

KOMUNIKACE MEZI PC POMOCÍ ZVUKOVÉ KARTY

Jiří Šebesta

Ústav radioelektroniky

Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií

Vysoké učení technické v Brně

Purkyňova 118, 612 00 Brno

Email: sebestaj@feec.vutbr.cz

Abstrakt

Obsah příspěvku je věnován možnostem simulace reálného rádiového přenosu dat pomocí zvukové karty ovládané prostředím Matlabu a popisem řešení uživatelského rozhraní pro komunikaci mezi dvěma PC. Uživatel programu má k dispozici několik režimů komunikace, přenos textových souborů, komunikaci mezi klávesnicemi apod., dále je možno využít několik základních typů modulačních technik a různých typů demodulátorů se širokou škálou nastavitelných parametrů. Program umožňuje taktéž grafické hodnocení jednotlivých režimů komunikace a vzájemné porovnávání. Je určen nejen pro výuku v oborech sdělovací techniky, ale i pro výzkumnou činnost a ověřování algoritmů pro vývoj DSP systémů.

Úvod

Přenos datových signálů je fenoménem posledního desetiletí. Obecně lze rozlišit datovou komunikaci po kabelech (metalických či optických) a komunikaci bezdrátovou. Předkládaný program MSCC (*Matlab Sound Card Communicator*), který byl vyvinut v prostředí Matlabu, je určen pro simulaci i reálnou bezdrátovou rádiovou komunikaci. Zvuková karta spolu s algoritmem, který je zpracováván počítačem, jsou analogickými prostředky číslicového zpracování signálů v reálných komunikačních systémech. Přestože jsou možnosti zvukové karty omezené, lze s velmi nízkými finančními náklady modelovat reálné komunikační systémy.

