Modul Simulator Pembangkitan Sinyal Pseudo Random Generator pada Sistem Komunikasi Spread Spectrum Memanfaatkan Microcontroller

Achmad Solichuccin, Widya Yeniari, Akuwan Saleh, Tri Budi Santoso
Jurusan Teknik Telekomunikasi, Politeknik Elektronika Negeri Surabaya
Kampus ITS, Keputih Sukolilo Surabaya
Telepon +62 -31-5947280 Fax +62 -31-6946114

Abstrak

Sebuah modul simulator perangkat keras untuk sinyal pseudo random generator (PRG) telah dibuat dengan memanfaatkan microcontroller 8951. Dari data pengujian sistem pemancar dan bagian penerima telah menunjukkan bahwa simulator ini mampu menunjukkan 3 sifat dasar dari sebuah spreading dan despreading pada sistem direct sequence spread spectrum (DSSS), yaitu autokorelasi, balance property dan run property. Dengan input base band sebesar 4 kHz, sistem ini mampu memberikan coding gain sebesar 8, 2 dB.

Kata kunci : pseudo random generator, direct sequence spread spectrum, base band.

1. Pendahuluan

Salah satu pelopor di bidang teknologi komunikasi bergerak, AMPS telah menawarkan produk CDMA untuk sistem *cellular*[1]. Di dalam paper [2] diberikan gambaran yang sangat jelas tentang konsep teknologi *spread spectrum* secara mendetail.

Permasalahan yang umum dijumpai dalam penyampaian materi kuliah adalah kurangnya alat peraga, sehingga siswa dengan terpaksa harus menggunakan imajinasinya untuk memahami materi yang hanya disampaikan secara matematis sebagai bahasa pengantarnya. Trueman dalam papernya [3] memberikan gambaran sebuah modul interaktif berbasis perangkat lunak untuk *transmission line*.

Dalam paper ini disajikan sebuah modul simulator berbentuk prototipe perangkat keras untuk sebuah *pseudo random generator* (PRG) yang merupakan inti dari sebuah sistem komunikasi *spread spectrum*. Dengan modul berbasis prototipe perangkat keras ini diharapkan siswa lebih mudah dalam memahami sistem.

2. Sistem Komunikasi Spread Spectrum

Sistem komunikasi *Spread Spectrum* merupakan sistem komunikasi yang mempunyai rangkaian *Spreader* dan *De-Spreader*. Proses pembentukan sinyal informasi biner dilakukan hingga spektral dayanya memiliki *bandwidth* lebih lebar dan menyerupai sebuah *noise*.

Pembentukan sinyal pada sistem *Spread Spectrum* menggunakan rangkaian pengacak sinyal semu (*Pseudo Random*) yang biasa disebut dengan *Pseudo Random Generator* (PRG).

2.1 Modulasi *Spread Spectrum*

Bentuk umum diagram blok sistem komunikasi direct sequence spread spectrum (DSSS) ditunjukkan pada gambar 1. Dalam hal ini kanal komunikasi dapat berupa udara, kabel, *waveguide* dan fiber optik. Pola PRG ini hanya dikenali oleh penerima tertentu saja.

Gambar 1. Diagram blok sistem komunikasi DSSS

2.1.2 Spreading dan De-Spreading

Input data yang berupa data digital D_t yang mempunyai lebar *bandwidth* sempit, di-XOR dengan kode *pseudo random* P_{nt} dengan lebar *bandwidth* cukup besar. Hasil XOR tersebut adalah sinyal *direct code spread spectrum* t_{xb} , yang memiliki *bandwidth* lebar dan membawa kandungan sinyal digital D_t . Sinyal inilah yang akan ditransmisikan.

Gambar 2. Bentuk sinyal sebelum dan sesudah spreading dalam domain waktu dan frekuensi

Sedangkan pada bagian penerima, sinyal transmisi *baseband* yang diterima (R_{xb}) akan di-XOR dengan sinyal *pseudo random* yang sama dengan *transmitter*, sehingga didapatkan data informasi digital asli (*proses recovery*).

2.2 Pseudo Random Generator

Pola acak yang dibangkitkan tidak benar-benar acak, tetapi merupakan pola semi acak atau yang kita kenal sebagai *pseudo random*, sehingga bagian penerima dapat melakukan pembangkitan ulang untuk *me-recover* informasi.

Dengan teknik pembangkitan sinyal acak semu *maximal-length shift register sequence* akan dihasilkan sebuah pola pengacakan yang maksimum. Sinyal acak yang dihasilkan oleh *shift register* dari pemilihan taping yang dilakukan akan menyebabkan bentuk kode-kode yang berlainan untuk masing-masing taping.

Pada paper ini digunakan 8 *shift register* yang akan menghasilkan panjang sinyal *pseudo random* 255 bit, sehingga didapatkan *Pseudo Random* (PRG) yang semakin panjang.

