

# Desain Program Simulasi Unjuk Kerja Kode PN Pada Kanal Multipath Fading

Putra Yudhanata Pratama<sup>✉</sup>, Nyoman Pramaita, Ni Made Ary Esta Dewi Wirastuti,  
I Gusti Agung Komang Diafari Djuni Hartawan

Jurusan Teknik Elektro, Universitas Udayana

<sup>✉</sup>putrayudhanata@gmail.com

**Abstrak:** Halangan pada *Line of Sight* (LOS) dapat menyebabkan difraksi (pembelokan), refleksi (pemantulan), dan *scattering* (penghamburan) pada sinyal informasi dimana akan mengurangi kualitas sinyal informasi yang diterima pada sisi penerima. Hal tersebut mengakibatkan adanya sifat konstruktif maupun destruktif pada sinyal di sisi penerima. Contoh sifat destruktif yang sering terjadi yakni *fading* dan *delay*. Sistem penerima *correlation receiver* diimplementasikan guna mengatasi masalah yang timbul akibat efek dari *multipath fading*. Untuk memperoleh sinyal dengan nilai error minimum, maka diperlukan analisis terkait proses transmisi pada masing-masing komponen *multipath*. Hasil analisis diperoleh bahwa unjuk kerja dari Kode PN (*Pseudo Noise*) pada kanal *frequency selective fading* yang lebih baik adalah variasi komponen *multipath* = 3 dibandingkan dengan variasi komponen *multipath* = 6 dan yang paling buruk adalah variasi komponen *multipath* = 7. Hal ini dibuktikan dengan melihat nilai *Bit Error Rate* (BER) saat *Energy Per Bit To Noise Power Spectral Density Ratio* ( $E_b/N_0$ ) = 10 dengan komponen *multipath* = 3 memiliki nilai BER 0,00368, sedangkan komponen *multipath* = 6 dan komponen *multipath* = 7 memiliki nilai BER berturut – turut adalah 0,00386 dan 0,00507. Berdasarkan hasil analisis tersebut dapat diambil simpulan bahwa jumlah komponen *multipath* yang ada berpengaruh terhadap kualitas sinyal yang diterima.

**Kata kunci:** kanal nirkabel, *correlation receiver*, *multipath fading*.

**Abstract:** Barriers to the *Line of Sight* (LOS) can cause diffraction, reflection and scattering of information signals which will reduce the quality of information received on the receiving side. This results in a constructive and destructive nature of the signal at the receiving end. Examples of destructive properties that often occur are *fading* and *delay*. The receiver *correlation* system is implemented to overcome the problems that arise due to the effects of *multipath fading*. To obtain a signal with a minimum error value, an analysis is needed related to the transmission process for each *multipath* component. The analysis results show that the performance of the PN code (*Pseudo Noise*) on the *frequency selective fading* channel is best when the *multipath* component variation = 3 compared to *multipath* component variation = 6, and the worst is *multipath* component variation = 7. This is proved by the value of BER when  $E_b/N_0 = 10$  with *multipath* component = 3 has BER value of 0.00368, while *multipath* component = 6 and *multipath* component = 7 have BER values of 0.00386 and 0.00507 respectively. Based on these results it can be concluded that the number of *multipath* components have an effect on the quality of the received signal.

**Keywords:** wireless channel, *correlation receiver*, *multipath fading*.

## I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi di bidang komunikasi jaringan nirkabel sudah berkembang sangat pesat hingga saat ini. Perkembangan yang terjadi mengakibatkan peningkatan jumlah permintaan (*demand*) dan kebutuhan pengguna akan jaringan yang digunakan. Peningkatan tersebutlah yang mendorong munculnya teknologi-teknologi baru yang menunjang kebutuhan pengguna tersebut agar tercapainya kualitas layanan yang baik. Teknologi tersebut dapat menyediakan layanan dengan kecepatan transfer data yang cepat (*high data rate*), handal (*reliable*), dan efisien. Selain itu pada jaringan nirkabel, kualitas maupun performansi sistem juga ditentukan berdasarkan banyaknya kanal yang digunakan dan faktor lingkungan yang selalu bersifat dinamis, serta bervariasi terhadap waktu nantinya. Faktor-faktor yang mempengaruhi performansi kinerja sistem komunikasi

jaringan nirkabel seperti *Line of Sight* (LOS). suatu teknik pentransmisian sinyal dimana antara dua terminal yang saling berhubungan benar-benar tidak ada *obstacle* yang menghalanginya (bebas pandang) sehingga sinyal dari pengirim dapat langsung mengarah dan diterima di sisi penerima disebut *Line of Sight* (LOS).