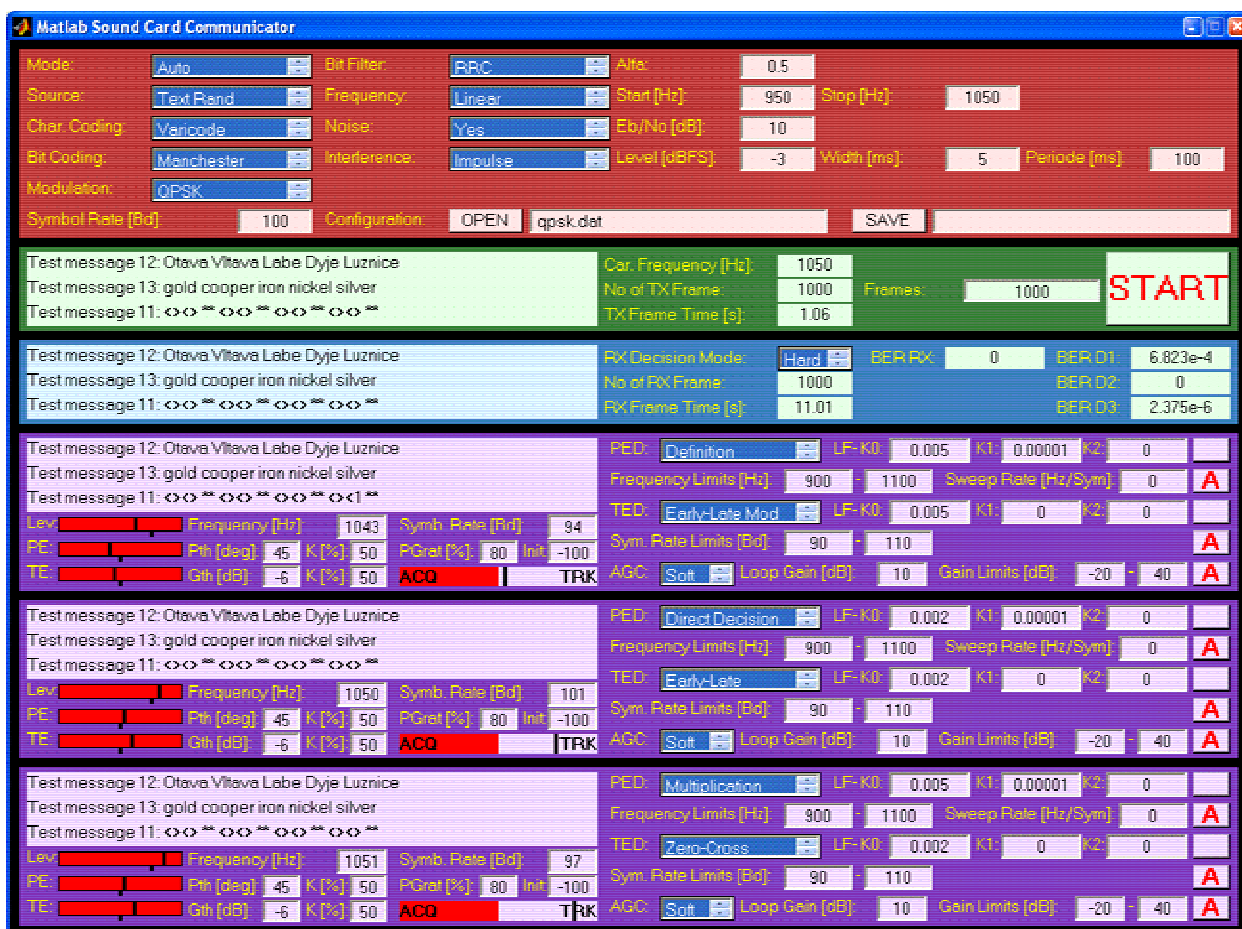
Rádiová komunikace

Obecný model radiokomunikačního řetězce obsahuje zdroj signálu, kodér zdroje, kodér kanálu a modulátor na straně vysílače a na straně přijímače pak demodulátor dekodér kanálu, dekodér zdroje a cíl zdroje. Mezi vysílačem a přijímačem se nachází přenosové médium, rádiový komunikační kanál.

Pro skutečné využití zvukové karty v rádiové komunikaci je třeba nf. signál transformovat do oblasti rádiových kmitočtů. Praktickým řešením je využití transceiveru s modulací SSB. Amplitudová modulace s potlačeným postranním pásmem představuje kýženou translaci signálu, respektive jeho spektra do daného rádiového pásma, SSB demodulace pak z rádiového pásma do oblasti nízkých kmitočtů. Vlastní proces modulace, respektive demodulace, je řešen s nosným kmitočtem v nízkofrekvenční oblasti, kterou lze tedy považovat za mezifrekvenci, zpracovatelnou klasickou zvukovou kartou v PC. Šířka pásma B běžných komerčních SSB transceiverů je okolo 2,2 kHz s dolním mezním kmitočtem 300 Hz a horním okolo 2,5 kHz a je určena pro přenos lidského hlasu v nižší kvalitě, avšak beze ztráty srozumitelnosti. Pokud je šířka pásma modulovaného číslicového signálu menší než šířka pásma SSB transceiveru, lze jej využít i pro přenos dat. Pro některé aplikace je tato šířka dostatečná,

například pro přenos telemetrických dat [1] nebo pro přenos textových zpráv mezi komunikujícími uživateli počítačů (*Keyboard-to-Keyboard Communication*) [2]. Pro větší šířky pásma, splňující podmínky Shannon-Kotělnikova kritéria [3], lze zkonstruovat SSB transceiver s větší požadovanou šířkou pásma. Pro standardní zvukovou kartu cca 20 kHz, pro maximální vzorkovací kmitočet 48 kHz. Dalším základním požadavkem na zvukovou kartu z hlediska využití pro rádiové datové přenosy je dynamické rozsah zpracovávaného signálu. Dynamika běžných zvukových karet odpovídá CD kvalitě, což plně postihuje všechny možné případy rádiové komunikace včetně mnohastavových QAM systémů.

V případě přenosu textových zpráv z klávesnice počítače je potřebná bitová rychlost jen několik desítek b/s (dáno počtem úhozu za minutu), což umožňuje v širší pásma komerčního SSB transceiveru přenášet i několik desítek modulovaných signálů současně. Mezi nejrozšířenější metody této komunikace patří PSK31, kdy jsou znaky kódovány do bitové posloupnosti pomocí Huffmanova kódu *Varicode* a následně modulovány klasickou BPSK nebo QPSK technikou s modulační rychlostí 31,5 Bd [2]. Nosná frekvence se volí nejčastěji v okolí 1 kHz. Starší technikou je například klasická RTTY neboli dálnopis.



Obr. 1. Hlavní okno aplikace MSCC pro ukončení přenosu 1000 náhodných textových rámců v režimu Auto s QPSK modulací, přidávným šumem a impulsním rušením.

