

Perbandingan Kinerja Deteksi Multiuser Linier Dan Deteksi Multiuser Dengan Jaringan Syaraf Tiruan Pada Sistem DS-CDMA

Popy Maria¹, Hadria Octavia², Teguh Firmansyah³
^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Politeknik Negeri Padang
³Jurusan Teknik Elektro, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Abstraksi — Beberapa hal yang dapat menurunkan kapasitas dan kualitas sinyal informasi yang diterima pada sistem DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) adalah interferensi, noise dan efek near-far. Pada umumnya efek near-far diatasi dengan menggunakan power control. Namun demikian power control tidak dapat mengatasi interferensi yang disebabkan oleh user lain pada kanal yang sama atau yang lebih dikenal dengan MAI (Multiple Access Interference). Pendekatan lain yang digunakan untuk mengatasi hal ini adalah dengan deteksi multiuser (MUD). Pada tugas akhir ini akan dibandingkan kinerja dari MUD linier yang terdiri dari decorrelating dan MMSE dengan MUD yang menggunakan jaringan syaraf tiruan (JST) dan mengacu pada deteksi konvensional. Jaringan syaraf tiruan ini menggunakan algoritma propagasi balik. Deteksi multiuser ini diaplikasikan pada output deteksi konvensional. Kinerja dari masing-masing detektor dilihat dari BER sebagai fungsi nilai SNR atau jumlah user pada kanal AWGN dan Rayleigh fading. Hasil simulasi pada kanal AWGN, menunjukkan bahwa MUD dengan JST mempunyai kinerja yang lebih baik. Untuk target BER 10^{-3} pada kanal AWGN, MUD decorrelating mencapainya pada SNR 6.3 dB, MUD MMSE pada SNR 5.97 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 5.89 dB sedangkan pada kanal Rayleigh, MUD decorrelating mencapainya pada SNR 11.74 dB, MUD MMSE pada SNR 10.91 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 10.31 dB.

Kata Kunci : DS-CDMA, deteksi konvensional, MMSE, decorrelating, jaringan syaraf tiruan propagasi balik

Abstract — Several thing which can degrade capacities and quality of signal information in DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access) system is interference, noise and near-far-effect. Generally, power control is suggested to mitigate the near-far effect but can't mitigate MAI (Multiple Access Interference) and noise. One of way to overcome MAI and noise is MUD (Multiuser Detection). This final project will be compared the performance linier MUD which consist of decorrelating and MMSE and MUD with neural network back propagation and related to conventional detection. For implementation MUD is done to output of conventional detector. The metric for evaluating performance is the probability of bit error achieved at certain signal to noise ratio and number of users in AWGN and Rayleigh channel. The simulation result in AWGN channel to show the MUD with neural network performance is better. For BER target 10^{-3} in AWGN channel MUD decorrelating get in SNR 6.3 dB, MUD MMSE in SNR 5.97 dB and MUD with neural network in SNR 5.89 dB and in Rayleigh channel, MUD decorrelating get in SNR 11.74 dB, MUD MMSE in SNR 10.91 dB and MUD with neural network in SNR 10 dB.

Keyword : DS-CDMA, conventional detection, MMSE, decorrelating, neural network back propagation

1. Pendahuluan

Sistem komunikasi selular dengan DS-CDMA (Direct Sequence Code Division Multiple Access), memiliki kapasitas maksimum yang terbatas karena adanya noise, interferensi dan efek near-far. Pada umumnya efek near-far diatasi dengan menggunakan power control sehingga semua MS akan mempunyai level daya yang sama ketika sinyal sampai di BTS. Namun demikian power control tidak dapat mengatasi interferensi yang disebabkan oleh user lain pada kanal yang sama atau yang lebih dikenal dengan MAI (Multiple Access Interference). MAI memiliki dampak

yang besar terhadap kualitas penerimaan apalagi kalau jumlah pengguna yang aktif semakin banyak, sehingga MAI akan melimpah dan mungkin saja menyebabkan komunikasi pengguna yang lemah akan terputus.

Detektor konvensional DS-CDMA merupakan deteksi single user atau sering juga disebut sebagai penerima matched filter yang menganggap interferensi dari sinyal pengguna yang lain pada kanal yang sama hanya sebagai Gaussian noise saja. Dalam kaitan dengan MAI dari pengguna lain, detektor konvensional ini tidak optimal. Pendekatan lain yang diperkenalkan untuk mengatasi hal ini adalah dengan deteksi multiuser (MUD). MUD mendeteksi data dengan

mempertimbangkan adanya interferensi yang berasal dari pengguna lain pada kanal.

