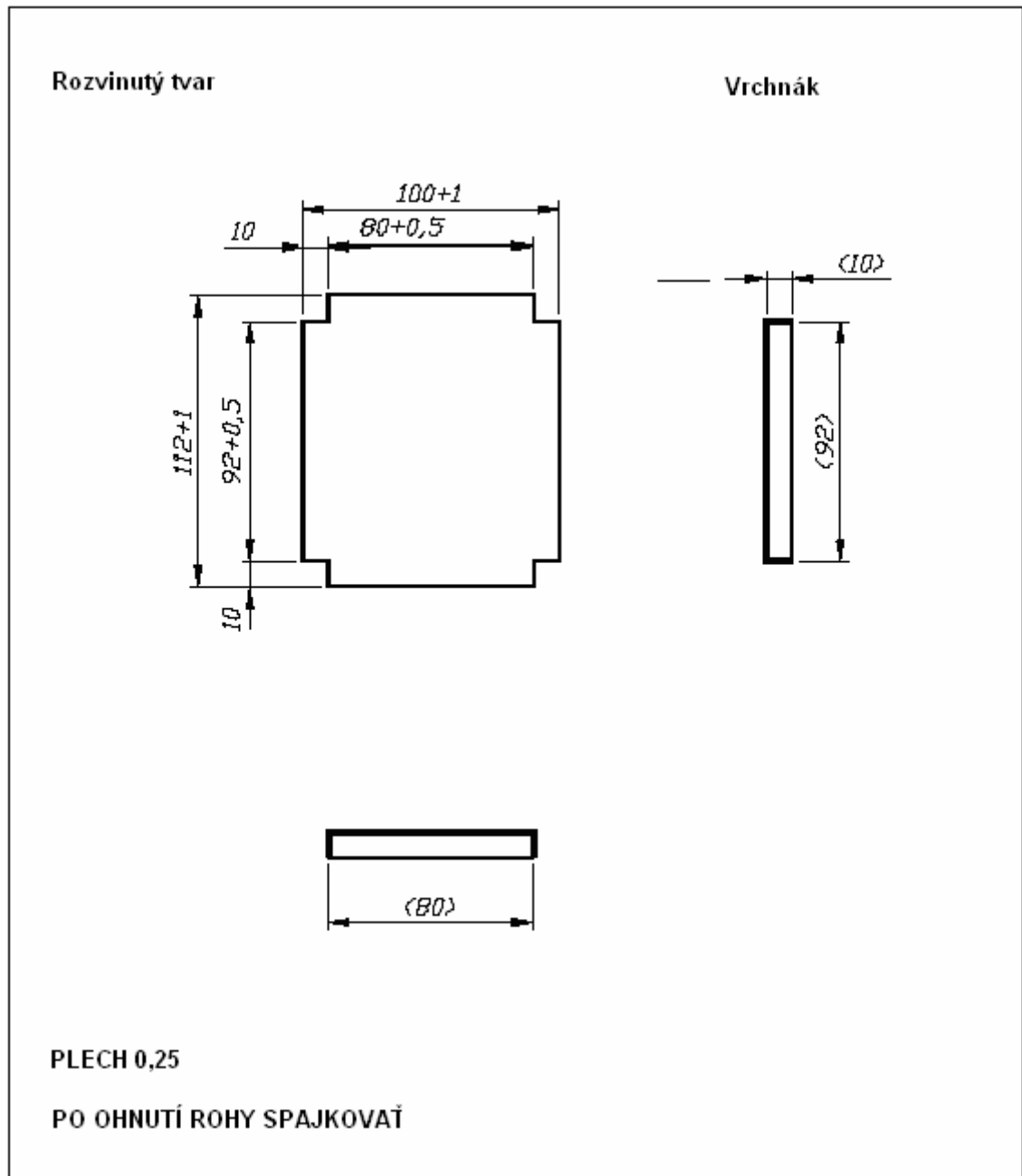
### 3.7.3 Výkresy krabičky pro přijímač

Na Obr. 31 je zobrazený výkres krabičky pro uloženie elektroniky prijímača



Obr. 31 Rozvinutý tvar krabičky prijímača

Na Obr. 32 je zobrazený výkres vršku krabičky pre uloženie elektroniky prijímača