Semakin banyak objek atau benda yang menghalangi interaksi antara pemancar dan penerima dapat menyebabkan difraksi (pembelokan), refleksi (pemantulan), dan *scattering* (penghamburan) pada gelombang informasi yang digunakan saat komunikasi berlangsung nantinya. Faktor tersebut sangat berpengaruh dalam kinerja dari komunikasi jaringan nirkabel karena gelombang elektromagnetik yang ditransmisikan menggunakan jalur yang berbeda dengan jarak yang cenderung variatif [1-3]. Sinyal yang tiba pada sisi penerima adalah proses penjumlahan dari

berbagai jalur transmisi yang dilewati sinyal (*multipath*). Hal tersebut mengakibatkan adanya sifat konstruktif maupun destruktif pada sinyal di sisi penerima. Contoh sifat destruktif yang sering terjadi yakni seperti *fading* dan *delay* [4-5]. Penurunan dan fluktuasi daya sinyal pada sisi penerima disebut dengan *fading* dan variasi waktu yang diakibatkan oleh jarak dan perambatan gelombang dari pemancar ke penerima disebut dengan *delay* [6-8]. Salah satu jenis *fading* yang memiliki fluktuasi redaman propagasi pada daerah sempit dan interval waktu singkat yakni *small-scale fading* [9-10].

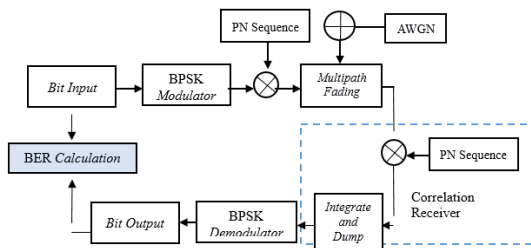
Banyak inovasi yang telah dibuat guna mengatasi permasalahan yang timbul pada perkembangan teknologi komunikasi jarak jauh dengan menjaga kualitas sinyal yang diterima pada sisi penerimanya, salah satunya *correlation receiver*. Sistem penerima *correlation receiver* diimplementasikan guna mengatasi masalah yang timbul akibat efek dari *multipath fading* [11-13]. Jun pada tahun 2006 membahas mengenai *correlation receiver* yakni tentang kapasitas saluran sistem MIMO dengan *transmitter* dan *correlation receiver* dengan mengeksplorasi kapasitas *Rayleigh flat fading* [14]. Vuong pada tahun 2019 memberikan pengetahuan mengenai *correlation receiver* dengan *non-linear blanking* untuk *DCSK Systems Under Pulse Jamming Attack*, dimana dapat diketahui bahwa *correlation receiver* dengan *non-linear blanking* dapat meningkatkan performa *anti-jamming* [15]. Jayanthi pada tahun 2014 juga membahas tentang mengimprovisasi dan mengurangi nilai BER pada *wireless fading environment receiver* [16].

Tujuan utamanya adalah untuk menggabungkan korelasi dari data sinyal berturut-turut dengan kode PN, untuk meningkatkan kekuatan dari setiap potensi puncak dan untuk mengurangi kebisingan yang melekat. Untuk mengetahui tentang bagaimana unjuk kerja dari kode PN pada kanal *multipath fading* yang dengan menggunakan *single user*. Penelitian ini menggunakan simulasi serta analisis untuk mengetahui unjuk kerja dari *correlation receiver* yang melewati kanal *multipath fading* yang didalamnya terdapat AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) dan juga ISI (*Inter Symbol Interference*) dengan kode PN sebagai sinyal masukan yang diatur secara random dan menggunakan modulasi *Binary Phase-Shift keying* (BPSK). Maka dari itu, hasil dari simulasinya akan terlihat unjuk kerja dengan variable hasil keluaran dengan bentuk grafik yang menunjukkan nilai BER (*Bit Error Rate*) berbanding dengan *Eb/No*.

