

MATCHED FILTER

Jiří Lehocký

Bachelor Degree Programme (3), FEEC BUT

E-mail: xlehoc00@stud.feec.vutbr.cz

Supervised by: Vladimír Šebesta

E-mail: sebesta@feec.vutbr.cz

ABSTRACT

Reliable detection of primary signal is the key issue in Cognitive Radio Networks. In this work, the function of the matched filter is examined. The impact of main parameters on the result of the detection is shown. Differences in behaviour of the Barker sequences and some other sequences are presented. Due to their autocorrelation, they can be potentially used as synchronization sequences.

1. ÚVOD

Problematika detekce vyslaného signálu po přenosu rádiovým prostředím provází podstatnou část technických realizací. Ve většině případů jsou signály vlivem přenosové cesty znehodnoceny šumem a zeslabeny, výsledek jejich následného zpracování bývá nekorektní. Úkolem přizpůsobeného filtru, který je součástí přijímače, je spolehlivé rozpoznání vyslaného signálu v přijaté sekvenci. V současnosti se využití této technologie skloňuje v souvislosti se zavedením Přizpůsobivých rádiových sítí (Cognitive Radio Networks), kde by měla sloužit k hledání spektrálních děr [1,3].

2. ROZBOR

Přizpůsobený filtr bývá označován jako optimální detektor [2]. Je to lineární systém, který na aditivním bílém šumem zarušený signál známého časového průběhu a konečného trvání reaguje odezvou, která se v jednom okamžiku vyznačuje maximálním možným poměrem okamžitého výkonu užitečné složky odezvy ke střednímu výkonu rušivé složky odezvy.

2.1. MODEL DETEKCE PŘIZPŮBENÝM FILTREM

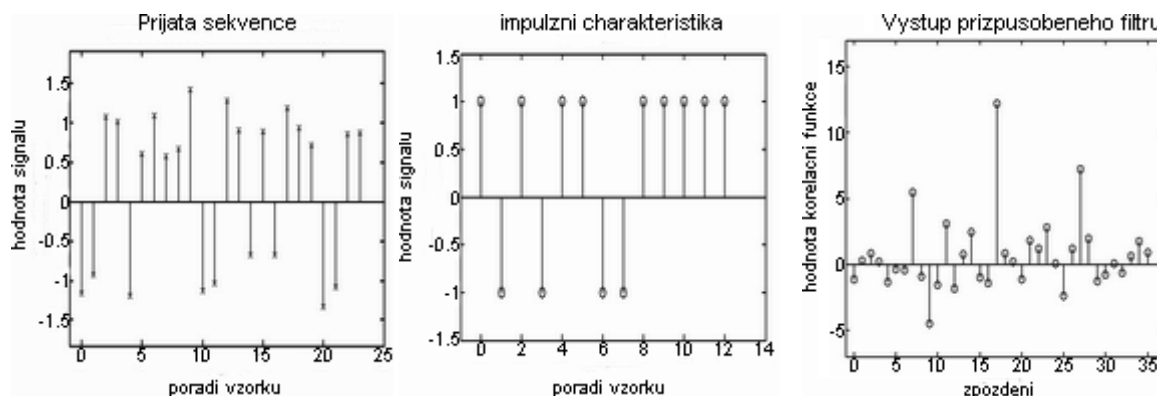
Činnost filtru lze simulovat pomocí vlastního vytvořeného programu. Základními vstupními parametry jsou hledaný binární signál (s) a přijatá sekvence (x). Výstup tohoto zařízení lze určit ze vztahu

$$y(n) = x(n) * s(N-1-n) = \sum_{k=0}^{N-1} x(n-k) \cdot s(N-1-k) \quad (1)$$

Doplňkovými vstupními parametry programu jsou relativní hodnota útlumu přenosové cesty, hodnota prahu detekce a SNR (udávané v decibelech) sloužící ke znehodnocení přijaté-

ho signálu aditivním bílým gausovským šumem (AWGN). Tento typ šumu je při simulacích sdělovacích systémů používán nejčastěji.

Volba prahu detekce je velmi podstatná, při nastavení příliš nízké hodnoty může dojít k falešnému poplachu (chyba 1. druhu), při příliš vysoké hodnotě ke zmeškání signálu (chyba 2. druhu) [3]. Obrázek 1 ukazuje výsledek simulace chování filtru.



Obrázek 1: Zleva: Přijátá sekvence, impulzní charakteristika filtru a výstup filtru při detekci signálu délky 13 v přijaté sekvenci délky 24, SNR = 10 dB, práh detekce roven 10.

2.2. BARKEROVY SEKVENCE

Budeme se zabývat úlohou hledání smluvené binární sekvence vložené do pseudonáhodné binární sekvence. Vliv šumu nebude uvažován. Při použití přizpůsobeného filtru vycházíme z předpokladu, že autokorelační funkce hledaného signálu nabývá mnohem vyšších hodnot, nežli vzájemná korelační funkce signálu s pseudonáhodnou posloupností. Těmto požadavkům vyhovují Barkerovy sekvence [4].