Blok diagram dari 8 *shift register* dapat dilihat pada gambar 3. Untuk 8 *shift register* kemungkinan pemilihan taping adalah { [1,2,3,7] [1,4,5,7] [2,4,5,7] [0,2,5,7] [0,4,5,7] [0,5,6,7] }. Pada program yang dibuat digunakan taping [1,2,3,7] [1,4,5,7] [2,4,5,7] [0,2,5,7].

Gambar 3. Sekuen Shift Register 8-stage taping-1237

Sifat-Sifat Random

Tiga sifat dasar untuk mengetahui apakah sekuen biner dapat memenuhi kriteria random adalah:

1. **Balanced Property** : kondisi balance (seimbang) untuk sekuen biner yang baik men-syaratkan jumlah bit 1 dan jumlah bit 0 yang muncul sama. Beda yang diijinkan maksimum adalah 1 *digit*.
2. **Correlation Property** : jika suatu periode pada suatu sekuen dibandingkan secara *term by term* dengan suatu siklus yang digeser terhadap dirinya sendiri, akan di dapat suatu kondisi dimana sinyal itu akan memiliki perulangan. Sinyal ini memiliki nilai korelasi 1 jika kedua sinyal bebar-benar mirip.
3. **Run Property** : artinya deretan chip dari logika yang sama dalam satu periode kode biner acak. Pada setiap setengah dari jumlah chip untuk logika yang sama (m) dalam satu periode memiliki rentang run $1/2$ dari jumlah chip (0.5m) sebanyak satu, memiliki rentang run $1/4$ jumlah chip (0.25m) sebanyak dua, memiliki rentang

run $1/8$ jumlah chip (0.125m) sebanyak tiga, dan seterusnya. Jumlah run untuk sinyal berlogik satu sama dengan jumlah run untuk sinyal berlogika nol.

2.3 Gain Proses

Salah satu dari karakter sistem komunikasi spread spectrum adalah adanya gain proses yang merupakan besarnya perbandingan antara jumlah bit rate hasil proses spreading (*chip rate*) dengan bit rate informasi (*data rate*).

Besar Gain Proses (dB) dapat dihitung :

$$Pg = 10 \log \left[\frac{W_{ss}}{R} \right] (dB) \quad ; \quad W_{ss} \approx Rch \quad (1)$$

maka

$$Pg = 10 \log \left[\frac{Rch}{R} \right] (dB)$$

dimana:

W_{ss} = lebar pita *Spread Spectrum*

R = kecepatan data informasi (*data rate*)

Rch = kecepatan sinyal acak (*chip rate*)

3. Perencanaan Dan Pembuatan Perangkat

3.1 Perancangan Perangkat Keras

Perangkat keras dibagi menjadi dua rangkaian utama, yaitu rangkaian pemancar sebagai *spreader* (pengacak data) dan rangkaian penerima sebagai *despreader* (*recovery data*). Kedua rangkaian tersebut disusun dari minimum sistem mikrokontroller AT 89C51 sebagai pembangkit *Pseudo Random Generator* (PRG) dengan tombol pemilihan untuk variasi taping dan clock PRG (DIP switch), *buffer* (IC 74LS244) sebagai penguat sinyal PRG, IC XOR (74LS86) sebagaimana terlihat pada gambar 4.

Gambar 4. Blok diagram rangkaian simulator

3.2 Perancangan Perangkat Lunak

Perancangan perangkat lunak dilakukan dengan menggunakan simulator 8051. Dengan mengacu pada diagram alir seperti pada Gambar 5 sebuah PRG akan disusun. Apabila program yang disimulasikan telah menunjukkan hasil yang benar, selanjutnya dilakukan beberapa modifikasi untuk menyesuaikan dengan hardware yang digunakan dan program yang sudah jadi dalam bentuk *assembler code* di-download ke *eprom* yang ada di 8951. Karena program yang disusun sangat sederhana maka dalam kasus ini tidak diperlukan *external eprom*, dan cukup menggunakan *internal eprom* yang ada di 8951.

Gambar 5. Diagram alur program PRG

4. Pngujian Sistem

4.1. Penataan Pengujian Perangkat

Untuk pengujian prototipe yang telah dibuat sistem harus ditempatkan dengan mengacu pada blok diagram Gambar 4. Dalam realisasinya diperlukan *function generator* sebagai pembangkit data biner, dan sebuah *digital storage oscilloscope* untuk mengamati sinyal. Untuk pengukuran *spektrum* belum dilakukan pada penelitian ini. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6 berikut ini.