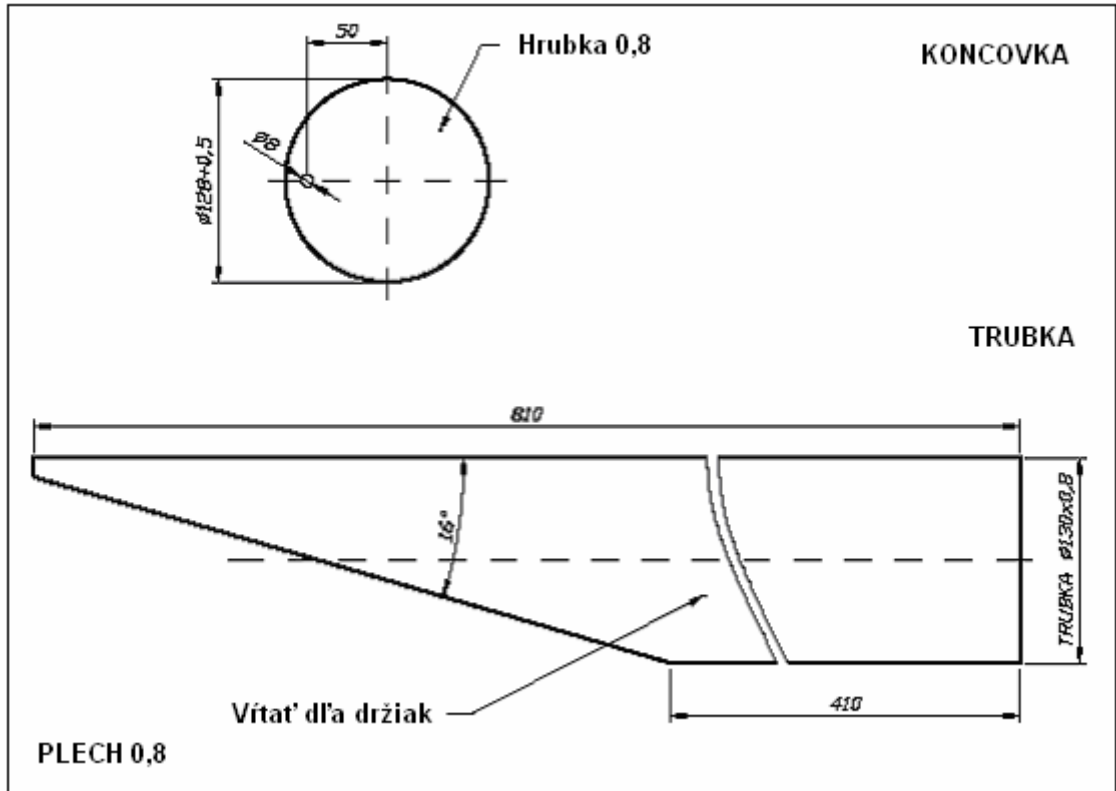


Obr. 32 Vršok krabičky pre prijímač

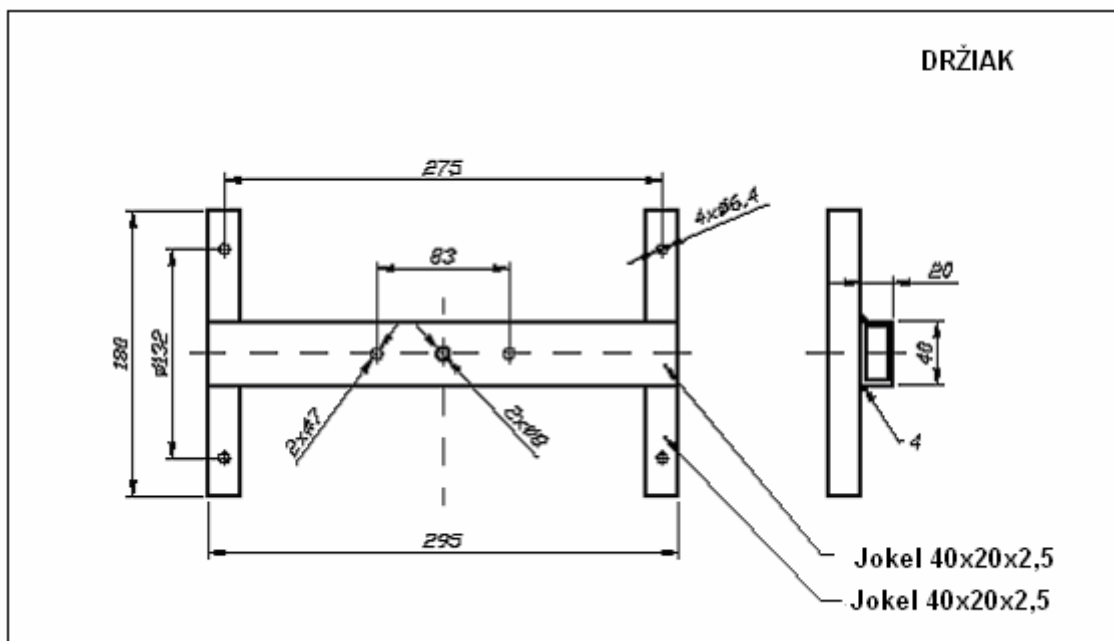


3.7.4 Výkresy rúr

Výkresy rúr pre uloženie krabčiek, optiky a ich uchytenie sú zobraz. na Obr. 33 a Obr. 34.