Je zřejmé, že detektor 1 vykazuje největší detekční ztrátu, chybovost, v poslední zprávě je patrná chyba při detekci (znak „1“).

Nástin řešení programu v prostředí Matlabu

Volba Matlabu jako vývojového prostředku pro řešení úkolů spojených s datovým přenosem pomocí zvukové karty má některé velmi výhodné atributy. Především se vlastní proces

modulace a demodulace řeší číslicově, což přináší vysokou flexibilitu a možnost vývoje velmi efektivních algoritmů. Druhým významným atributem je jednoduché a přehledné programování aplikací v Matlabu, určených pro konstrukci algoritmů číslicového zpracování signálů jakožto procesu představujícího soubor matematických operací v diskretním čase. Dalšími pozitivy Matlabu je velký rozsah tématických knihoven (*Toolboxes*) a snadná grafická interpretace výsledků a mezivýsledků. Jedinou nevýhodou jsou komplikace při práci se zvukovou kartou. Matlab nabízí knihovnu *Audio*, která obsahuje příslušné funkce přehrávání záznamu *sound* nebo s normalizací *soundsc* a jeho záznam *wavrecord*, avšak ty nelze současně použít. Při volání funkce záznamu *wavrecord* se v parametrech nastaví doba záznamu, resp. vzorkovací frekvence a délka vektoru pořizovaného záznamu. Po tuto dobu nelze vykonávat jiné operace. Komunikace tudíž nemůže být kontinuální. Řešením je zasynchronizování časů obou počítačů, tj. nastavení totožných hodin ve Windows, buďto ručně nebo automaticky ze serveru, a znalost časových oken pro jednotlivé směry komunikace. Pro vlastní demonstraci procesu zpracování signálů však tato nevýhoda není překážkou, neboť i obsluha (student či vývojový pracovník) je schopna obvykle sledovat jen jeden proces (modulaci nebo demodulaci).

Program MSCC je vytvořen ve formě grafického rozhraní. Hlavní okno obsahuje nastavovací prvky (především *listboxy* pro definici režimů činnosti komunikátoru a objekty typu *edit* pro nastavení parametrů). Hlavní okno je rozděleno na šest rámců, rámeček pro základní nastavení módu (modulace, kódování, úroveň přídatného šumu apod.). Druhým je vysílací rámeček, třetí pak přijímací. Zbývající tři rámečky jsou určeny pro nastavení módů a parametrů tří nezávislých detektorů. Detekce téhož signálu více detektory pracující v různých režimech nebo s jinými parametry je přínosem pro nalezení optimálního typu detektoru a optimálních parametrů pro daný signál. Pokud není přenosový časově invariantní, tzn. že se parametry signálu mění (velmi častý jev při rádiové komunikaci), může být v různých časových okamžicích výhodnější jiné typy detektorů. Obecně se jedná o velmi komplikovanou záležitost, zejména z matematického hlediska, a mnohdy lze nalézt přijatelné řešení pouze na základě rozsáhlých simulací.

Detekční diverzita

Současné použití několika detektorů lze zařadit do skupiny tzv. diverzitních metod, zřejmě by se toto řešení mohlo nazývat detekční diverzitou. Základní myšlenkou je fakt, že rádiové signály jsou vždy časově variantní (přenosové médium se neustále mění) a daný způsob detekce s příslušnými parametry vykazuje různou detekční ztrátu, u datových signálů rozdíl mezi dosažitelnou pravděpodobností symbolové chyby P_E a skutečnou chybovostí BER . Cílem procesu detekce je získání co nejvěrnějšího obrazu zdrojové vstupní datové posloupnosti, tedy minimální BER . Při současném použití několika detektorů se je nutno vyhodnotit, který detektor v daném čase provedl detekci signálu správně a který ne. Metodiku hodnocení lze obecně rozdělit na tvrdé vyhodnocení (*hard*) a měkké (*soft*). Při tvrdém hodnocení o konečném stavu daného symbolu rozhoduje četnost možných symbolových prvků na výstupech jednotlivých detektorů. Nejčastěji zastoupený symbol je pak zvolen za výstup. Při měkkém rozhodnutí je brána v úvahu také chyba příslušného výstupního vzorku, jemuž se přiřazuje nejbližší symbolový prvek. V signálovém prostoru je touto chybou euklidovská vzdálenost. Metodika měkkého hodnocení je poměrně rozsáhlá, je závislá na mnoha faktorech (modulace, filtrace apod.) a je spíše námětem pro rozsáhlejší příspěvek. Z hlediska uživatele MSCC nebo matlabovského vývojáře není vhodné se na tomto místě o ní příliš rozepisovat.