## II. METODE PENELITIAN

Gambar 1 merupakan blok diagram untuk simulasi sistem komunikasi digital unjuk kerja kode PN pada kanal *multipath fading*. Simulasi ini melalui beberapa tahapan, yang diawali dari sinyal informasi masukan yang akan diproses direpresentasikan dalam bentuk simbol-simbol yang tersusun dari *bits*. Pada sistem ini, *bit* masukan (*input bit*) dibangkitkan secara acak (*random*) menggunakan *bernoulli binary*

*generator* yang terdapat pada *Simulink MATLAB R2014a*. Data yang dibangkitkan diasumsikan berjumlah 1.000.000 bit dalam bentuk biner 0 dan 1 dengan nilai *Eb/No* yang digunakan adalah 10 dB. Bit-bit yang dibangkitkan oleh *bernoulli binary generator* kemudian masuk kedalam proses modulasi. Dalam simulasi sistem komunikasi digital unjuk kerja kode PN pada kanal *multipath fading*, menggunakan satu jenis modulasi yakni BPSK (*Binary Phase Shift Keying*). Setelah data bit melalui proses modulasi, data bit tersebut akan melalui proses *spreading* dimana data bit yang sudah dimodulasi akan dilakukan operasi XOR dengan kode pada deret PN (*Pseudo Code*) yang dibangkitkan secara *random*.



**Gambar 1.** Blok diagram pemodelan sistem komunikasi digital *correlation receiver* pada kanal *multipath fading*.

*Multipath fading* dan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) adalah kanal transmisi yang digunakan pada simulasi sistem komunikasi digital unjuk kerja Kode PN. Dalam proses transmisi, sinyal akan mengalami *multipath fading* dan melewati AWGN. Setelah proses transmisi melalui kanal *multipath fading* dan AWGN (*Additive White Gaussian Noise*) selesai dilakukan, sinyal keluaran (*output*) akan melalui proses ekualisasi dengan menggunakan *correlation receiver*. Untuk mendapatkan sinyal awal tersebut melalui proses *dispreading* dimana sinyal keluaran dari proses transmisi dilakukan proses XOR kembali dengan kode pada deret PN (*Pseudo Code*) yang sama pada saat deret spread awal. Kemudian pada *multipath* akan divariasikan jumlah komponen *multipath* dengan jumlah 3, 6, dan 7. Komponen *multipath* dengan jumlah 3, 6, dan 7 digunakan untuk menguji jumlah komponen *multipath* minimal dan jumlah komponen *multipath* maksimal yang bias digunakan untuk kode PN 7. Pada simulasi ini, penerima diasumsikan sudah mengetahui kanal transmisi. Hal ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai BER berbanding *Eb/No*, yang dimana akan memberikan informasi terkait unjuk kerja sistem.

Pada sistem penerima, sinyal yang masuk akan didemodulasi menggunakan jenis demodulasi BPSK (*Binary Phase Shift Keying*) dengan tujuan untuk mendapatkan sinyal aslinya (*output bit*) yang nantinya akan dapat diamati perbandingan error-nya menggunakan BER (*Bit Error Rate*) calculation dengan sistem sinyal awal dibandingkan dengan sinyal keluaran sistem. Setelah nilai BER diperoleh, dalam penelitian unjuk kerja Kode PN pada kanal *multipath* akan dibandingkan dengan pengaruh *Eb/No*. Tabel 1 di

bawah ini menampilkan jenis dan nilai dari parameter yang digunakan dalam rancangan program simulasi tersebut diatas.