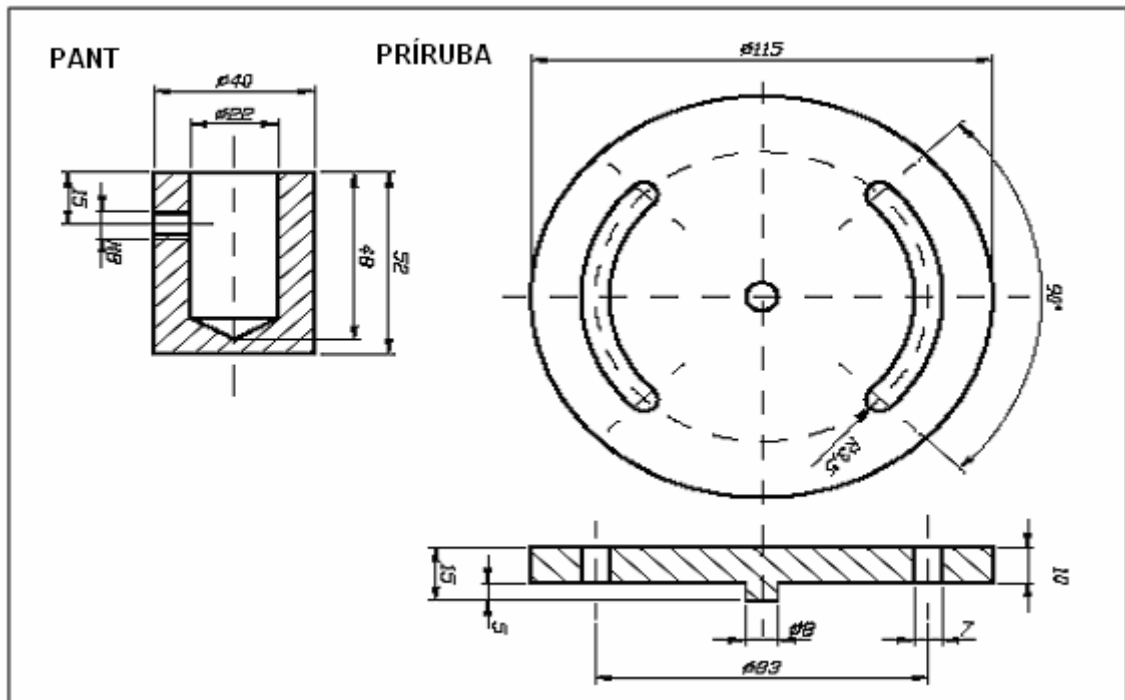
Obr. 33 Bokorys rúry



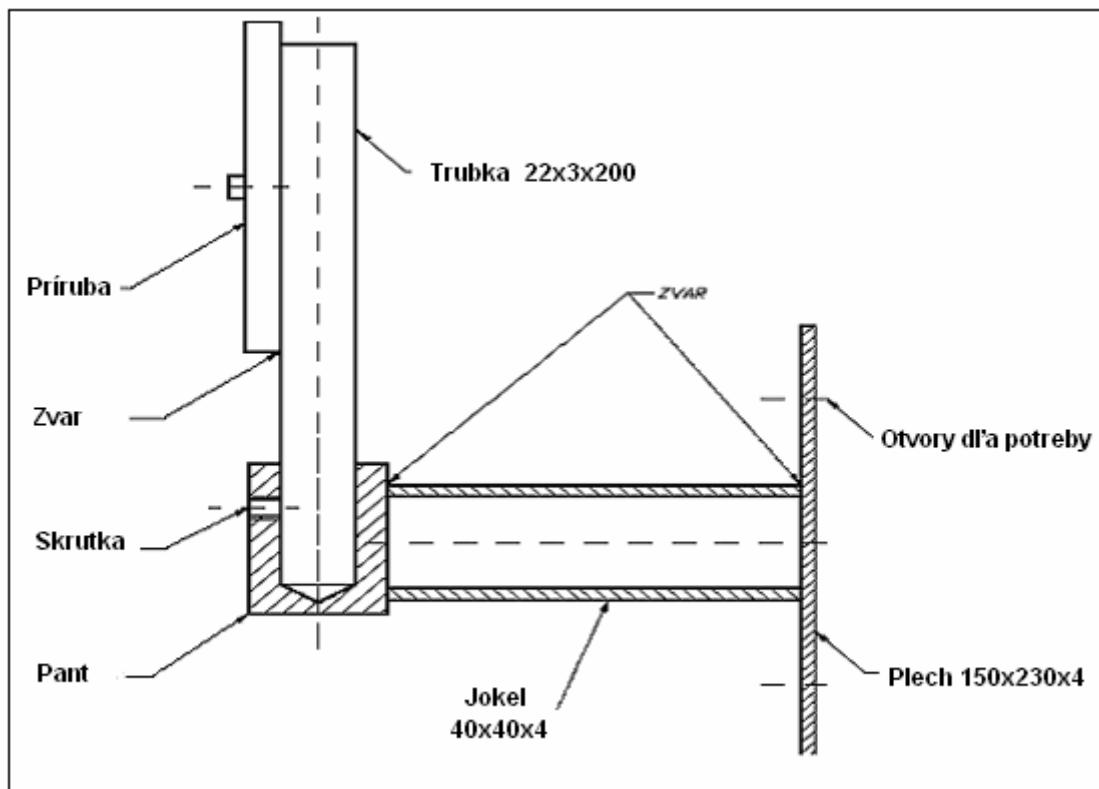
Obr. 34 Uchytenie dvojice rúr držiakom

3.7.5 Výkresy pre zameriavací systém

Na Obr. 35 a Obr. 36 je znazornená technická dokumentácia zameriavacieho systému.



Obr. 35 Pant a príruha otočného držiaka



Obr. 36 Otočný držiak

## 4 TESTOVANIE RONJI TETRAPOLIS

Testovanie elektroniky môžete prevádzať na akomkoľvek OS. Doporučené sú však OS Linux.. K základnému testu stačí len jedna sieťová karta, ale než bude Ronja nainštalovaná na strechu je doporučený sa test s dvoma kartami alebo medzi dvoma počítačmi.

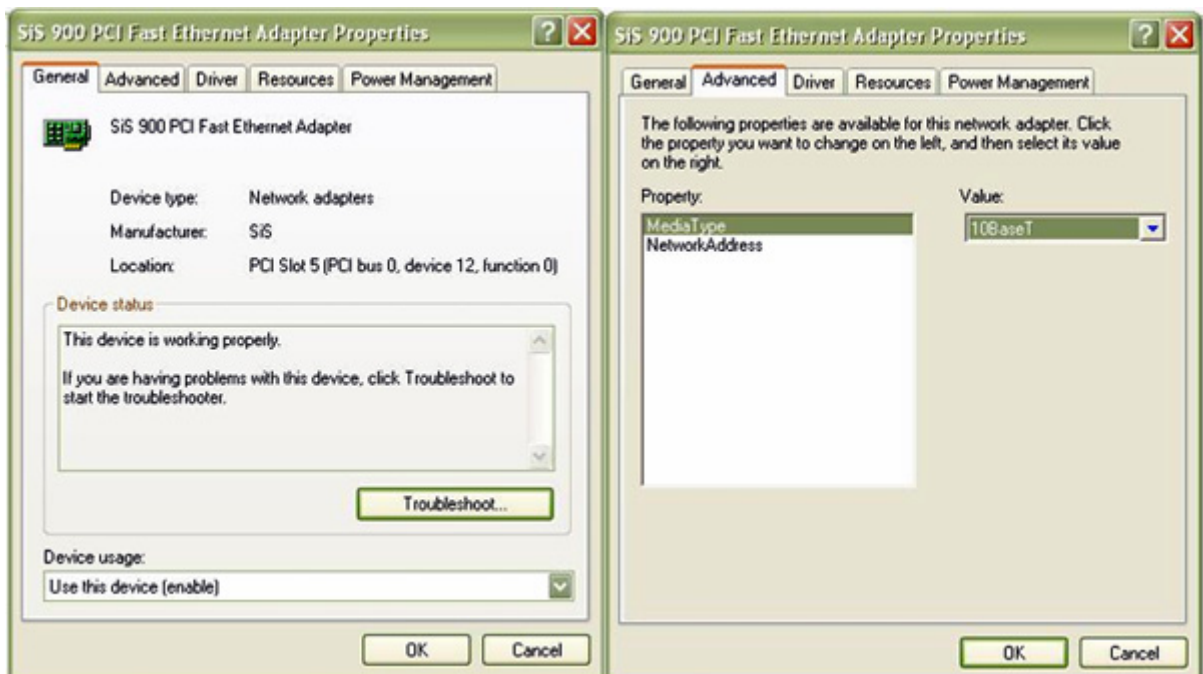
Predpokladá sa, že sieťové karty sú označené takto Tab. 6:

Tab. 6 Druh testu a označenie kariet v PC

Druh testu	Označenie kariet
1 karta v 1 PC	eth 0
2 karty v 1 PC	eth 1
2 PC	eth 0 v jednom PC a eth 1 v druhom PC

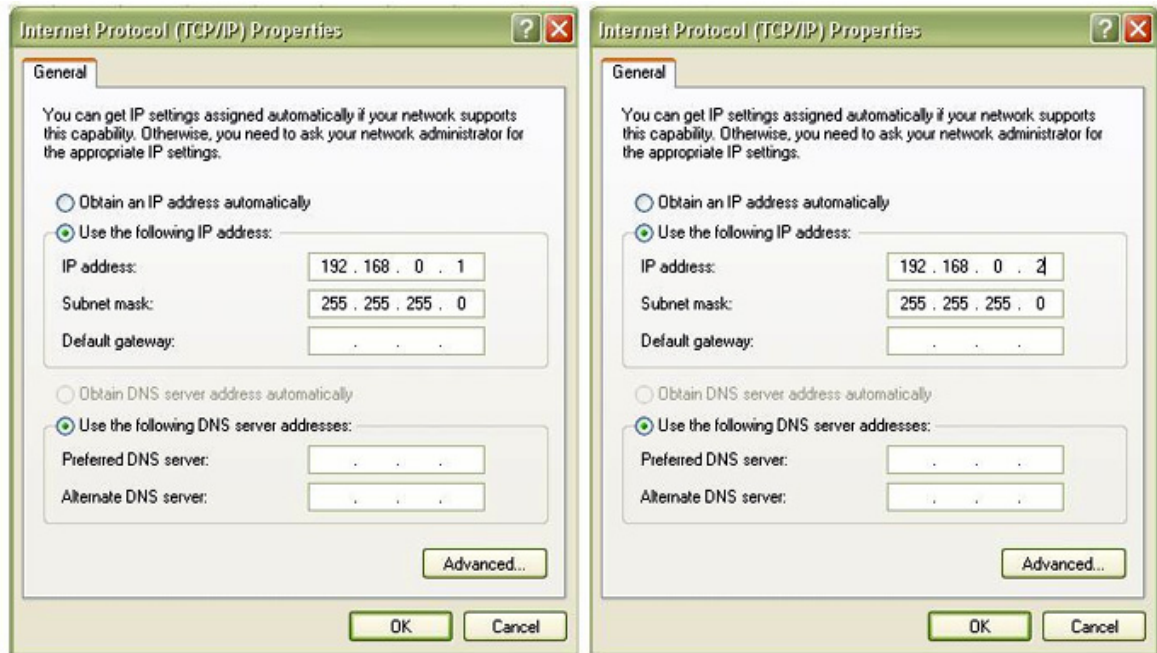
Ja som test Ronji Tetrapolis uskutočňoval pomocou dvoch PC pod OS Windows XP a postup bol nasledujúci:

- Nastavenie eth0 a eth1 na režim 10Mbps full duplex s vypnutým autonegotiation, ktoré znázorňuje Obr. 37



Obr. 37 Nastavenie eth0 a eth1 na 10Mbps full duplex

- Priradenie IP adres rozhraním eth0 a eth1 tak aby karta eth0 mala IP adresu 192.168.0.1 a IP eth1 mala adresu 192.168.0.2, oboje s maskou [netmask] 255.255.255.0, ktoré znázorňuje Obr. 38.