Gambar 6. Penataan pengujian sistem

4.2. Pengukuran Sinyal Terbangkit

Pengukuran sinyal terbangkit dari *function generator* sebagai sinyal data dan sinyal output dari *exor* ditujukan untuk mengetahui bagaimana pengaruh PRG pada sistem yang dirancang. Dengan menggunakan input data sebesar 4 kHz didapatkan hasil pengukuran seperti Gambar 7.

Gambar 7. Perbandingan sinyal data dengan hasil *spreading*

Bagian atas pada gambar merupakan sinyal asli dari *function generator*, sedangkan bagian bawah merupakan sinyal hasil proses *spreading*.

Sinyal yang telah diberi perlakuan *spreading* selanjutnya dikirimkan secara *wireline* dengan kabel *coaxial* ke bagian penerima. Untuk mengetahui apakah sistem penerima bisa bekerja maka dilakukan pengukuran sinyal *recovery* yang merupakan output pada bagian penerima. Sinyal ini dibandingkan dengan sinyal input asli pada pemancar. Bagian atas pada Gambar 8 merupakan sinyal asli dari *function generator*, sedangkan bagian bawah merupakan hasil *recovery* pada penerima.

Gambar 8. Perbandingan sinyal asli pada pemancar dengan hasil recovery pada penerima

Untuk memastikan bahwa sistem yang dirancang berjalan benar pilihan tapping pada bagian pemancar dibuat berbeda dengan bagian penerima. Hal ditujukan untuk menguji apakah dengan pemilihan tapping berbeda bagian penerima tidak akan mampu mengolah sinyal kembali seperti aslinya. Pada saat tapping bagian pemancar dipilih [1,2,3,7] dan bagian penerima [1,4,5,7] memberikan hasil seperti pada Gambar 9.

Gambar 9. Pengaruh perbedaan pemilihan tapping pada pemancar dan penerima.

4.3. Pengujian Sifat Dasar PRG

• Pengujian Balace Poperty

Untuk melakukan pengujian *Balanced Property* dilakukan perhitungan jumlah logika '1' dan '0' pada masing-masing tapping. Untuk itu perlu dibuat tabel dari data yang dihasilkan. Setelah penghitungan terhadap tabel tersebut, didapatkan pada tapping-1237, tapping-1457 dan tapping-2457 jumlah logika '0' pada masing-masing tapping adalah 127. Dan jumlah logika '1' pada masing-masing tapping adalah 128. Untuk tapping-0247 jumlah logika '0' adalah 98 dan jumlah logika '1' adalah 104.

Tabel 1 Contoh data *pseudo random* (taping-1237)

Data Output Taping-1237				
0000 0001	0110 0011	1101 0000	1111 1111	0010 0001
0100 1111	1010 1010	1110 0000	1100 0101	0110 0110
0101 1111	1011 1100	1101 1101	1100 1010	1001 0100
0100 1011	0100 0110	0111 0011	1100 0110	1100 0010

0010 1110	1011 1101	1011 1110	0001 1010	0110 1011
0110 1010	0000 1001	1101 1001	0010 0110	0000 0111
0100 1000	1110 001			

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa *pseudo random* pada tapping-1237, tapping-1457 dan tapping-2457 telah memenuhi syarat *balanced property* sehingga dapat digunakan sebagai pengacak sinyal.

• Pengujian Correlation Property

Pengujian ini dilakukan dengan cara mencari yang disebut *autocorrelation* dari *pseudo random* yang telah dihasilkan.

Pengujian *autocorrelation* tersebut dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Matlab. Data yang dihasilkan dari modul *directord*, dan selanjutnya disimpan dalam bentuk file *.txt. Dengan perangkat lunak Matlab dilakukan pengujian sifat korelasinya. Dari pengujian didapatkan grafik bentuk korelasi seperti pada Gambar 10.

Gambar 10. Sifat auto korelasi

Seperti pada gambar diatas di atas, data masukan memiliki panjang kode 255, sehingga *autocorrelation* juga akan terjadi pada panjang kode 255 yang ditunjukkan dengan nilai 1 pada saat panjang sinyal 255.

Nilai ini terus terjadi berulang-ulang sebanyak perulangan yang terjadi pada perulangan data masukan. Pada grafik menunjukkan terjadi *autocorrelation* sebanyak tiga kali sesuai perulangan data masukan. Panjang kode yang terjadi juga sama dengan panjang kode *autocorrelation* yang pertama, yaitu 255. Jadi, jika *autocorrelation* pertama terjadi pada panjang kode 255, maka untuk *autocorrelation* yang kedua terjadi pada saat panjang kode $2 \times 255 = 510$. Begitu juga untuk *autocorrelation* yang ketiga, akan terjadi pada kelipatan 255, yaitu pada saat panjang kode $3 \times 255 = 765$.

• Pengujian Running Property

Pada pengujian *Run Property* akan menggunakan tabel distribusi *run* untuk deretan $2^8 - 1$ sebagai tabel kebenaran.

