

ANALISIS DAN SIMULASI SPECTRUM SENSING MENGGUNAKAN HIGH ORDER STATISTICAL ANALYSIS DENGAN METODE EKSTRAKSI CIRI BICOHERENCE

Analysis and Simulation of Spectrum Sensing Using High Order Statistical Analysis with Bicoherence Feature Extraction

Clay Creezelly Andre Talakua¹, Kris Sujatmoko², Afief Dias Pambudi³

^{1,2,3}Prodi S1 Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik, Universitas Telkom

¹andreclav@students.telkomuniversity.ac.id, ²krs@telkomuniversity.ac.id, ³afb@telkomuniversity.ac.id

ABSTRAK

Spektrum frekuensi merupakan sumber daya terbatas. Pemborosan spektrum frekuensi merupakan sebuah problema meskipun sudah regulasi telah ditetapkan untuk memaksimalkan pemanfaatan spektrum frekuensi. *Cognitive radio* merupakan sistem komunikasi cerdas yang mampu memaksimalkan penggunaan spektrum frekuensi. *Spectrum sensing* yang ada pada *cognitive radio* memungkinkan untuk mendeteksi aktivitas *primary user* sebagai sumber daya yang dapat dieksploitasi oleh *secondary user*.

Penerapan *High Order Statistical Analysis* memungkinkan untuk digunakan pada *spectrum sensing*. *Bicoherence* akan digunakan sebagai metode ekstraksi ciri untuk mengkalkulasi dan pemetaan spektrum frekuensi. Kelebihan dari *High Order Statistics* dan *bicoherence* untuk *spectrum sensing* adalah kemampuannya untuk menekan *Gaussian noise* pada lingkungan dengan *signal-to-noise ratio* rendah.

Hasil keluaran sistem mampu menunjukkan aktivitas frekuensi *primary user*. Kemampuan sistem untuk mendeteksi sinyal *primary user* diwakili oleh *Probability Detection*. Nilai *Probability detection* ≥ 0.9 pada sistem diperoleh mulai dari SNR 0 dB hingga pada SNR -12 dB. Nilai tersebut semakin mengecil seiring bertambah rendahnya nilai SNR.

Kata kunci : *Spectrum sensing, high order statistical analysis, bicoherence*

ABSTRACT

Frequency spectrum is a limited resource. Waste of frequency spectrum usage is a problem even though there has been some regulations established to maximize the utilization of the frequency spectrum. *Cognitive radio* is an intelligent communication system that is able to maximize the use of the frequency spectrum. *Spectrum sensing* in *cognitive radio* enables to detect the *primary user* activity as a resource that can be exploited by the *secondary users*.

Application of *High Order Statistical Analysis* allows it to use the *spectrum sensing*. *Bicoherence* be used as a feature extraction method for calculating and mapping of the frequency spectrum. The advantage of *High Order Statistics* and *bicoherence* for *spectrum sensing* is its ability to suppress *Gaussian noise* in the environment with high *signal-to-noise ratio* is low.

The output of the system is able to show the user the *primary frequency* activity. The ability of the system to detect the *primary user* signal is represented by *Detection Probability*. *Probability values* ≥ 0.9 on the system detection is obtained from the SNR of 0 dB to -12 dB in SNR. Is much smaller value increases as the low value of the SNR.

Keywords : *Spectrum sensing, high order statistical analysis, bicoherence*

1. Pendahuluan

Cognitive radio mampu mendeteksi spektrum frekuensi milik pengguna terdaftar atau yang disebut *primary user* yang sedang tidak digunakan sehingga bisa dimanfaatkan oleh pengguna tidak terdaftar atau disebut dengan *secondary user*, dengan demikian *secondary user* mampu berkomunikasi melalui spektrum frekuensi *primary user* tanpa mengganggu *primary user* dalam menggunakan spektrum frekuensinya sendiri.

Spectrum sensing, yang merupakan tahap paling awal dan paling krusial, memungkinkan *cognitive radio* untuk mendeteksi aktivitas *primary user*. Kesalahan dalam komputasi parameter deteksi pada *spectrum sensing* dapat mengakibatkan interferensi pada *primary user* dan atau kekeliruan dalam membaca aktivitas *primary user* sehingga *secondary user* tidak bisa berkomunikasi.