Priradenie IP adresy eth0

Priradenie IP adresy eth1

Obr. 38 Priradenie IP adres eth0 a eth1

- Spustenie pingu 192.168.0.2 na prvom PC a 192.168.0.1 na druhom PC

Po spustení oboch pingov obidva pingy zobrazovali informácie o vrátených packetoch <1ms a po vypnutí pingu bol PL 0%. Tento test prebiehal pri vzdialenosti okolo 80m. Štatistika ping pre 192.168.0.1 je zobrazená na Obr. 39

```

C:\WINDOWS\System32\cmd.exe - ping -t 192.168.0.1
Microsoft Windows XP [Verze 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\Drobec>ping -t 192.168.0.1

Příkaz PING na 192.168.0.1 s délkou 32 bajtů:

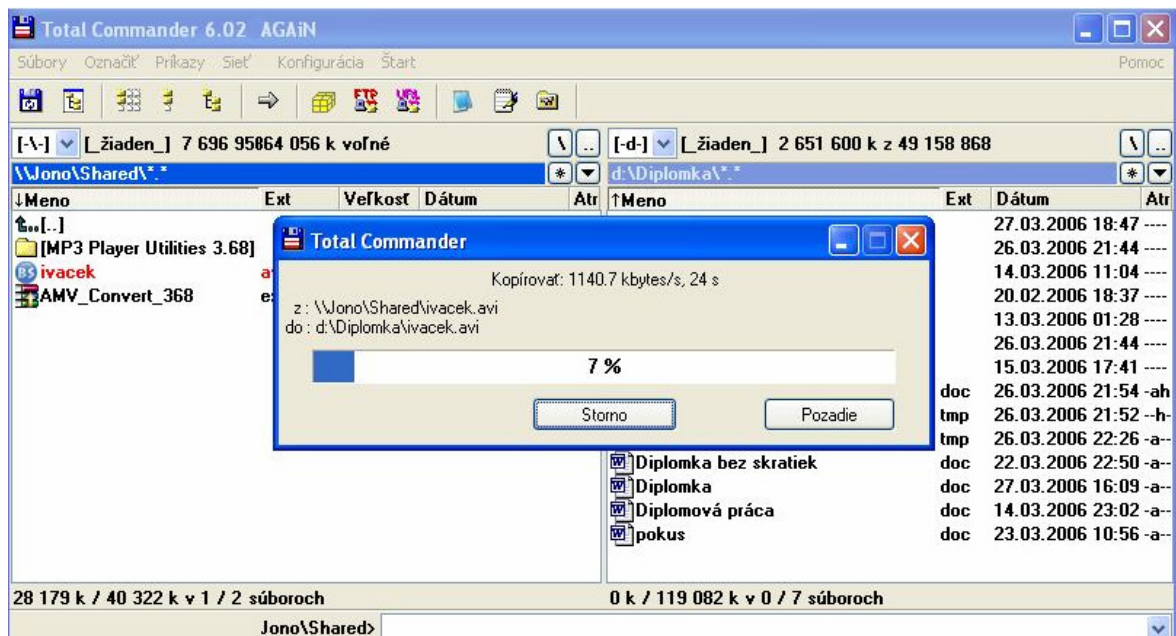
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128
Odpověď od 192.168.0.1: bajty=32 čas < 1ms TTL=128

Statistika ping pro 192.168.0.1:
Pakety: Odeslané = 25, Přijaté = 25, Ztracené = 0 (ztráta 0%),
Přibližná doba do přijetí odezvy v milisekundách:
Minimum = 0ms, Maximum = 1ms, Průměr = 0ms

```

Obr. 39 Štatistika ping pre 192.168.0.1

Prenosová rýchlosť pri prenose dát RONJOU je znázornená na Obr. 40



Obr. 40 Prenosová rýchlosť RONJE

#### 4.1 Základné vlastnosti prenosu

- Rýchlosť prenosu: 10 Mbit/s, full-duplex
- Minimálna pracovná vzdialenosť: 1/15 maximálnej pracovnej vzdialenosti
- Maximálna pracovná vzdialenosť (testovaná - reálna): 340m
- Maximálna pracovná vzdialenosť teoretická ( daná vlastnosťami z testovania pri vzdialenosti 340m): 550 až 600m
- Autonegotiation: nie, beží v half-duplexu so zariadeniami, ktoré nemôžu byť manuálne
- Príkion: 260mA @ 12V (3.1 W) z PC zdroje
- Operačná vlnová dĺžka: viditeľná, 625 nm, 100 nm šírka spektra (červená farba)
- Odhadovaný optický výkon: 12 mW
- Viditeľnosť: musí byť zaistená priama optická viditeľnosť
- Meranie systému: vizuálne, intenzita signálu sa monitoruje na rssi v prijímači

## ZÁVER

Bezdrôtové siete dnes majú v komunikačných technológiách nenahraditeľné miesto. Rozširujú možnosti klasických dátových sietí, prípadne môžu byť ich alternatívou. Všade tam, kde by bolo obtiažne, či nerentabilné inštalovať káblový rozvod, majú svoje miesto bezdrôtové technológie. Ďalším argumentom pre využívanie týchto technológií je napríklad komfort a flexibilita pri pripojení v rámci lokálnej siete. Z hľadiska dosahu a topológie je možné bezdrôtové technológie rozdeliť do dvoch skupín. Prvou skupinou sú siete WLAN (Wireless Local Area Network), teda lokálne (vnútorné) bezdrôtové siete, fungujúce najčastejšie v rámci jednej budovy, alebo len jej časti. Druhou alternatívou sú vonkajšie bezdrôtové prepojenia vzdialených objektov či celých lokalít.

V úvode tejto práce som sa snažil v krátkosti (aj keď problematika bezdrôtového prenosu je vcelku rozsiahla téma) oboznámiť zo základnými pojmami používanými pri bezdrôtových prenosoch, ich rozdelením ako aj ich následnými princípmi. Gro tejto práce však pozostáva z praktického realizovania zariadenia určeného pre bezdrôtový prenos dát, jeho otestovaním a určením prenosových vlastností. Týmto zariadením je optické spojenie s názvom RONJA.

Bezdrôtový prenos ponúka spoje s vysokými rýchlosťami a s nízkymi nákladmi. V skutočnosti to nie je nová technológia, pretože má korene v 60. rokoch, ale jej širšie využitie prichádza ku slovu až dnes, kedy je potreba stále väčšia prenosová kapacita ako aj vyššie prenosové rýchlosti. Toto boli jedny z dôvodov, prečo som sa rozhodol pre tento spôsob prenosu. Avšak tým hlavným dôvodom prečo som sa rozhodol pre zariadenie nazývané RONJA, je to, že podlieha licencií GNU GPL a to znamená že jej dokumentácia je „voľne šíriteľná“, ako aj fakt že mi bola doporučená pedagogickými pracovníkmi.

V priebehu realizovania tohto zariadenia sa nevyskytli žiadne závažnejšie problémy a v rámci testovania, bola RONJA otestovaná na rôzne vzdialenosti overenia funkčnosti od najmenších vzdialeností cca. pár metrov až po rádovo stovky metrov. Testy boli prevádzkované v útrobach fakulty ako aj mimo nich. Najdlhší testovaný spoj bol uskutočnený na vzdialenosť 340 m. V možnostiach zostrojenej RONJE je však prenos dát, na vzdialenosť okolo 550 až 600 metrov čo plynie z kvality prijímaného signálu (snímaného indikátorom RSSI) ktorá bola nameraná pri vzdialenosti 340 metrov a jej hodnota bola 2,45V. Pri všetkých testovaných vzdialenostiach mala RONJA konštantnú prenosovú rýchlosť 10 Mbit/s a takmer žiadny packet-lost.