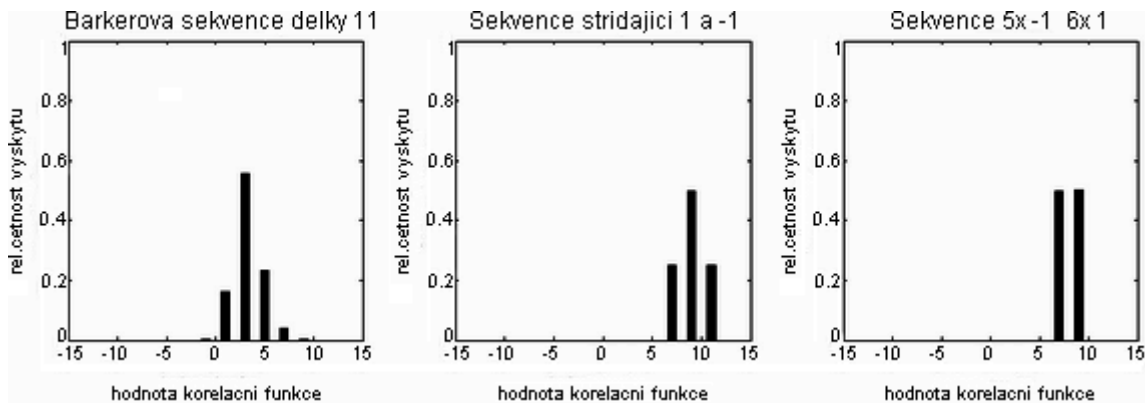
Pomocí modelu bylo otestováno chování filtru při použití Barkerových sekvencí délky 7, 11 a 13 v porovnání s jinými binárními sekvencemi stejných délek ve 2 různých modelových situacích. Pakliže daný signál v přijaté sekvenci není, je rozložení četností hodnot vzájemné korelační funkce mezi hledaným signálem a přijatou sekvencí totožné pro všechny signály stejné délky. Vzájemná korelační funkce nabývá pouze lichých hodnot. Délka zpoždovacího řetězce filtru je rovněž liché číslo a dochází tak k součtu stejného počtu čísel 1 a -1, jako je délka řetězce. Četnost jednotlivé hodnoty lze určit ze vztahu

$$n_i = \binom{d}{k}, \quad (2)$$

kde i označuje hodnotu, jejíž četnost chceme určit, d je délka sekvence a k vyjádříme ze vztahu $2k - d = |i|$.

Pokud se hledaný signál v přijímané sekvenci vyskytuje, dochází v určitém okamžiku k postupnému nasouvání hledaného signálu do zpoždovacího řetězce filtru. Nežli se dostane do řetězce celý signál, mohou se na výstupu filtru objevit hodnoty přesahující zvolený práh (vedlejší maxima), dojde tak k předčasné detekci. Barkerova sekvence délky 7 je ze stejně dlouhých sekvencí nejvýhodnější, nejvyšší vedlejší maximum hodnoty 5 se vyskytuje ve 4,7 % případů. U Barkerovy sekvence délky 11, která je rovněž ze stejně dlouhých sekvencí nejvýhodnější, se nejvyšší vedlejší maximum hodnoty 9 vyskytuje v 0,3 % případů, jak je patrné z Obrázku 2. Barkerovy sekvence délky 11 jsou používány pro testování zařízení firmy Agilent Technologies standardu IEEE 802.11 na rychlostech 1 a 2 Mbit/s

[5]. U Barkerovy sekvence délky 13 dochází v 1 ze 4096 možných případů k situaci, kdy vedlejší maximum dosahuje hodnoty 13. Hledanému signálu je předržena pseudonáhodná sekvence sestávající se z prvních 12 hodnot hledané sekvence. Jelikož hledaná sekvence začíná i končí hodnotou 1, přizpůsobený filtr nepozná rozdíl a předčasně detekuje přítomnost signálu. Nejčastější hodnotou vedlejšího maxima je hodnota 5. Nutno podotknout, že existují sekvence délky 13, u nichž hodnota vedlejšího maxima nedosahuje této hodnoty.



Obrázek 2: Relativní četnosti hodnot vedlejších maxim sekvencí délky 11.

3. ZÁVĚR

Tato práce vyšetřuje chování přizpůsobeného filtru v modelových situacích. Výsledkem je zjištění, že při apriorní znalosti hledaného signálu detektor s vhodně nastaveným prahem rozpozná i signál zeslabený a značně znehodnocený AWGN. Bylo dokázáno, že pravděpodobnost výskytu chyby 1. druhu při detekci závisí pouze na prahové hodnotě a délce hledané binární sekvence. Dále je možné konstatovat, že Barkerovy sekvence délky 7 a 11 díky svým vlastnostem minimalizují výskyt chyby 2. druhu, lze je tedy s výhodou k detekci použít. Výborné vlastnosti autokorelační funkce Barkerovy sekvence délky 13 jsou degradovány možnou předčasnou detekcí signálu.

LITERATURA

- [1] ZHENG, K., LI, H., DJOUADI, S. M., WANG, J. Spectrum Sensing in Low SNR Regime via Stochastic Resonance [online]. arxiv.org : Cornell University Library, 2009 -[cit. 2010-2-24].
Dostupné z : <http://arxiv.org/PS_cache/arxiv/pdf/0906/0906.0739v1.pdf>
- [2] CABRIC, D., MISHRA, S.M., BRODERSEN, R.W. Implementation issues in spectrum sensing for cognitive radios *In Record of the Thirty-Eighth Asilomar Conference on Signals, Systems and Computers*, 2004. vol.1, p. 772-776.
- [3] QUAN, Z., et al. Collaborative Wideband Sensing for Cognitive Radios. *IEEE Signal Processing Magazine*. 2008, vol. 25, no. 6, p. 60-73.
- [4] HANUS, S. Bezdrátové a mobilní komunikace. Skripta FEKT VUT v Brně. Brno, 2005, 134 s.
- [5] RF Testing of WLAN Products. [online]. Agilent Technologies - [cit. 2010-2-26].
Dostupné z : <<http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-3762EN.pdf>>.