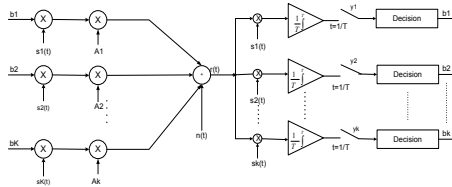
Jaringan syaraf tiruan merupakan salah satu metode dari sistem cerdas. Sistem cerdas ini merupakan sistem yang memiliki keahlian seperti manusia pada domain tertentu, mampu beradaptasi dan belajar agar dapat bekerja lebih baik jika terjadi perubahan lingkungan. Jaringan syaraf tiruan akan diaplikasikan pada *soft output* dari detektor konvensional.

Dalam tugas akhir ini akan dibandingkan kinerja dari deteksi multiuser linier yang terdiri dari decorrelating dan MMSE dengan deteksi multiuser yang menggunakan jaringan syaraf tiruan. Model sistem disimulasikan dengan Matlab 7.0. Dalam pengerjaannya sinyal yang dideteksi adalah sinyal baseband pada reverse channel dari sebuah sel pada sistem selular yang menerapkan sistem DS-CDMA sinkron. Penerima mengetahui urutan penyebaran kode spreading dari setiap *user*. Kinerja dilihat dari nilai probabilitas kesalahan bit sebagai fungsi nilai SNR atau jumlah user untuk kanal AWGN dan kanal *Rayleigh Fading*.

2. Dasar Teori

2.1. Sistem Penerima Konvensional

Pada sistem penerima konvensional (deteksi *single user*) salah satu user diidentifikasi sebagai user yang diinginkan, sedangkan yang lain dianggap sebagai interferensi. Sistem penerima seperti ini sering juga disebut sebagai penerima *matched filter*, yang *match* dengan sinyal *spreading* user yang diinginkan.



Gambar 1 Diagram Detektor Konvensional DS-CDMA

Sinyal terima baseband di penerima dapat dituliskan sebagai berikut:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k \sum_{i=1}^M b_k(i) s_k(t - iT - \tau_k) + n(t) \quad (1)$$

dimana :

- A_k = Amplitudo sinyal dari pengguna ke- k yang berhubungan dengan gain kanal c_k (diasumsikan real untuk penyederhanaan) dan daya yang ditransmisikan P_k yaitu:
 $A_k = c_k \cdot P_k$
- b_k = bit yang ditransmisikan oleh pengguna ke- k yang mana $b_k \in \{-1, +1\}$
- T = periode bit
- $s_k(t)$ = *signature waveform* untuk menentukan pengguna ke- k , yang terdiri dari *pseudo random sequence* dan *pulse shaping filter*:

$$s_k(t) = \frac{1}{T} \sum_{n=0}^{N-1} s_{n(k)} \cdot p(t - nT_c) \quad (2)$$

dimana $s_{n(k)} \in \{-1, +1\}$ adalah elemen ke- n dari *pseudo random sequence* dan $p(t)$ merupakan *pulse shaping filter*, yang didefinisikan :

$$p(t) = \begin{cases} 1 & \text{untuk } t \in [0, T] \\ 0 & \text{untuk yanglainnya} \end{cases} \quad (3)$$

sebagai catatan bahwa:

$$\frac{1}{T_c} \int_0^T |p(t)|^2 dt = 1$$

T_c = periode chip yang sama dengan T/N . Dari definisi diatas, *signature waveform* adalah real dan

$$\|s_k\|^2 = \int_0^T |s_k(t)|^2 dt = N \quad (4)$$

- $n(t)$ = *noise white Gaussian* dengan satuan *power spektral density*, σ^2 adalah daya *noise original*. *Noise* di skala dengan N , karena kuadrat normalisasi dari *signature waveform* adalah N .
- K merupakan jumlah pengguna dan M merupakan jumlah bit yang ditransmisikan.

Dengan asumsi menggunakan DS-CDMA dengan lintasan tunggal BPSK sinkron, sehingga $\tau_1 = \tau_2 = \dots = \tau_k = 0$ dan jumlah bit setiap pengguna sama sehingga cukup mempertimbangkan satu interval bit saja, maka sinyal yang diterima dapat dituliskan:

$$r(t) = \sum_{k=1}^K A_k b_k s_k(t) + n(t), t \in [0, T] \quad (5)$$

Kemudian sinyal yang diterima (sesuai dengan persamaan 5) *despreader* dengan kode pengirimnya, setelah itu dilakukan suatu integrasi dan decision. Sehingga keluaran dari *matched filter* untuk pengguna ke- k dapat dituliskan:

$$y_k = A_k b_k + \sum_{i=1, i \neq k}^K A_i b_i \rho_{ki} + n_k \quad (6)$$

dimana:

ρ_{ki} merupakan korelasi silang antara pengguna ke- i dengan ke- k

$$\rho_{ki} = \int_0^T s_k(t) s_i(t) dt \quad (7)$$

$n(t)$: *Noise White Gaussian* dengan rata-rata nol dan varian σ^2 .

$$n_k = \int_0^T n(t) s_k(t) dt \quad (8)$$

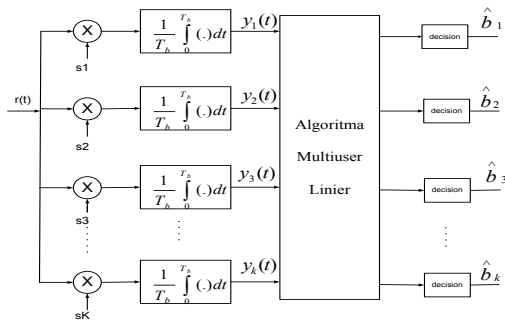
Dari persamaan (6) terlihat bahwa sinyal keluaran *matched filter* terdiri dari sinyal yang diinginkan, sinyal interferensi dan noise.

Penentuan data akhir pada deteksi *single user* dilakukan berdasarkan *soft decision*nya. *Decision* berfungsi untuk menentukan suatu nilai apakah bernilai 1 atau -1. Terlihat bahwa tiap cabang detektor hanya mendeteksi satu pengguna tanpa melihat pengguna lain. Tidak ada pembagian informasi atau pemrosesan sinyal bersama. Keberhasilan detektor ini hanya tergantung pada korelasi antar kode penebarannya saja.

2.2. Sistem Penerima Multiuser DS CDMA

Salah satu pendekatan untuk menanggapi masalah sinyal penginterferensi (MAI) adalah dengan deteksi multiuser. Prinsip utama deteksi multiuser adalah mendeteksi sinyal terima berdasarkan informasi dari semua sinyal user yang ditransmisikan secara serempak dan simultan.

Detektor multiuser linier digunakan bersamaan dengan penerima konvensional. Setelah sinyal terima didespreading dan diintegrasikan dengan *matched filter*, sinyal dideteksi dengan detektor multiuser. Hal ini dapat dilihat dari gambar (2).



Gambar 2 Blok Penerima Multiuser DS CDMA

Detektor multiuser melakukan beberapa transformasi pada vektor output dari *matched filter* untuk mendapatkan sinyal yang diinginkan. Vektor keluaran dari bank of *K matched filter* dapat ditulis sebagai berikut :

$$y = RAb + n \tag{9}$$

dimana :

$$y = [y_1, y_2, \dots, y_k]^T$$

$$R = \{\rho_{ki}\}, \text{ : Matrik korelasi silang}$$

$$A = \text{diag}[A_1, A_2, \dots, A_k]^T,$$

$$b = [b_1, b_2, \dots, b_k]^T$$

Pada detektor linier penerima harus mengetahui kode *spreading* dari pengguna yang diinginkan dan pengguna penginterferensi. Multiuser linier diaplikasikan pada output dari *matched filter*.

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((Ly)_k) \tag{10}$$

dimana *L* merupakan algoritma multiuser linier

A. Decorrelating

Pada detektor linier *decorrelating* algoritma multiuser linier yang digunakan merupakan invers matrik korelasi silang antar kode *spreading* setiap pengguna.

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((R^{-1}y)_k) \tag{11}$$

sehingga

$$\hat{b}_k = \text{sgn}((Ab + R^{-1}n)_k) \tag{12}$$

Dari persamaan (12) dapat dilihat bahwa algoritma *decorrelating* dapat menghilangkan MAI namun tidak dapat menghilangkan noise.

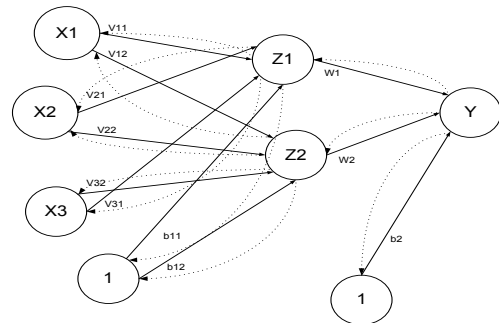
B. MMSE

Detektor MMSE merupakan linier *mapping* dengan meminimalkan rata-rata kesalahan kuadrat dari sinyal yang berbeda. Persamaan linier MMSE dapat dituliskan:

$$L_{MMSE} = \left(R + \frac{1}{SNR} \right)^{-1} \tag{13}$$

2.3. JST Propagasi Balik

Propagasi Balik (PB) merupakan salah satu metode pembelajaran terawasi pada jaringan syaraf tiruan(JST). JST-PB menggunakan *error output* untuk mengubah nilai bobot-bobotnya dalam arah yang mundur (*backward*). Untuk mendapatkan *error* ini, tahap perambatan maju (*forward propagation*) harus dikerjakan terlebih dahulu.