Pada penelitian sebelumnya telah dilakukan *spectrum sensing* dengan metode *energy detection* yang ditambahkan dengan HOSA fitur *bispectrum*^[2]. Dengan waktu komputasi yang cukup singkat, *energy detection* masih memiliki kelamahan yaitu tingkat akurasi relatif rendah. Pada penelitian ini dilakukan percobaan lebih lanjut menggunakan metode *High Order Statistical Analysis* dengan fitur *bicoherence*.

2. Perancangan Sistem

2.1. Pembangkitan Sinyal

Sinyal *multisine* merupakan bentuk sinyal yang akan dibangkitkan pada tugas akhir ini. Sinyal tersebut terdiri dari *N tones* dengan frekuensi awal F_1 100 MHz dan $BW = 8\text{MHz}$, dengan begitu, total keseluruhan *bandwidth*-nya menjadi 56 MHz. Sinyal dibangkitkan menggunakan rumus:

$$g(t) = \sum_{k=1}^8 10 \cos(2\pi t(100 + 8(k-1)).10^6) \tag{1}$$

2.2. AWGN

Noise yang ditambahkan kedalam sistem pada tugas akhir ini adalah jenis *AWGN*. *AWGN* adalah pengganggu yang alami terdapat di setiap kanal propagasi yang mempunyai karakteristik respon frekuensi yang sama (*flat*) disepanjang frekuensi dan varian tertentu.

Proses penambahan *AWGN* dilakukan dengan menggunakan *function* ‘*awgn*’ dari program *MATLAB*, dengan data masukan berupa sinyal yang digunakan dan level *SNR* yang diinginkan.

2.3. Power Spectral Density

Power Spectral Density (*PSD*) merupakan representasi daya sinyal, yang dinyatakan dalam satuan *dB* pada domain frekuensi. Pada tugas akhir ini sinyal yang belum diberi *noise* akan dianggap sebagai sinyal pada sisi *transmitter* dan sinyal yang telah diberi *noise* akan dianggap sebagai sisi *receiver*.

Proses untuk memperoleh nilai *PSD* pada tugas akhir ini diperoleh dengan cara melakukan *Fast Fourier Transform* (*FFT*) pada sinyal yang akan dideteksi. Penggunaan *FFT* ini juga dilakukan untuk keperluan sinkronisasi matriks sinyal dengan sistem yang akan digunakan. Nantinya, setelah proses *FFT* dilakukan dan ditampilkan melalui grafik batang, akan terbaca level daya pada frekuensi *multisine* yang dibangkitkan, garis grafik batang tambahan yang diasumsikan sebagai *noise*.

$$X(\omega) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x(k)e^{-j\omega k} \tag{2}$$

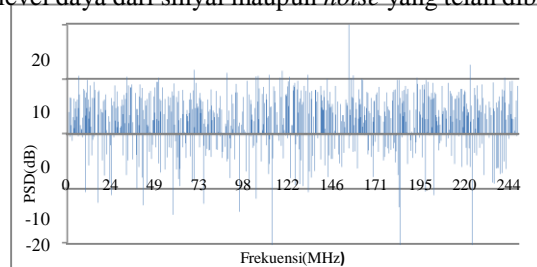
maka nilai *PSD*:

$$P(\omega) = X(\omega) \cdot X^*(\omega) \tag{3}$$

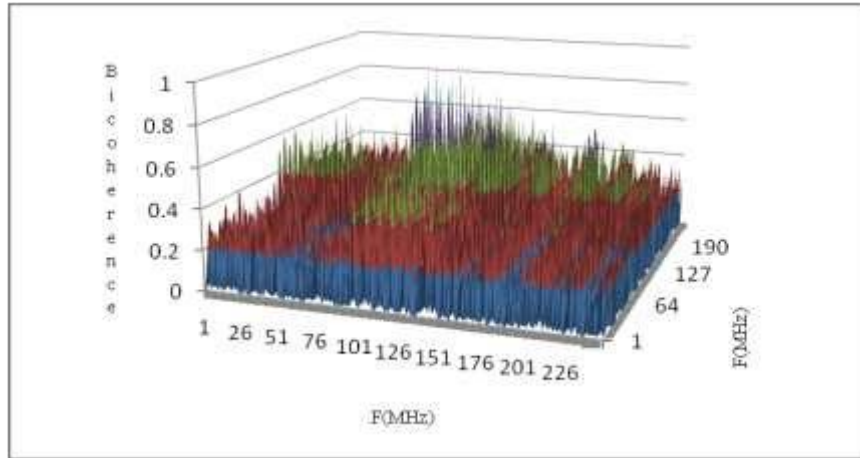
dimana * merupakan nilai konjugasi dari $X(\omega)$

Pada Tugas akhir ini, nilai *PSD* dari sinyal yang dibangkitkan ditentukan menggunakan *Fast Fourier Transform* (*FFT*). Proses *FFT* akan menggunakan *function* ‘*fft*’ pada *MATLAB*.