Celá praktická časť je určitým spôsobom písaná v chronologickom poradí, tak ako bola v skutočnosti realizovaná a tak môže tiež slúžiť okrem iného aj ako podklad na zostrojenie a testovanie RONJE pre ďalších záujemcov o toto zariadenie.

Na záver by som chcel podotknúť že celá táto práca bola pre mňa výzvou a optické spojenie RONJA je pripravené na prenosi vo vonkajšom prostredí.



**ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY**

- [1] BASTIAN, P.: Praktická elektrotechnika. Europa - Sobotáles, Brno, 2004.
- [2] HORST, J.: Informační a telekomunikační technika. Praha, BEN, 2004.
- [3] HRUŠKA, F.: Technické prostředky automatizace IV. UTB ve Zlíně, 2001.
- [4] KLAUS, T: Příručka pro elektrotechnika. Europa - Sobotáles, 2005.
- [5] LÁNÍČEK, R.: Elektronika, obvody, součástky a děje. Praha, BEN, 1998.
- [6] SVOBODA, J.: Telekomunikační technika I, II. Praha, BEN, 2002.,
- [7] [Http://ronja.twibright.com/](http://ronja.twibright.com/) [online]. 1999 [cit. 2006-02-26]. Dostupný z WWW: <<http://ronja.twibright.com/>>.
- [8] REHÁK, Dušan. Satelitná komunikácia a služby umožňujúce mobilitu v TCP/IP sieťach. Brno, 2004. 75 s. Diplomová práce.

**ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV A SKRATIEK**

ADSL Asymmetric

D Digital

S Subscriber

L Line

AON Active

O Optical

N Network

ATM Asynchronous

T Transfer

M Mode

BWA Broadband

W Wireless

A Access

DBS Digital

B Base

S Station

DCN Data

C Communications

N Network

FDMA Frequency

D Division

M Multiplex

A Access

FO Fiber

O Optic

FSO Free

S Space

O Optics

FWA Fixed

W Wireless

A Access

GPRS General

P Packet

R Radio

S Service

GSM Global

S System

M for Mobile Communication

IEEE Institute

E Electrotechnical

E Engineering

LAN Local

A Area

N Network

MAN Metropolitan

A Area

N Network

RBS Radio

B Base

S Station

RDT Radio

B Data

C Transmission

SAP Services

A Access

P Point

TCP Transmission

B Control

C Protocol

UMTS Universal

M Mobile

T Telecommunication

S System

UWB Ultra

W Wide

B Band

VPN Virtual

P Private

N Network

WAN Wide

A Area

N Network

Wi-Fi Wireless

Fi Fidelity

WLL Wireless Local Loop

B Local

C Loop

TCP Transmission

B Control

C Protocol

C Core

N Network

**ZOZNAM OBRÁZKOV**

Obr. 1 Analógový a digitálny signál.....	17
Obr. 2 Príklady periodických (harmonických) signálov.....	18
Obr. 3 $s(t) = A \sin(2\pi ft + \Phi)$ .....	19
Obr. 4 Bezdrôtová technológia FWA.....	27
Obr. 5 Frekvenčné spektrum vyhradené pre UMTS.....	33
Obr. 6 Typy orbít.....	35
Obr. 7 Pripojenie cez satelit.....	37
Obr. 8 Logo Wi-Fi.....	40
Obr. 9 Ad-hoc network.....	41
Obr. 10 WOL, dvojbodový spoj.....	49
Obr. 11 WOL, viacbodový spoj.....	49
Obr. 12 WOL, plne prepojená sieť.....	50
Obr. 13 WOL, kruhová topológia siete.....	50
Obr. 14 Blokové schéma Ronji Tetrapolis.....	52
Obr. 15 Interface Ronji Tetrapolis.....	53
Obr. 16 Vysielacia dióda Ronji Tetrapolis.....	56
Obr. 17 Fotodióda SFH 203.....	58
Obr. 18 Elektrická schéma interfacu.....	59
Obr. 19 Elektrická schéma vysielča.....	60
Obr. 20 Elektrická schéma prijímača.....	61
Obr. 21 Predloha hornej strany DPS Interfacu.....	70
Obr. 22 Predloha DPS vysielča.....	71
Obr. 23 Predloha DPS prijímača.....	71
Obr. 24 Plán osadenia interfacu.....	72
Obr. 25 Plán osadenia vysielča.....	72
Obr. 26 Plán osadenia prijímača.....	73
Obr. 27 Rozvinutý tvar krabičky interfacu.....	75
Obr. 28 Vršok krabičky pre interface.....	76
Obr. 29 Rozvinutý tvar krabičky vysielča.....	77
Obr. 30 Vršok krabičky pre vysielča.....	78
Obr. 31 Rozvinutý tvar krabičky prijímača.....	79



---

Obr. 32 Vršok krabičky pre prijímač .....	80
Obr. 33 Bokorys rúry .....	81
Obr. 34 Uchytenie dvojice rúr držiakom .....	81
Obr. 35 Pant a príruha otočného držiaka .....	82
Obr. 36 Otočný držiak .....	82
Obr. 37 Nastavenie eth0 a eth1 na 10Mbps full duplex .....	83
Obr. 38 Priradenie IP adres eth0 a eth1 .....	84
Obr. 39 Štatistika ping pre 192.168.0.1 .....	85
Obr. 40 Prenosová rýchlosť RONJE.....	85

**ZOZNAM TABULIEK**

Tab. 1 Frekvenčné spektrum vyhradené pre UMTS.....	33
Tab. 2 Prehľad vlastností jednotlivých štandardov 802.11x .....	38
Tab. 3 Rozpis súčiastok pre interface .....	62
Tab. 4 Rozpis súčiastok pre vysieláč .....	66
Tab. 5 Rozpis súčiastok pre prijímač.....	68
Tab. 6 Druh testu a označenie kariet v PC.....	83