Gambar 3 Blok Diagram JST Propagasi Balik

Algoritma Propagasi Balik

1. Untuk sejumlah x data dan tiap-tiap pasangan elemen yang akan dilakukan pembelajaran sebagai berikut:

Feedforward :

- a. Tiap-tiap unit input ($X_i, i = 1, 2, 3, \dots, n$) menerima sinyal x_i dan meneruskan sinyal tersebut ke semua unit pada lapisan yang ada di sebelumnya (lapisan tersembunyi).

- b. Tiap-tiap unit tersembunyi ($Z_j, j = 1, 2, 3, \dots, p$) menjumlahkan sinyal- sinyal input terbobot

$$z_in_j = b1_j + \sum_{i=1}^n x_i v_{ij} \tag{14}$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$z_j = f(z_in_j) \tag{15}$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan berikutnya (unit-unit output).

- c. Tiap-tiap unit output ($Y_k, k = 1, 2, 3, \dots, m$) menjumlahkan sinyal-sinyal input terbobot.

$$y_in_k = b2_k + \sum_{i=1}^p z_i w_{jk} \quad (16)$$

gunakan fungsi aktivasi untuk menghitung sinyal outputnya:

$$y_k = f(y_in_k) \quad (17)$$

dan kirimkan sinyal tersebut ke semua unit di lapisan berikutnya (unit-unit output). Galat (E) merupakan selisih antara nilai keluaran yang diinginkan (T) dengan nilai keluaran yang sesungguhnya.

$$E_k = T - y_k \quad (18)$$

Untuk tiap-tiap unit outputnya (k = 1, 2, 3, ..., m), hitung *Sum Square Error (SSE)* dengan persamaan berikut:

$$SSE = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^m (E_k)^2 \quad (19)$$

Backpropagation :

- d. Tiap-tiap unit output (Y_k, k = 1, 2, 3, ..., m) menerima target pola yang berhubungan dengan pola input pembelajaran, hitung informasi errornya:

$$\delta 2_k = (t_k - y_k) f'(y_in_k) \quad (20)$$

$$\varphi 2_{jk} = \delta_k z_j \quad (21)$$

$$\beta 2_k = \delta_k \quad (22)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai w_{jk}):

$$\Delta w_{jk} = \alpha \varphi 2_{jk} \quad (23)$$

hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{2_k}):

$$\Delta b 2_k = \alpha \beta 2_k \quad (24)$$

langkah (d) ini juga dilakukan sebanyak jumlah lapisan tersembunyi, yaitu menghitung informasi error dari suatu lapisan tersembunyi ke lapisan tersembunyi sebelumnya.

- e. Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j, j = 1, 2, 3, ..., p) menjumlahkan *delta* inputnya (dari unit-unit yang berada pada lapisan berikutnya):

$$\delta_in_j = \sum_{k=1}^m \delta 2_k w_{jk} \quad (25)$$

kalikan nilai ini dengan turunan dari fungsi aktivasinya untuk menghitung informasi error:

$$\delta 1_j = \delta_in_j f'(z_in_j) \quad (26)$$

$$\varphi 1_{ij} = \delta 1_j x_j \quad (27)$$

$$\beta 1_j = \delta 1_j \quad (28)$$

kemudian hitung koreksi bobot (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai v_{ij}):

$$\Delta v_{ij} = \alpha \varphi 1_{ij} \quad (29)$$

Hitung juga koreksi bias (yang nantinya akan digunakan untuk memperbaiki nilai b_{1_j}):

$$\Delta b 1_j = \alpha \beta 1_j \quad (30)$$

- f. Tiap-tiap unit output (Y_k, k = 1,2,...,m) memperbaiki bias dan bobotnya (j = 1,2,...,p)

$$w_{jk} (baru) = w_{jk} (lama) + \Delta w_{jk} \quad (31)$$

$$b 2_k (baru) = b 2_k (lama) + \Delta b 2_k \quad (32)$$

Tiap-tiap unit tersembunyi (Z_j, j = 1,2,...,p) memperbaiki bias dan bobotnya (i = 0,1,2,...,n):

$$b 1 (baru) = b 1_j (lama) + \Delta b 1_j \quad (33)$$

2. Hitung MSE untuk tiap epoch

$$MSE = \frac{1}{data} (\sum SSE) \quad (34)$$

Proses pembelajaran akan berhenti jika target MSE telah tercapai.