**Tabel 1.** Parameter yang digunakan dalam simulasi.

Parameter	Nilai
Jumlah Bit	1.000.000 bit
Jenis Modulasi	Binary Phase Shift Keying (BPSK)
Jenis Pengguna	Single User
Jenis Kanal	Multipath Fading
Jenis Noise	Additive White Gaussian Noise (AWGN)
Jumlah Komponen Multipath	3,6,7
Distribusi Fading	Rayleigh Fading
Nilai Eb/No	0:10
Panjang Kode PN	7
Sample Time (Ts)	1s
Periode Chip (Tc)	1/7

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Hasil Unjuk Kerja Kode PN pada Kanal Frequency Selective Fading

Simulasi unjuk kerja dari kode PN pada *frequency selective fading* dengan memvariasikan jumlah komponen *multipath*, dilakukan untuk mengetahui pengaruh jumlah komponen *multipath* terhadap kinerja dan kualitas dari kode PN. Pada simulasi ini akan digunakan komponen *multipath* berjumlah 3, 6, dan 7. Tabel 2 di bawah ini menampilkan nilai BER hasil simulasi untuk jumlah komponen *multipath* 3, 6, dan 7 dengan rumus 1.

$$\text{Theory BER} = \frac{1}{2} \left( 1 - \sqrt{\frac{Eb/No}{Eb/No + 1}} \right) \quad (1)$$

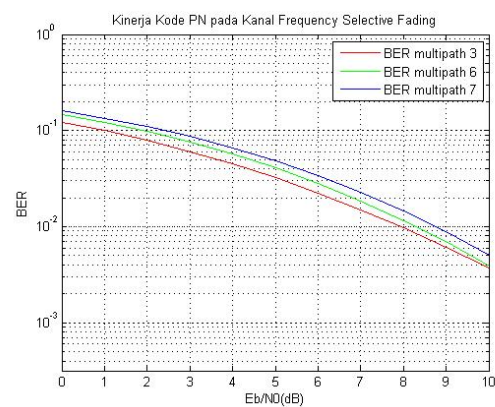
**Tabel 2.** Nilai BER dengan jumlah komponen *multipath* 3, 6, dan 7.

Eb/No (dB)	Bit Error Rate (BER)		
	Komponen Multipath = 3	Komponen Multipath = 6	Komponen Multipath = 7
0	0,12266	0,14638	0,15969
1	0,09959	0,12132	0,13408
2	0,07877	0,09754	0,10936
3	0,06033	0,07577	0,08625
4	0,04483	0,05674	0,06594
5	0,03222	0,04080	0,04829
6	0,02236	0,02795	0,03406
7	0,01500	0,01837	0,02267
8	0,00975	0,01159	0,01458
9	0,00607	0,00694	0,00888
10	0,00368	0,00386	0,00507

Pada Gambar 2 ditampilkan perbandingan nilai BER dengan variasi jumlah komponen *multipath* 3, 6, dan 7. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perubahan jumlah komponen *multipath* terhadap kinerja serta kualitas dari kode PN pada kanal *frequency selective fading*. Berdasarkan pada gambar 5

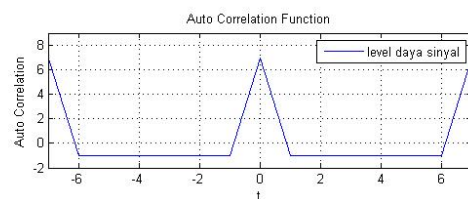
dapat dilihat bahwa unjuk kerja dari kode PN pada kanal *frequency selective fading* yang lebih baik adalah variasi komponen *multipath* = 3 dibandingkan dengan variasi komponen *multipath* = 6, dan yang paling buruk adalah variasi komponen *multipath* = 7.

Hal ini dibuktikan dengan melihat nilai BER pada Tabel 1, pada saat Eb/No = 10 dengan komponen *multipath* = 3 memiliki nilai BER 0,00368, sedangkan komponen *multipath* = 6 dan komponen *multipath* = 7 memiliki nilai BER berturut – turut adalah 0,00386 dan 0,00507. Hal ini dapat terjadi karena pada saat penambahan jumlah komponen *multipath* informasi yang dikirimkan akan mengalami *delay spread*. *Delay spread* adalah lebar pulsa dari impuls yang dikirim antar pemancar dan penerima, yang merupakan fenomena alami yang disebabkan oleh propagasi pantulan dan hamburan pada kanal komunikasi.