Možnosti MSCC

Matlab Sound Card Communicator umožňuje práci ve čtyřech základních módech. V módu *RX*, kdy se pořizuje v příslušný okamžik záznam signálu na vstupu *line* zvukové karty.

Po ukončení záznamu proběhne jeho detekce. V módu *TX* je na základě nastavených parametrů (zdrojová zpráva, kódování, bitová filtrace, modulace, přídavný šum a interferenční rušení) vygenerován signál, který je následně přehrán ve formě zvuku zvukovou kartou. Při konfiguraci jednoho počítače v módu *TX* a druhého *RX* se tedy jedná o jednosměrnou komunikaci. V módu *TX/RX* komunikátor umožňuje komunikaci obousměrnou. V režimu *Auto* se veškerá komunikace odehrává v rámci jednoho počítače, kdy po vygenerování signálu se ihned provádí demodulace. Po demodulaci každého rámce je možnost zobrazit grafické hodnocení detekce (např. rozložení chyby fáze apod. – zatím implementováno v omezené míře). Dalším důležitým parametrem je typ zdroje zprávy. Je možno volit mezi *Telemetry*, *Text File*, *Text Rand* a *Keyboard*. Formát *Telemetry* je definován pro specifický typ telemetrických zpráv podle protokolu AO40t1m [1], v režimu *Text File* je načítán daný textový soubor, v režimu *Text Rand* je generována náhodná textová zpráva z několika možných a režim *Keyboard* umožňuje přenášet zprávy zadané z klávesnice. V režimech, u nichž se používá externí textový nebo telemetrický soubor, lze na straně přijímače počítat chybovost, pokud je na přijímacím PC tentýž soubor k dispozici. Dalšími volbami jsou typ kódování znaků (*ASCII* nebo *Varicode*), bitové kódování (*NRZ*, *Manchester*), zavedení přizpůsobovacích filtrů typu *RRC*, volba modulační techniky (v první verzi *BPSK*, *QPSK*, *8PSK*). Pro studium vlivu Dopplerova jevu a různých přenosových prostředí je možno v průběhu vysílání měnit nosnou frekvenci, buď lineárně, nebo podle definičního souboru, definovat úroveň gaussovského šumu i úroveň a typ rušení (*CW* nebo impulsní). Důležitým výstupem je doba generování signálu a doba jeho detekce. Prakticky se provede generování a detekce jednoho rámce. Na základě zjištěných dob (závisí především na výkonu procesoru) uživatel následně nastaví vhodně okamžiky počátku vysílání a příjmu následujících rámců. Po té již probíhá komunikace ve stanovených časech automaticky.

Detekční algoritmy pracují se společným odhadem fáze a symbolového časování (*Joint Phase and Timing Estimation*) [4] a mezi základní volby patří typ detektoru chyby fáze *PED*, typ detektoru chyby časování *TED* a parametry filtrů smyček. Nedílnou součástí detektorů jsou algoritmy vyhodnocování stavu vyhledávání a sledování.

Na obrázku 1 je prezentováno okno aplikace MSCC po detekci jednoho rámce náhodné zprávy v režimu *auto*. Detektory mimo klasických textových indikátorů obsahují i velmi jednoduché indikátory grafické (indikační měřidla formou lišt - úrovně signálu, chyby fáze, chyby časování a stavu vyhledávání/sledování).

Závěr

Cílem příspěvku bylo nastínit možnosti realizace rádiového komunikačního systému v Matlabu. Jedná se o první verzi univerzálního prostředí pro zkoumání vlivů parametrů signálů a přenosových kanálů na detekci pomocí různých metod. Byla vyzkoušena i reálná rádiová komunikace s SSB transceivery.

Literatura:

- [1] AO40t1m. Amsat Telemetry Format Specifications. URL: www.amsat.org.
- [2] Moe, W. *Slow Rate Data Communication Mode PSK 31*. ARRL 2000.
- [3] Jan, J. *Číslíková filtrace, analýza a restaurace signálů*. VUT v Brně 1997.
- [4] Mengali U., D'Andrea, A. N. *Synchronization Techniques for Digital Receivers*. Plenum Press 1997.

Tento projekt je podporován grantem GA +CR 4. 102/04/0557
„Výzkum prostředků digitální rádiové komunikace“