3. Model dan Sistem

3.1 Blok pengirim DS-CDMA

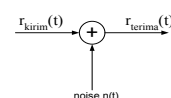
Blok pengirim DS CDMA terdiri dari:

1. Generator pembangkitan data
2. *Channel coding* digunakan untuk mengurangi kesalahan pengiriman bit dengan menambahkan sejumlah bit *redundan* kepada bit informasi yang dikirimkan. Channel coding yang digunakan adalah convolutional encoder dengan code rate R=1/3. Nilai generator polinomial yang digunakan adalah
 $g_0 = 557_{(oktal)} = 101101111_{(biner)}$,
 $g_1 = 663_{(oktal)} = 110110011_{(biner)}$,
 $g_2 = 711_{(oktal)} = 111001001_{(biner)}$
3. Interleaver dirancang untuk menyebar pola urutan bit-bit yang sebenarnya, agar pengaruh dari *burst error* tidak menyebabkan pola error yang berurutan. Interleaver yang digunakan adalah block interleaver dengan ukuran matrik 32 x 18.
4. Mapping dengan menggunakan BPSK.
5. Spreading dengan menggunakan kode gold dengan panjang N = 31.

3.2 Kanal Propagasi

3.2.1 AWGN

AWGN dapat dimodelkan sebagai berikut:



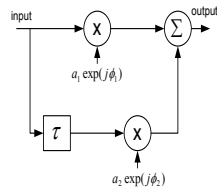
Gambar 4 Model Kanal AWGN

Hubungan antara daya noise dengan SNR adalah:

$$SNR = \frac{E_x}{\sigma^2} \implies \sigma^2 = \frac{1}{SNR} \quad (35)$$

3.2.2 Rayleigh Fading

Rayleigh fading menggunakan model 2-ray delay fading model. Pembangkitan generator Rayleigh menggunakan model Jakes.



Gambar 5 Model 2-Ray Delay Fading

Efek Doppler merupakan suatu gejala di mana frekuensi yang diterima receiver tidak sama dengan frekuensi yang dikirim oleh transmitter yang disebabkan pergeseran relatif antara pengirim dan penerima. Frekuensi yang diterima akan meningkat jika penerima bergerak mendekati pengirim dan menurun jika penerima bergerak menjauhi pengirim. Frekuensi Doppler maksimum adalah:

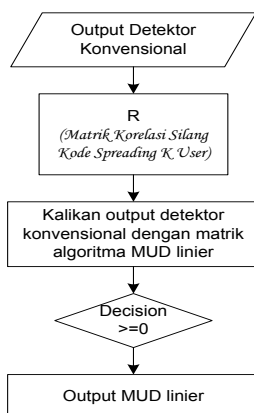
$$f_d = \frac{v \cdot f_c}{c} \quad (36)$$

di mana v adalah kecepatan penerima, f_c adalah besarnya frekuensi pembawa dan c adalah kecepatan cahaya.

3.3 Blok Penerima DS-CDMA

Blok penerima terdiri dari:

1. Despreading dengan menggunakan kode yang identik dengan kode spreading
2. Detektor Multiuser Linier
Detektor multiuser linier diaplikasikan pada output detektor konvensional atau output dari despreading.



Gambar 6 Diagram alir MUD linier

3. Detektor Multiuser dengan JST-PB

JST yang diaplikasikan pada sistem adalah JST dengan bobot yang telah terlatih. Proses latihan

dengan menggunakan algoritma propagasi balik sedangkan untuk proses pengetesan hanya menggunakan algoritma propagasi balik.

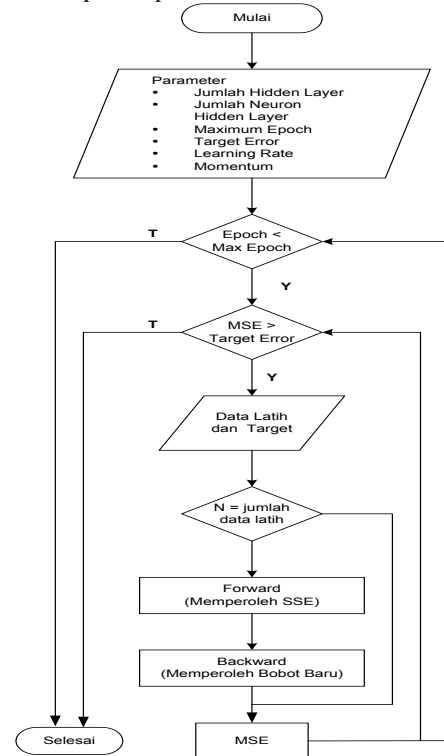
Beberapa hal yang perlu ditetapkan sebelum proses pelatihan dan pengetesan:

- 1) Inisialisasi bobot awal dilakukan secara random antara -1 s/d 1.
- 2) Fungsi aktivasi yang digunakan adalah sigmoid biner

$$y = f(x) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha x}} \quad (37)$$

dengan $f'(x) = \sigma'(x)[1 - \sigma(x)]$

- 3) Laju pembelajaran 0 s/d 1
- 4) Nilai momentum 0 s/d 1
- 5) Jumlah neuron input adalah 31 dengan neuron di lapis output 1

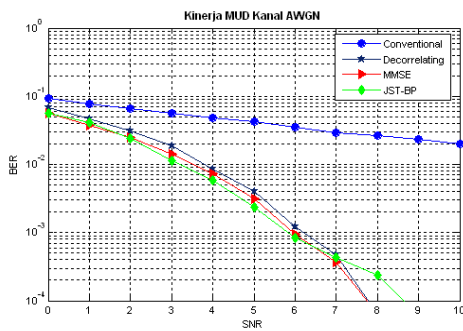


Gambar 7 Diagram Latihan JST Propagasi Balik

4. *Deinterleaver* dilakukan dengan cara yang berbalik dengan proses *interleaver* dengan jumlah blok interleaver yang sama. Decoding dengan menggunakan *hard decision* viterbi decoder dengan menggunakan fungsi MATLAB vitdec. Prinsip kerja dari decoder viterbi adalah berdasarkan prinsip *maximum likelihood* decoding dan informasi akan diagram trellis encoder pengirim.
5. Perhitungan BER

4. Hasil Dan Analisa

4.1 Simulasi Kinerja Pada Kanal AWGN

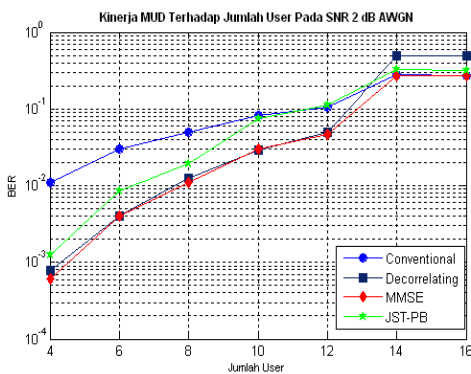


Gambar 8 Kinerja Detektor Pada Kanal AWGN

Gambar 8 menunjukkan perbandingan kinerja dari setiap detektor pada kanal AWGN dengan jumlah user aktif 10. Untuk detektor konvensional perubahan SNR tidak menunjukkan perbaikan sistem, grafik BER cenderung tetap, sedangkan penggunaan MUD dapat memberikan perbaikan sistem dengan bertambahnya SNR. Untuk mendapatkan target BER 10⁻³, detektor decorrelating mencapainya pada SNR 6.30 dB, detektor MMSE mencapai pada SNR 5.97 dB sedangkan dengan JST target dicapai pada SNR 5,89 dB.

Jika dibandingkan antara decorrelating, MMSE dan dengan JST, MUD dengan JST memberikan kinerja yang lebih baik. Terhadap decorrelating, MUD dengan JST membutuhkan SNR 0.41 dB lebih rendah dan terhadap MMSE 0.08 dB lebih rendah.

4.2 Simulasi Pengaruh Jumlah User Pada Kanal AWGN



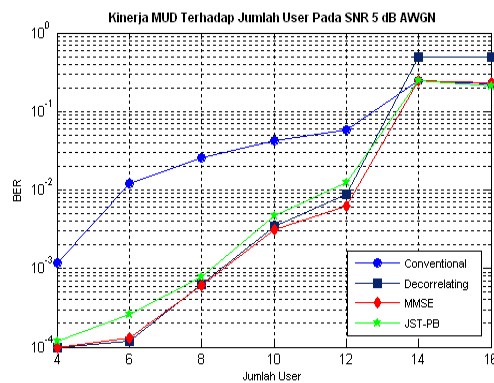
Gambar 9 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB AWGN

Gambar 9 menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 2 dB terhadap BER sistem pada kanal AWGN. Dapat dilihat bahwa semakin banyak jumlah user yang aktif kinerja sistem semakin menurun. Namun demikian penggunaan MUD dan JST dapat memperbaiki kinerja. Untuk mendapatkan BER 10⁻³, JST dapat mencapainya pada jumlah user aktif kurang dari 4 user, sedangkan MMSE dan decorrelating mencapai pada jumlah user aktif 4.2 ≈ 5. Untuk jumlah user lebih dari 14 terlihat nilai BER konstan.

