

# DESAIN DAN ANALISIS SISTEM DYNAMIC SPECTRUM MANAGEMENT PADA TRANSFORM-DOMAIN COMMUNICATION SYSTEM (TDCS) UNTUK APLIKASI COGNITIVE RADIO (CR) (DESIGN AND ANALYSIS DYNAMIC SPECTRUM MANAGEMENT SYSTEM ON TRANSFORM-DOMAIN COMMUNICATION SYSTEM (TDCS) FOR COGNIT

Ade Andryani<sup>1</sup>, -<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Teknik Telekomunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

## Abstrak

Pada awalnya sistem komunikasi menggunakan prosedur yang dirumuskan pada tahun 1920, yaitu band frekuensi yang berbeda diberikan untuk user atau penyedia layanan yang berbeda pula. Namun, pada kenyataannya sangat sedikit sekali band yang benar-benar digunakan. Pada tugas akhir ini dirumuskan desain sistem dan algoritma DSM untuk ditambahkan pada sistem TDCS fundamen, hal tersebut dilakukan agar sistem TDCS dapat memenuhi kriteria ketiga dari cognitive radio yaitu dynamic spectrum management. Adapun target output dari tugas akhir ini adalah terbangunnya blok DSM (pada sistem TDCS fundamen) yang mampu melakukan fungsi adaptif dengan metode adaptive channel allocation.

Pada simulasi, DSM bertindak sebagai decision maker untuk memilih kanal transmisi. Setelah menerima sorted data base kanal, DSM memilih kanal dengan level SINR tertinggi (diatas th 8 dB). Untuk menjaga kondisi SINR kanal, maka pada blok ini dilibatkan blok ATPC. Jika SINR < th 8 dB maka ATPC akan menaikkan daya, deltaP (1dB). Jika pada periode waktu tertentu, ATPC tidak mampu lagi mempertahankan kondisi SINR kanal, maka secara otomatis (adaptive) sistem DSM harus memilih kanal lain (setelah dilakukan update kondisi SINR), untuk melanjutkan proses transmit. Untuk setiap kanal terpilih dilakukan proses notching.

Dalam simulasi kerja DSM dilakukan untuk 11 user maksimal per kanal. Terjadi dua kali pindah kanal yaitu pada detik ke-20 yang semula proses transmit dilakukan pada kanal 22 ke kanal 31 (dimana level SINR kanal 22 turun dari 8.5003 dB menjadi 7.519 dB) dan detik ke-100 dari kanal 31 ke kanal 38 (SINR kanal 31 turun dari 10.967 dB ke 7.8934 dB).

Berdasarkan hasil simulasi dapat disimpulkan bahwa probabilitas pindah kanal akan berbanding lurus dengan penambahan jumlah user maksimal per kanal. Semakin banyak jumlah user per kanal, maka semakin besar probabilitas pindah kanalnya. Dan proses pindah kanal tersebut dimaksudkan untuk mengoptimalkan proses transmit yang dilakukan secara otonom pada TDCS dengan meng-attach pada kanal yang level SINRnya selalu berada diatas th 8 dB.

Kata Kunci : DSM, TDCS, CR, frekuensi, interferensi



Telkom  
University

#### Abstract

1920's procedure has formulated that spectrum is allocated in bands (owned) by users due to technical differences. But in fact very few bands are really used at a given time and at a given place. In this final project has formulated algorithm and system design of DSM that will be added on fundamental TDCS system, this formulation was done to make TDCS system can fulfill the third criterion of cognitive radio, dynamic spectrum management. The target of this final project is constructed DSM block (on fundamental TDCS system) which can do adaptive function by adaptive channel allocation method.

On simulation, DSM was being a decision maker to choose transmit channel. First, DSM receiving sorted channel database, then DSM choosing channel which has highest SINR level (up to th 8 dB). To guarding SINR channel condition, this block using ATPC block. If  $SINR < th$  8 dB, ATPC will add power,  $\Delta P$  (1dB). If ATPC can not guard SINR channel condition anymore on particular period, automatically (adaptively) DSM system will choose another channel (after updating SINR condition), for continuing transmit process. For each chosen channel will notching.

DSM was simulated for 11 users per channel. There was two times channel movement, on 20th second transmit process has attached in 22nd channel and then moved to 31st channel (SINR level decrease from 8.5003 dB to 7.519 dB) and on 100th second from 31st channel moved to 38th channel (SINR decrease from 10.967 dB to 7.8934 dB).