## ZOZNAM PRÍLOH

### PRÍLOHA P I: FOTODOKUMENTÁCIA RONJE

Obr. 41 RONJA Tetrapolis

Obr. 42 Pohľad z predu na RONJU

Obr. 44 Bočný pohľad na RONJU

Obr. 45 Zameriavací systém RONJI (držiak)

Obr. 46 Bočný pohľad na RONJU(pri teste)

Obr. 47 Pripojenie RONJE káblom RJ45

Obr. 48 Napájanie RONJE z PC

Obr. 49 Svetelný lúč RONJE

Obr. 50 Koherentné svetlo z vysielča

Obr. 51 Test RONJE v škole

Obr. 52 Rúra na RONJU , plech 0,8mm

Obr. 53 Neosadený plošný spoj twistera

Obr. 54 Osadený plošný spoj twistera v krabičke

Obr. 55 Krabička prijímača s elektronikou

Obr. 56 Krabička vysielča s elektronikou

## PRÍLOHA P I: FOTODOKUMENTAČIA RONJE



Obr. 41 RONJA Tetrapolis



Obr. 42 Pohľad z predu na RONJU



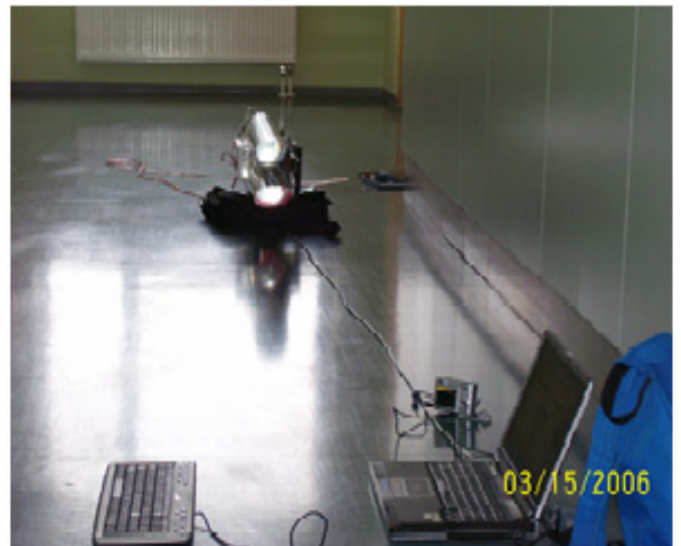
Obr. 43 Bočný pohľad na RONJU



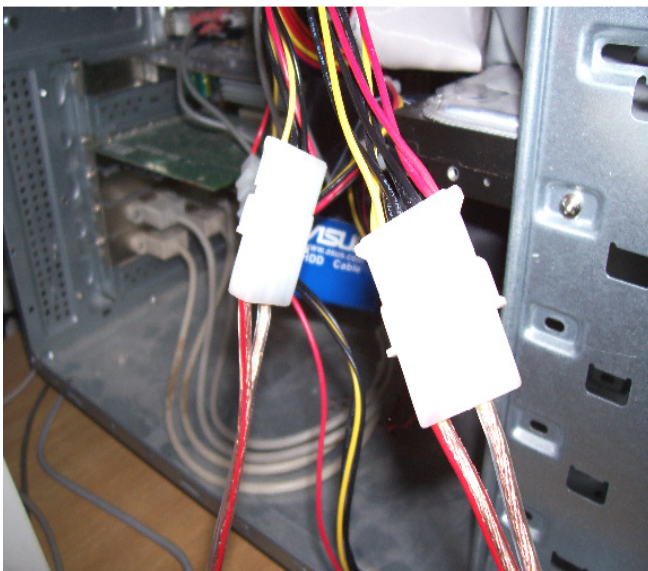
Obr. 44 Zameriavací systém RONJI (držiak)



Obr. 45 Bočný pohľad na RONJU(pri teste)