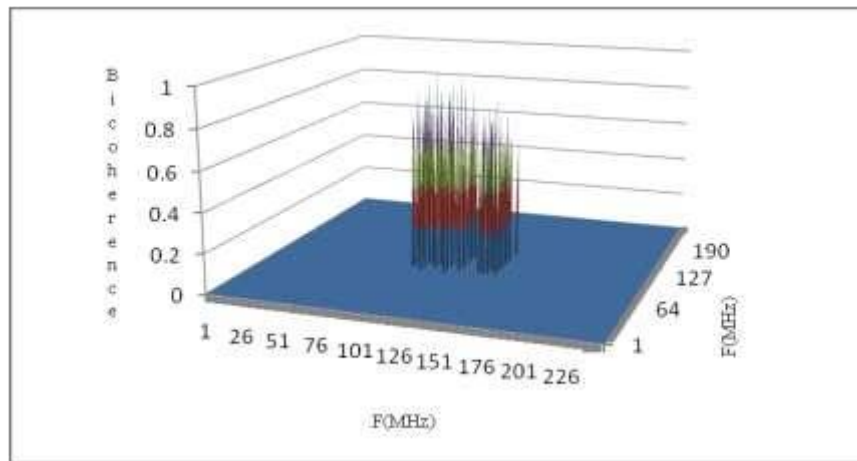
Dari hasil *FFT* akan ditampilkan keluaran *PSD* berupa grafik dari sinyal *multisine* yang telah dibangkitkan. Dari grafik tersebut dapat ditentukan level daya dari sinyal maupun *noise* yang telah dibangkitkan.



Gambar 1. PSD Sinyal Observasi pada $SNR = -6\text{dB}$



Gambar 2. Hasil Komputasi *Bicoherence*



Gambar 3. hasil *Bicoherence* setelah *threshold*

2.4. Bicoherence

Jika *Fourier Transform* dari *cumulant* orde kedua merupakan *Power Spectrum*, *Bicoherence* merupakan *Fourier Transform* dari *cumulant* orde ketiga. *Bicoherence* masuk dalam kategori *Higher Order Spectra*. Orde ketiga dari *Higher Order Spectra* merupakan kumputasi yang paling mudah sehingga paling banyak digunakan.

Adapun langkah-langkah dalam menghitung nilai *bicoherence* sebagai berikut :^[5]

1. Dimiliki sebuah set data signal $y(t)= y(1), y(2), \dots, y(n)$.
2. Transformasikan data tersebut menggunakan *Fast Fourier Transform* (FFT) sehingga didapat $Y(f)=Y(1), Y(2), \dots, Y(N)$.
3. Data tersebut disegmentasi menjadi K segmen sehingga setiap segmen terdapat M *sample*. Maka didapat $N = M \times K$.
4. Hitung nilai rata-rata dari tiap segmen.
5. Hitung nilai estimasi *bicoherence*, dengan^[4]:

$$b(f_1, f_2) = \frac{\left| \sum_n F_n(f_1)F_n(f_2)F_n^*(f_1 + f_2) \right|}{\sum_n \left| F_n(f_1)F_n(f_2)F_n^*(f_1 + f_2) \right|} \tag{4}$$

Dimana $F_n(f_1)$ menyatakan nilai PSD frekuensi f_1 , $F_n(f_2)$ menyatakan nilai PSD frekuensi f_2 , dan $F_n^*(f_1 + f_2)$ menyatakan nilai konjugasi dari total nilai PSD frekuensi f_1 dan f_2 .

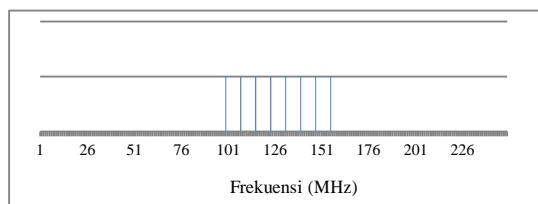
2.5. Threshold

Setelah mendapat nilai *Bicoherence*, langkah selanjutnya adalah mengikis nilai-nilai yang dianggap *noise*. Yang pertama adalah menghilangkan nilai $Bic(n) > 1$. Hal ini dikarenakan nilai *Bicoherence* yang normal berada pada rentang 0 sampai 1. Apabila nilainya diatas 1 nilai tersebut maka dianggap *noise*.