Tabel 2 Distribusi *Run* Deretan $2^8 - 1$ chip

Rentang <i>run</i> (chip)	Jumlah <i>run</i>		Jumlah chip keseluruhan
	"0"	"1"	
1	32	32	64
2	16	16	64
3	8	8	48
4	4	4	32
5	2	2	20
6	1	1	12
7	1	0	7
8	0	1	8
Total	64	64	255

Jumlah *run* yang dicari hanya terdiri dari dua logika, yaitu '0' dan '1'. Dengan menentukan '0' atau '1' dan melihat rentang *run* maka akan diperoleh jumlah *run*-nya. Maksudnya, logika '0' dan '1' dengan rentang *run* 1 akan terjadi perulangan sebanyak 32 kali. Dan logika '0' dan '1' pada rentang *run* 2 akan terjadi perulangan sebanyak 16 kali pada *pseudo random*. Dan begitu seterusnya. Setelah diketahui jumlah *run* pada masing-masing rentang *run* maka akan didapatkan jumlah chip keseluruhan. Jumlah chip pada setiap rentang *run* dapat dicari dengan mengalikan jumlah *run* pada tiap-tiap logika ('0' dan '1') dengan rentang *run*-nya. Hasil perkalian dari setiap logika tersebut dijumlahkan. Setelah setiap rentang *run* dicari jumlah chip, maka jumlah chip keseluruhan dapat dicari. Jumlah chip keseluruhan ini merupakan jumlah chip *pseudo random* dalam satu periode.

Dan setelah dilakukan pengujian, untuk taping-1237, taping-1457 dan taping-2457 *run property* sesuai dengan yang terdapat pada tabel. Sedangkan untuk taping-0247, *run property* tidaklah sesuai. Hal ini menyebabkan *pseudo random* pada taping-0247 tidak memenuhi syarat sebagai pengacak sinyal. Selain pada *run property*, pada *balanced property* taping-0247 juga tidak memenuhi syarat.

4.4. Analisa Gain Proses

Pengujian gain proses dilakukan dengan cara membandingkan chip rate dengan data rate dengan catatan sinyal output dari pemancar masih dalam bentuk acak dan sulit dikenali dengan penerima biasa.

Pada modul yang disusun disini sinyal informasi diawali dengan nilai sebesar 1kHz, atau secara perhitungan akan menghasilkan nilai *grin* proses (P_g) sebesar:

$$P_g = 10 \log(R_{ch}/R) = 10 \log(26,3/1) = 14,2 \text{ dB}$$

Dari hasil pengamatan bentuk sinyal dengan *oscilloscope* memberikan hasil bahwa proses *spreading* (pengacakan) dapat dihasilkan.

Berikutnya nilai data rate dari function generator dinaikkan dengan nilai 2 KHz, 3 KHz, 4 KHz sampai dengan 9 KHz atau dalam perhitungan gain proses memiliki nilai sebesar: 11,2 dB, 9,4 dB, 8,4 dB, sampai 4,7 dB. Pada nilai-nilai tersebut PRG yang disusun mampu memberikan pengaruh *spreading* dan output dari pemancar masih relatif dalam kondisi teracak. Tetapi pada saat nilai data input dinaikkan menjadi 20 KHz dan seterusnya, maka efek pada proses *spreading* tidak lagi dapat dilihat.

Dengan mengacu pada bandwidth sinyal voice sebesar 4 KHz, maka dapat dikatakan bahwa sebagai modul simulator sistem hasil perancangan ini cukup memenuhi persyaratan untuk PRG karena sudah memberikan gain proses sebesar 8,4 dB.

5. Kesimpulan

Dari pengujian dan analisa terhadap sistem yang telah dibuat dapat diambil kesimpulan bahwa modul ini cukup memenuhi syarat sebagai simulator pembangkit sinyal *pseudo random* generator:

- menunjukkan sifat *balance property* untuk nilai taping-1237, taping-1457 dan taping-2457
- menunjukkan sifat auto korelasi pada setiap panjang kode 255.
- mampu menunjukkan sifat *run property* pada taping-1237, taping-1457 dan taping-2457.

Referensi

1. _____, "White Paper, Spread Spectrum Wireless Technology", Wi-LAN Inc.
2. Bernard Sklar, "Digital Communications Fundamentals and Applications", 2-nd Edition, Prentice-Hall, Inc, new Jersey 07458, 2001.
3. Trueman, "Interactive Transmission Line Computer Program for Undergraduate Teaching", IEEE Transaction on Educations, Vol. 43, No 1, February 2000.
4. Atmel, "Flash Microcontroller : Architectural Overview", Atmel. Inc (<http://www.atmel.com>), USA, 1997.
5. Atmel, "AT 89 Series Hardware Description", Atmel. Inc (<http://www.atmel.com>), USA, 1997