Obr. 46 Pripojenie RONJE káblom RJ45

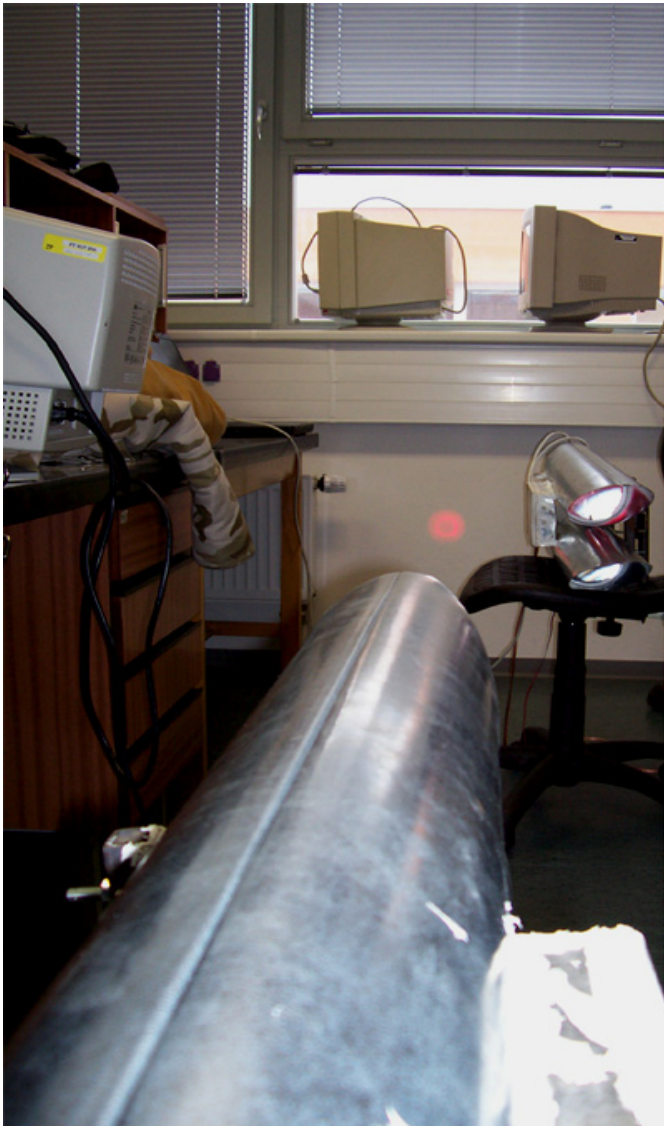


Obr. 47 Napájanie RONJE z PC

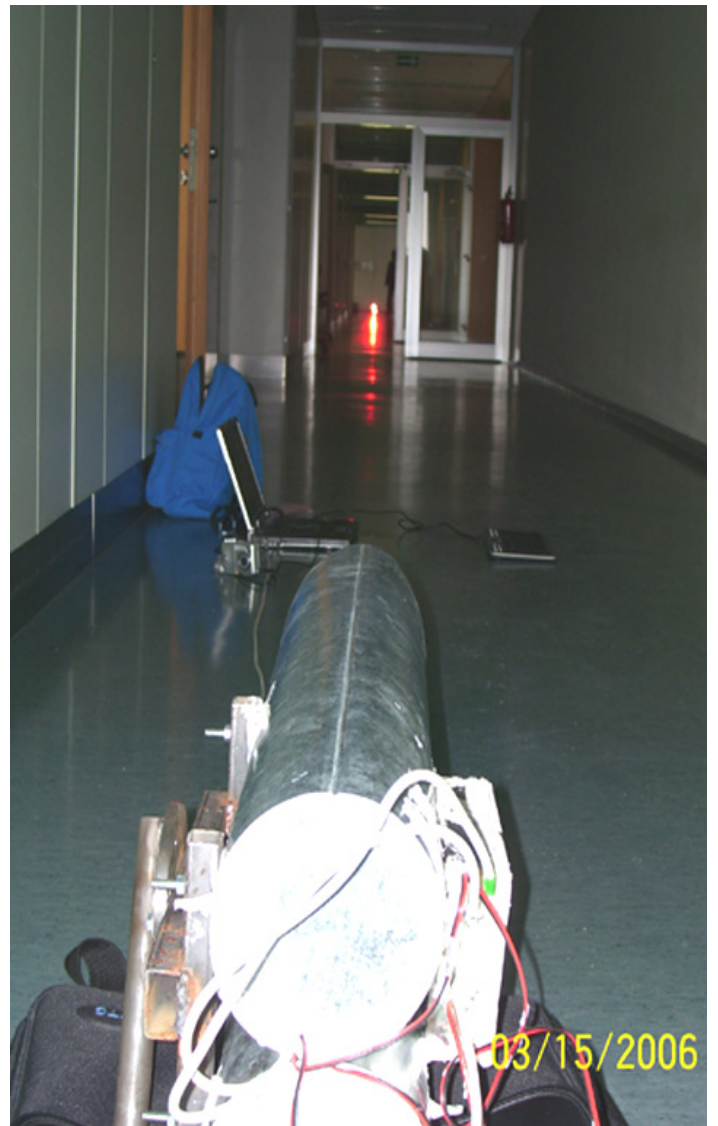


Obr. 48 Svetelný lúč RONJE





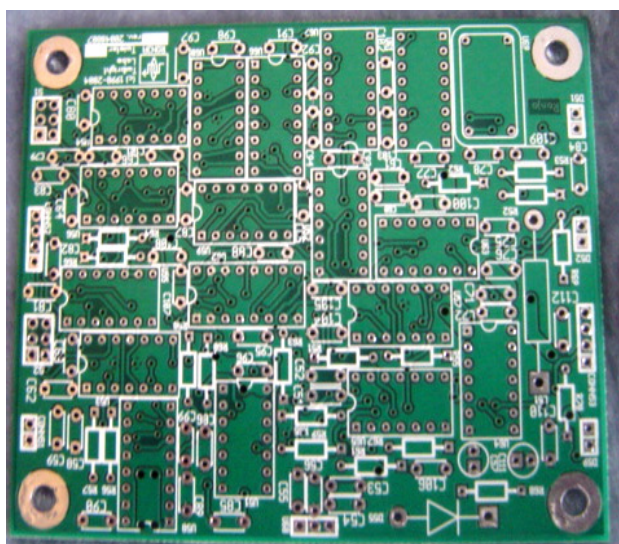
Obr. 49 Koherentné svetlo z vysieláča



Obr. 50 Test RONJE v škole



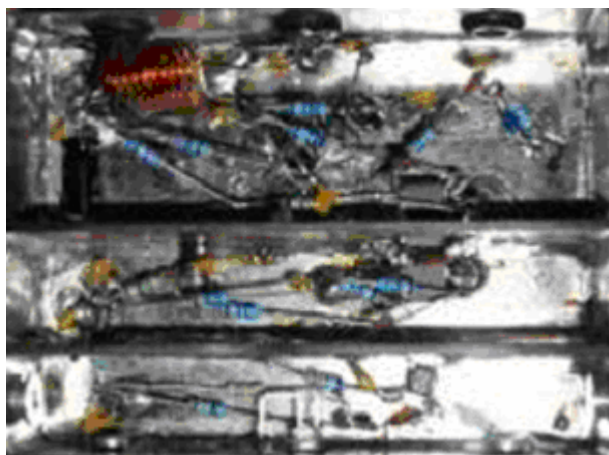
Obr. 51 Rúra na RONJU , plech 0,8mm



Obr. 52 Neosadený plošný spoj twistera



Obr. 53 Osadený plošný spoj twistera v krabičke



Obr. 54 Krabička prijímača s elektronikou



Obr. 55 Krabička vysielača s elektronikou