**Gambar 2.** Nilai BER dengan jumlah komponen *multipath* 3, 6, dan 7.

*Delay spread* dapat menimbulkan interferensi antar simbol (ISI) karena setiap simbol akan saling bertumbukan dengan simbol sebelum dan sesudahnya [17-18]. Berdasarkan hasil simulasi tersebut diperoleh fungsi yang dinamakan fungsi autokorelasi hasil simulasi unjuk kerja kode PN pada kanal *frequency selective fading* diperhatikan pada Gambar 3.



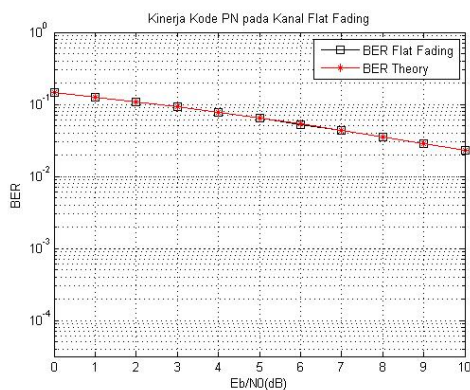
**Gambar 3.** Fungsi *autocorrelation* untuk 7 chip.

Berdasarkan Gambar 3, pergeseran waktu nol merupakan sinyal yang diharapkan oleh penerima yang memiliki nilai autokorelasi maksimum karena nilai-nilai tersebut diperoleh dari korelasi antara urutan kode dengan salinan dirinya yang memiliki struktur chip yang sama dengan aslinya. Namun, pada pergeseran waktu nol-nilai autokorelasi tidak maksimal karena struktur chip yang berbeda antara dua urutan kode. Jika level sinyal pada pergeseran waktu nol-nilai memiliki



nilai, maka nilai tersebut akan menginterferensi sinyal waktu 0 atau sinyal yang diharapkan. Sehingga, berdasarkan hasil simulasi unjuk kerja kode PN pada kanal *frequency selective fading* yang telah dilakukan sudah sesuai dengan teori dimana ketika jumlah komponen *multipath* yang semakin besar pada *correlation receiver*, maka kinerja dari *correlation receiver* akan semakin buruk.

**B. Unjuk Kerja Kode PN pada Kanal Flat Fading**  
Simulasi unjuk kerja dari kode PN pada *flat fading* dilakukan untuk mengetahui bahwa kode PN yang bekerja pada kanal *frequency selective fading* sudah baik dan benar. Pada simulasi ini karena menggunakan *flat fading* dengan karakteristik yang ideal, maka digunakan komponen *multipath* berjumlah 1.



**Gambar 4.** Nilai BER hasil unjuk kerja kode PN pada kanal *flat fading*.

Berdasarkan pada Gambar 4 dapat dilihat sebuah grafik serta nilai BER yang ditunjukkan berdasarkan nilai Eb/No pada sistem unjuk kerja kode PN pada kanal *flat fading* yang dibandingkan berdasarkan teori flat yang ada. Berdasarkan Gambar 3, hasil *trend* maupun nilai BER yang dihasilkan pada Tabel 1 sudah sama dengan nilai BER *flat* secara teori. Hal ini menunjukkan bahwa simulasi unjuk kerja kode PN yang dilakukan sudah sesuai, sehingga dapat digunakan pada kanal *frequency selective fading* [19-20].