Berikutnya adalah menghilangkan nilai *bicoherence* yang lebih kecil dari 0.65 nilai *Bicoherence*. Nilai ini cukup mempengaruhi keluaran *bicoherence*. Apabila nilai ini terlalu kecil maka banyak *noise* yang terbaca sebagai *user*. Sedangkan bila nilai ini terlalu besar, maka *user* dapat terbaca sebagai *noise*. Nilai 0.65 yang dipilih merupakan nilai yang dapat memberikan hasil deteksi yang paling baik.

3. Hasil Simulasi dan Analisis

Dari hasil simulasi, diketahui bahwa setiap SNR akan memberikan keluaran yang berbeda-beda. Semakin tinggi level *noise* pada sinyal observasi, akan semakin sulit bagi sistem untuk menghasilkan keluaran yang akurat.



Gambar 4. Hasil Sensing pada SNR = -6dB

Tabel 1. Nilai *Probability Detection* sistem pada SNR -20 dB s/d 0 dB

SNR	<i>Probability Detection</i>	SNR	<i>Probability Detection</i>
0	0.9987	-12	0.9221
-2	0.9976	-14	0.8622
-4	0.9961	-16	0.8179
-6	0.9949	-18	0.7665
-8	0.9862	-20	0.7012
-10	0.9581		

Setelah semua simulasi yang telah dilakukan, saatnya mengukur kinerja dari sistem *spectrum sensing*. Untuk mengukur tingkat akurasi sistem, ditentukan dari nilai *probability detection*.

Pada Tabel 1 dapat dilihat besaran PD yang didapat. Dapat dilihat hingga SNR -8dB, PD sistem masih berada pada nilai lebih dari 0.96. Dengan mengacu pada IEEE 802.22, PD yang baik itu berada pada level $PD > 0.9$. Mengacu pada aturan ini, maka dapat dikatakan sistem ini akan berjalan dengan akurat sampai dengan SNR = -12 dB.

4. Kesimpulan

Berdasarkan simulasi serta analisis yang telah dijelaskan sebelumnya, maka kesimpulan yang dapat diambil adalah akurasi sistem *spectrum sensing* pada SNR -12 dB hingga 0 dB terbilang baik karena nilai *probability detection* ≥ 0.9 dan nilai *probability false alarm* ≤ 0.1 . Sedangkan, untuk SNR < -12 dB sistem mengalami penurunan tingkat akurasi dimana nilai *probability detection* < 0.9 dan nilai *probability false alarm* > 0.1 sehingga walaupun sistem masih dapat diaplikasikan namun keluarannya kurang *reliable*.

Daftar Pustaka

[1] Carvalho, Nuno B. et al. (2008). *Application Notes: Multisine Signals for Wireless System Test and Design*. IEEE Microwave Magazine

[2] Kumala, Sri Valentina. 2014. *Simulasi dan Analisis Spectrum Sensing Menggunakan Metode Energy Detection Berdasarkan High Order Statistical Analysis Fitur Bispectrum*. Bandung: Universitas Telkom

- [3] Hagihira, S., Takashina, M., Mori, T., Mashimo, T., & Yoshiya, I. (2001). Practical Issues in Bispectral Analysis of Electroencephalographic Signals. *Anesthesia & Analgesia*, 93(4), 966-970.
- [4] M. Sherman, A.N. Mody, R. Martinez, C. Rodriguez, dan R. Reddy. (2008). *IEEE Standards Supporting Cognitive Radio and Networks, Dynamic Spectrum Access, and Coexistence*. IEEE Communications Magazine, vol.46, no. 7, pp. 72-79, Jul. 2008
- [5] Nikias, Chrysostomos L, dan Jerry M Mendel. (1993). Signal Processings with Higher Order Spectra. *IEEE Signal Processing Magazine*
- [6] Wyglinski, Alexander M, dkk.(2009). *Cognitive Radio Communications and Networks*. Massachusets: Academic Press
- [7] Xu, Fangmin, dkk.(2009). *Accurate Blind Spectrum Sensing Based on High Order Statistical Analysis in Cognitive Radio System*. Proceedings of ICCTA 2009 of IEEE