Based on simulation result conclude that probability of channel movement will be inline with the increasing of maximum user per channel. More user per channel, it will be more channel movement probabilities. And those channel movement is used to optimize transmit process which been done autonomy on TDCS with attaching on channel with SINR level always up to th 8 dB.

Keywords : DSM, TDCS, CR, frequency, interference

---

## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Latar Belakang

Spektrum adalah sumber daya alam sama seperti air dan energi, dan harus dibagi sama seperti sumber daya alam lainnya. Spektrum dapat digunakan kembali (*reuse*) hampir tidak menentu seperti penambahan jumlah base stations dan juga biaya infrastruktur. Federal Communications Commission (FCC) menyatakan bahwa akses band frekuensi merupakan permasalahan yang lebih berarti dibandingkan dengan kelangkaan spektrum secara fisik. Dikatakan demikian karena pada awalnya sistem menggunakan prosedur yang dirumuskan pada tahun 1920, yaitu band frekuensi yang berbeda diberikan untuk user atau penyedia layanan yang berbeda pula, dan dibutuhkan lisensi untuk beroperasi dengan band tersebut. Pada saat ini lebih ekonomis memakai banyak spektrum dibandingkan meningkatkan densitas jaringan. Namun, pada kenyataannya sangat sedikit sekali band yang benar-benar digunakan pada waktu dan tempat yang telah ditentukan.[1]

Guna memanfaatkan spektrum yang tidak terpakai secara efisien dalam lingkungan yang selalu berubah secara dinamis, diinginkan sistem komunikasi yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat dan juga meminimalisasi atau setidaknya mengatur interferensi. Salah satu teknologi yang diusulkan adalah *cognitive radio* (CR). Ide dasar dari CR diperkenalkan dalam thesis Mitola dengan judul "*Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio*". Sebagaimana dinyatakan di dalamnya bahwa kriteria dari *cognitive radio* adalah: [2]

1. Memiliki kemampuan dalam menganalisis kondisi lingkungan radio;
2. Memiliki kemampuan dalam identifikasi kanal;
3. *Automatic Transmit Power Control* dan *Dynamic Spectrum Management*.

*Dynamic Spektrum Management* (DSM) memungkinkan alokasi spektrum secara adaptif untuk menemukan perhitungan performansi yang pasti.

Ide dasar dari *Transform-Domain Communication System* (TDCS) adalah memadukan *smart adaptive waveform* untuk menghindari interferensi pada transmitter sebagai pengganti dari mengurangi interferensi pada receiver. Pada 1988

German mengajukan sistem yang menggunakan *spectral information* untuk memodifikasi *waveform direct sequence spread spectrum* (DS-SS) untuk menghindari *jammed frequencies*. Kemudian pada 1991 Andren dari Harris Corporation mempatenkan konsep sistem komunikasi *low probability of intercept* (LPI) untuk menyembunyikan noise pada sinyal transmisi menggunakan pengolahan sinyal domain transform. *Air Force Research Laboratory* (AFRL) dan *Air Force Institute of Technology* (AFIT) mengadopsi kerangka milik Andren untuk sampling lingkungan dan waveform, dan juga mengadopsi pengolahan sinyal transmisi German. Filtering time-domain konvensional dan perhitungan deteksi *maximum likelihood* (ML) digunakan pada receiver.

Fungsi implementasi TDCS diantaranya sampling lingkungan, *spectral estimation*, *thresholding*, *notching*, *phase generation*, *phase mapping*, dan *inverse transformation* untuk mendapatkan *fundamental modulation waveform* (FMW) domain waktu. Sistem TDCS terdiri atas pembentukan sinyal dan transmisi, diawali dengan sampling lingkungan dan estimasi spektral. Hingga didapatkan daerah spektral yang bebas interferensi, kemudian FMW  $b(t)$  dibentuk, disimpan, dimodulasi data dan ditransmisikan. Dengan sistem kerja tersebut telah menjadikan TDCS sebagai salah satu kandidat untuk dapat digunakan pada aplikasi *cognitive radio*.

## 1.2 Permasalahan

### 1.2.1 Perumusan Masalah

Adapun permasalahan yang akan dikaji pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mendesain sistem dan/atau algoritma *Dynamic Spectrum Management* pada *Transform-Domain Communication System* (TDCS);
2. Mendesain model simulasi sistem *Dynamic Spectrum Management* pada *Transform-Domain Communication System* (TDCS);
3. Mensimulasikan model simulasi;
4. Menganalisis sistem dan kinerja hasil simulasi.