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan simulasi unjuk kerja kode PN pada kanal *multipath fading* yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan bahwa unjuk kerja kode PN sangat dipengaruhi oleh jumlah komponen *multipath*, dimana semakin banyak jumlah komponen *multipath* maka kinerja dari kode PN semakin buruk. Sehingga, berdasarkan hasil simulasi unjuk kerja kode PN pada kanal *frequency selective fading* yang telah dilakukan sudah sesuai dengan teori dimana ketika jumlah komponen *multipath* yang semakin besar pada *correlation receiver*, maka kinerja dari *correlation receiver* akan semakin buruk.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Pramaita, "Unjuk Kerja Kode Hybrid Orthogonal Small Set," *Majalah Ilmiah Teknologi Elektro*, vol. 15, no. 1, 2016.
- [2] T. S. Rappaport, *Wireless Communications Principle and Practice 2nd Edition*, Upper Saddle River: Prentice Hall, 1998.
- [3] R. Hoshyar, F. P. Wathan and R. Tafazolli, "Novel lowdensity signature for synchronous CDMA systems over AWGN channel," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 56, pp.1616-1626, 2011.
- [4] H. Cheng, M. Ma and B. Jiao, "On the design of comb spectrum code for multiple access scheme," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 57, no. 3, pp. 754-763, 2009.
- [5] Y. Peng, B. Tang and M. Lü, "Fast method for spreading sequence estimation of DSSS signal based on maximum likelihood function," *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 21, no. 6, pp. 948-953, 2010.
- [6] R. Nikjah and N. C. Beaulieu, "On antijamming in general CDMA systems-part I: multiuser capacity analysis," *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 7, no. 5, pp. 1646-1655, 2008.
- [7] Y. Zhu, P. Zhang and M. Deng, "Simulation research on direct sequence spread spectrum communication system over Rayleigh Fading Channels," *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology, Harbin*, pp. 4317-4321, 2011.
- [8] L. Jatunov and V. K. Madiseti, "Computationally-Efficient SNR Estimation for Bandlimited Wideband CDMA Systems," in *IEEE Transactions on Wireless Communications*, vol. 5, no. 12, pp. 3480-3491, 2006.
- [9] W. J. van Houtum, "Quasi-synchronous code-division multiple access with high-order modulation," *IEEE Transactions on Communications*, vol. 49, no. 7, pp. 1240-1249, 2001.
- [10] T. P. Permatasari, *Identifikasi Buta MIMO pada Kanal Rayleigh Fading*, Yogyakarta : Universitas Sanata Dharma, 2011.
- [11] F. A. Adeola, A. S. Adekunle and A. O. Peter, "Direct Sequence CDMA system using Finite-Time Altered Sinusoidal Signals as orthogonal signatures," *3rd IEEE International Conference on Adaptive Science and Technology (ICAST 2011)*, Abuja, pp. 174-177, 2011.
- [12] K. Syahgustina, *Simulasi dan Analisa Kinerja Sistem MIMO OFDM-FDMA Berdasarkan Alokasi Subcarrier*, Depok: Fakultas Teknik Program Studi Teknik Elektro Universitas Indonesia, 2009.

- [13] A. Ziani and A. Medouri, "Analysis of different Pseudo-Random and orthogonal spreading sequences in DS-CDMA," *2012 International Conference on Multimedia Computing and Systems*, pp. 558-564, 2012.
- [14] E. H. Dinan and B. Jabbari, "Spreading codes for direct sequence CDMA and wideband CDMA cellular networks," *IEEE Communications Magazine*, vol. 36, no. 9, pp. 48-54, 1998.
- [15] W. Jun, Z. Shihua, L. Fang and W. Lei, "Channel capacity of multiple-input multiple-output systems with transmit and receive correlation," *Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 19, no. 1, pp. 21-26, 2008.
- [16] D. Vuong, D. Le, K. Nguyen and B. Van Nguyen, "Correlation Receiver With Nonlinearity Blanking for DCSK Systems Under Pulse Jamming Attack," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 25037-25045, 2019.
- [17] K. Jayanthi, V. P. Arunachalam and C. Vasanthabayaki, "Improving The Performance And Reducing Bit Error Rate On Wireless Deep Fading Environment Receivers," *Journal of Computer Science*, vol. 10, no. 3, pp. 458-468, 2014.
- [18] I W. D. Andriasmika, I G. A. K. Diafari Djuni, N. M. A. E. Dewi Wirastuti, "Analisis Intercarrier Interference (ICI) Sistem Ofdm-Mimo Stbc Pada Kanal Frequency Selective Fading," *Jurnal Spektrum*, vol. 6, no. 1, pp. 90-95, 2019.
- [19] S. Tachikawa, "Recent spreading codes for spread spectrum communication systems," *Electronics and Communications in Japan*, pp. 41-49, 1992.
- [20] M. A. Abu-Rgheff, *Introduction to CDMA Wireless Communications*, California : Elsevier, 2007.
- [21] A. Chandra and S. Chattopadhyay, "Small Set Orthogonal Kasami codes for CDMA system," *2009 4th International Conference on Computers and Devices for Communication (CODEC), Kolkata*, pp. 1-4, 2009.