Jumlah user 14 dapat disimpulkan merupakan titik jenuh sistem. Titik jenuh merupakan titik dimana perubahan BER untuk penambahan user tidak mengalami perubahan. Titik ini menunjukkan pengaruh jumlah user maksimum yang dapat ditangani sistem

untuk pemakaian kanal secara simultan dan serempak. Keempat detektor mengalami titik jenuh yang sama yaitu pada user 14. Hal ini karena keempat detektor disimulasikan pada sistem yang sama .

Gambar 10 menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 5 dB terhadap BER sistem pada kanal AWGN. Untuk mendapatkan BER 10⁻³, detektor konvensional dapat mencapainya untuk jumlah user kurang dari empat. Detektor dengan JST mencapainya pada jumlah user 8.4 ≈ 9 user, dan detektor decorrelating dan MMSE pada jumlah user 8.7 ≈ 9 user. Dapat dilihat bahwa terjadi penambahan kapasitas user sebesar ≈ 2.25 kali jika menggunakan MUD linier dan JST dibandingkan terhadap detektor konvensional. Titik jenuh sistem dicapai pada jumlah user 14.

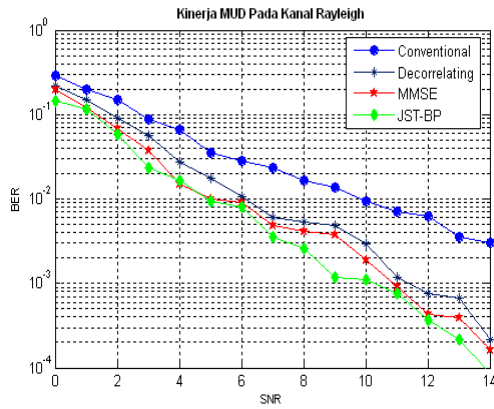


Gambar 10 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 5 dB AWGN

Dengan kenaikan SNR juga dapat dilihat bahwa sistem juga mengalami perbaikan. Dapat dilihat sistem pada SNR 2 dB lebih sensitif terhadap penambahan jumlah user dibandingkan dengan sistem pada SNR 5 dB. Misalnya untuk jumlah user aktif 8, BER sistem dengan JST pada SNR 2 dB adalah 0.0193 sedangkan untuk SNR 5dB adalah 0.0008.

4.3 Simulasi Kinerja Pada Kanal Rayleigh Fading

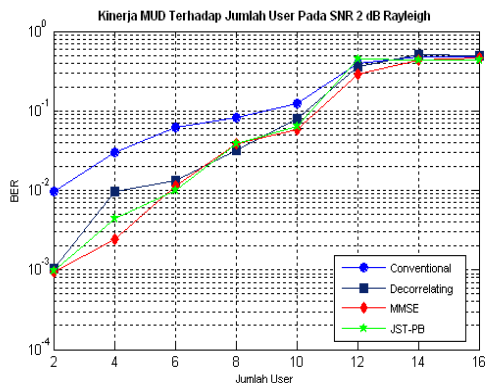
Gambar 11 menunjukkan kinerja setiap detektor pada kanal Rayleigh. Dapat dilihat bahwa setiap sistem melakukan perbaikan kinerja sebanding dengan pertambahan nilai SNR. Untuk mendapatkan target BER 10⁻³, detektor konvensional tidak dapat mencapainya sedangkan detektor decorrelating dapat mencapainya pada SNR 11.74 dB, MMSE pada SNR 10.91 dB, sedangkan detektor dengan JST dapat mencapainya pada SNR 10.31 dB.



Gambar 11 Kinerja Detektor Pada Kanal Rayleigh

Dibandingkan dengan kinerja pada kanal AWGN, kinerja pada kanal fading lebih jelek. Misalnya untuk detektor MMSE, target BER pada kanal AWGN diperoleh pada SNR 5.97 dB, sedangkan pada kanal Rayleigh diperoleh pada SNR 10.91 dB. Dari hal ini dapat dilihat bahwa pengaruh multipath fading sangat mempengaruhi kinerja sistem.