### 1.2.2 Pembatasan Masalah

Pada tugas akhir ini akan dibatasi pada masalah-masalah sebagai berikut:

1. Model didasarkan pada sistem atau rangkaian TDCS yang tersedia.
2. Spektrum frekuensi yang digunakan dari 1-5 Ghz dengan alokasi 100 Mhz per kanal tanpa *guard band*.
3. Fokus pengamatan pada blok *Dynamic Spectrum Management* (DSM).
4. Blok *Radio Scene Analysis* (RSA) menggunakan simulasi yang telah dilakukan pada penelitian sebelumnya yang merupakan input blok DSM.
5. Model kanal yang digunakan dalam simulasi adalah kanal AWGN saja.
6. Perancangan simulasi dengan menggunakan program Matlab 7.

### 1.3 Tujuan

Mendesain dan menganalisis sistem *Dynamic Spectrum Management* pada rangkaian *Transform-Domain Communication System* (TDCS) untuk aplikasi *Cognitive Radio* (CR).

### 1.4 Metode Penelitian

Metode penelitian yang akan digunakan untuk memecahkan permasalahan pada tugas akhir ini adalah:

1. Studi literatur  
Pada tahap ini dilakukan pendalaman pemahaman tentang konsep dan teori melalui pustaka-pustaka yang berkaitan dengan penelitian baik berupa buku maupun jurnal ilmiah;
2. Pemodelan dan Simulasi  
Pada tahap ini akan dilakukan desain model dan disusun kemudian disimulasikan dengan menggunakan program MATLAB v7 untuk mendapatkan data-data yang berguna bagi kajian penelitian;
3. Melakukan analisis secara kualitatif dan kuantitatif untuk menguji kemampuan sistem;
4. Diskusi atau konsultasi kepada pihak-pihak yang berkompeten guna menganalisis *Dynamic Spectrum Management* pada rangkaian *Transform-Domain Communication System* (TDCS) untuk aplikasi *Cognitive Radio* (CR).

## 1.5 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah :

### **BAB 1 PENDAHULUAN**

Pada bab ini dibahas mengenai latar belakang permasalahan, perumusan masalah, batasan masalah, tujuan penulisan, metode penyelesaian masalah serta sistematika penulisan pada tugas akhir ini.

### **BAB 2 DASAR TEORI**

Pada bab ini akan dibahas tentang konsep dasar cognitive radio dan fungsi utamanya sehingga suatu teknologi dapat diaplikasikan dalam CR.

### **BAB 3 DESAIN SIMULASI**

Pada bab ini berisi proses pemodelan dan desain simulasi sistem dari diagram blok sistem dengan menggunakan fasilitas software pemrograman matlab v7.

### **BAB 4 ANALISIS SISTEM DAN KINERJA HASIL SIMULASI**

Pada bab ini akan diuraikan hasil simulasi sistem *Dynamic Spectrum Management* pada TDCS terhadap kriteria CR, baik secara kualitatif dan kuantitatif. Proses analisis dilakukan terhadap parameter-parameter kinerja sistem yang diamati.

### **BAB 5 PENUTUP**

Bab ini berisikan kesimpulan hasil perencanaan tugas akhir ini dan saran dan rekomendasi yang dapat digunakan untuk pengembangan lebih lanjut dari tugas akhir ini.

## BAB 5

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

1. Pada penelitian ini telah dilakukan desain sistem *dynamic spectrum management* pada TDCS yaitu menerapkan etika dari *adaptive channel allocation*, yaitu mengalokasikan kanal secara adaptif. Dengan demikian, simpulan pertama bahwa TDCS dapat memenuhi kriteria *cognitive radio* yang ketiga yaitu manajemen spektrum secara dinamis.
2. Probabilitas pindah kanal tersebut akan berbanding lurus dengan penambahan jumlah user maksimal per kanal. Semakin banyak jumlah user per kanal, maka semakin besar probabilitas pindah kanalnya. Pada tugas akhir ini, DSM disimulasikan untuk 11 user maksimal per kanal. Terjadi dua kali pindah kanal yaitu pada detik ke-20 yang semula proses transmit dilakukan pada kanal 22 ke kanal 31 (dimana level SINR kanal 22 turun dari 8.5003 dB menjadi 7.519 dB) dan detik ke-100 dari kanal 31 ke kanal 38 (SINR kanal 31 turun dari 10.967 dB ke 7.8934 dB).
3. Probabilitas kenaikan level SINR akan berbanding lurus dengan peningkatan kualitas sinyal yang diterima (dilihat dari nilai BER-nya). Pada tugas akhir ini, dibandingkan jumlah user maksimal per kanal yaitu 2, 8 dan 32 user. Untuk level SINR 0-18dB, pada  $N_{max}=2$ , BER turun dari level 0.02141 ke 0, pada  $N_{max}=8$ , BER turun dari level 0.33189 ke 0.00006. Sedangkan pada  $N_{max}=32$ , BER turun dari level 0.46623 ke 0.15977.
4. Probabilitas kenaikan jumlah user maksimal per kanal akan berbanding terbalik dengan peningkatan kualitas sinyal yang diterima. Pada tugas akhir ini, dibandingkan untuk 1,2,4,8,16 dan 32 user. Untuk 1 user, BER-nya bernilai  $5 \times 10^{-5}$ . 2 user, BER-nya bernilai 0.00011. 4 user, BER-nya bernilai 0.00144. Untuk 8 user, BER-nya bernilai 0.08183. 16 user, BER-nya bernilai 0.25569. Sedangkan untuk 32 user, BER-nya naik menyentuh nilai 0.39075.
5. *Cognitive radio* terbukti mampu memenuhi tantangan dalam kondisi kanal AWGN, untuk dapat menjadi sistem komunikasi yang dapat beradaptasi dengan kondisi lingkungan yang berubah dengan cepat dan juga

meminimalisasi terjadinya interferensi (*interference-avoidance*), yang pada penelitian ini dibuktikan dengan melakukan proses pemilihan kanal transmisi secara adaptif.

## 5.2 Saran

1. Diharapkan adanya pengintegrasian antara sistem RSA dan Identifikasi kanal (merupakan input sistem DSM) dengan sistem DSM itu sendiri serta sistem ATPC-nya, sehingga diharapkan dapat menjadi satuan sistem komunikasi yang handal dalam memanfaatkan spektrum yang tersedia.
2. Diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai performansi sistem DSM terhadap kanal lainnya, sebagai contoh kanal Rayleigh.
3. Diharapkan adanya pembahasan tentang akuisisi dan tracking pada TDCS.
4. Diharapkan adanya penelitian tentang penambahan blok *interference cancellation* pada TDCS baik untuk *co-channel interference* maupun *adjacent interference*.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Cengiz EVCI, 2004, "Recent Advances in Spectrum Management Practice and Concept," Paris, ALCATEL Mobile Communications Group/MRD
- [2] Chajravarthy Vasu, dkk, 2005, "A brief tutorial: TDCS, OFDM, and MC-CDMA," IEEE Radio Communication
- [3] Cioffi, J., dkk, 2001, "Channel Identification with Dynamic Spectrum Management," Stanford University
- [4] Febrian, Adityas. 2006, "Desain dan Simulasi RSA dan Identifikasi Kanal pada TDCS untuk Aplikasi Cognitive Radio," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung
- [5] M. J. Lee, 2001, "Wavelet Domain Communication System (WDCS): Packet-Based Wavelet Spectral Estimation and M-ARY Signaling," Masters' thesis, AFIT/GE/ENG/02M-14, Air Force Inst. Tech.
- [6] Manungun, Hasudungan., dkk, 1999, "Diktat kuliah Sistem Linear." Jurusan Teknik Elektro STT Telkom, Bandung
- [7] Mitola Joseph, 1999, "Cognitive Radio: Licentiate thesis," KTH, Swedia
- [8] Mitola Joseph, 2000, "Cognitive Radio: An Integrated Agent Architecture for Software Defined Radio," Swedia
- [9] Nie, Nie and Cristina Comaniciu, 2006, "Adaptive Channel Allocation Spectrum Etiquette for Cognitive Radio Networks," Stevens Institute of Technology, Hoboken
- [10] P. Stephens James, "Interference-Avoiding Transform Domain-Based Communication Systems," Air Force Research Laboratory's Sensors Directorate, Wright-Patterson AFB OH
- [11] Swackhammer, P. Patrick, dkk, "Performance Simulation Of A Transform Domain Communication System For Multiple Access Applications," MS Thesis, Air Force Institute of Technology, Wright-Patterson AFB OH
- [12] [www.en.wikipedia.org/wiki/cognitive\\_radio](http://www.en.wikipedia.org/wiki/cognitive_radio)
- [13] [www.en.wikipedia.org/wiki/Linear\\_feedback\\_shift\\_register](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Linear_feedback_shift_register)
- [14] [www.isl.stanford.edu/~cioffi/dsm](http://www.isl.stanford.edu/~cioffi/dsm)