4.4 Simulasi Pengaruh Jumlah User Pada Kanal Rayleigh Fading

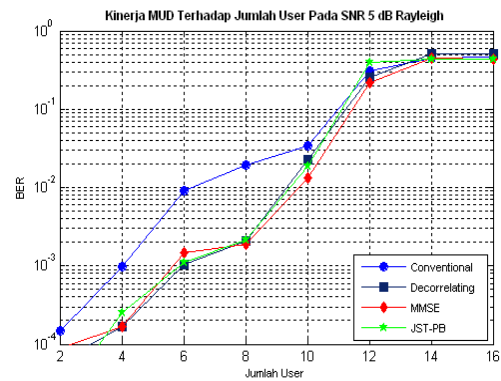


Gambar 12 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB Rayleigh

Gambar 12 menunjukkan kinerja MUD terhadap pengaruh jumlah user yang aktif. Untuk mendapatkan BER 10^{-3} pada SNR 2 dB, detektor konvensional tidak dapat mencapainya, sedangkan untuk detektor MMSE, decorrelating dan MUD JST dicapai pada jumlah user 2. Namun demikian, dibandingkan dengan detektor konvensional, decorrelating dan MMSE, MUD dengan JST lebih cepat mencapai titik jenuh. JST mencapai titik jenuh pada jumlah user 12, sedangkan detektor konvensional, decorrelating dan MMSE titik jenuh dicapai pada jumlah user 14.

Gambar 13 diatas menunjukkan pengaruh jumlah user pada SNR 5 dB dari detektor multiuser. Dari grafik dapat dilihat untuk mendapatkan BER 10^{-3} , detektor konvensional dicapai pada jumlah user 4. Sedang untuk decorrelating, BER 10^{-3} dicapai pada jumlah user 6 dan MMSE pada jumlah user $5.6 \approx 6$. Untuk JST, BER 10^{-3} dicapai pada jumlah user 6. Jika dibandingkan terhadap detektor konvensional, penggunaan MUD linier dan

MUD dengan JST memberikan peningkatan jumlah user 1.5 kali lebih banyak.



Gambar 13 Pengaruh Jumlah User Pada SNR 2dB Rayleigh

5. Kesimpulan

Dari simulasi perbandingan kinerja detektor multiuser linier dan detektor multiuser dengan jaringan syaraf tiruan dapat disimpulkan:

1. Kinerja sistem dipengaruhi oleh SNR dan jumlah user yang aktif.
2. Pada kanal AWGN, untuk mendapatkan target BER 10^{-3} , detektor decorrelating mencapainya pada SNR 6.3 dB, MMSE mencapainya pada SNR 5.97 dB sedangkan dengan JST target dicapai pada SNR 5.89 dB
3. Pada kanal Rayleigh fading, detektor dengan JST memberikan kinerja yang lebih baik dibanding yang lainnya. Untuk target BER 10^{-3} pada kanal Rayleigh, MUD *decorrelating* mencapainya pada SNR 11.74 dB, MUD MMSE pada SNR 10,91 dB, dan MUD dengan JST pada SNR 10.31 dB.
4. Pengaruh jumlah user yang aktif pada saat yang bersamaan terhadap BER sistem pada SNR yang sama sangat mempengaruhi kinerja sistem. Pada SNR 2 dB untuk mendapat target BER 10^{-3} pada kanal AWGN, MUD dengan JST dapat mencapainya pada jumlah user aktif kurang dari 4 user, sedangkan MMSE dan decorrelating mencapai pada jumlah user aktif ≈ 5 . sedangkan untuk kanal Rayleigh pencapaian target untuk detektor MMSE, decorrelating dan dengan JST dicapai pada jumlah user 2.
5. Untuk mendapatkan target BER 10^{-3} pada SNR 5 dB, pada kanal AWGN detektor dengan JST mencapainya pada jumlah user 8.4 ≈ 9 , detektor decorrelating dan MMSE pada jumlah user 8.7 ≈ 9 . dan pada kanal Rayleigh target dicapai untuk decorrelating pada jumlah user 6, MMSE pada jumlah user $5.6 \approx 6$ dan dengan JST dicapai pada jumlah user 6.

6. Saran

1. Untuk penelitian selanjutnya dapat dikembangkan dengan power kontrol yang tidak sempurna .
2. Penelitian juga dapat disimulasikan pada sistem DS CDMA asinkron.

3. Dapat dilakukan simulasi kinerja dengan detektor suboptimal non linier (SIC dan PIC) dan sistem yang adaptif.
4. Untuk deteksi dengan kecerdasan buatan dapat digunakan algoritma yang lain seperti algoritma genetik dan algoritma fuzzy.

7. Daftar Pustaka

- [1] Aditya Mahajan dan Ravi Agarwal. *Multiuser Detection in DS-CDMA*. Project Report Digital Signal Processing
- [2] Adriansyah, Nachwan Mufti. *Diktat Kuliah Sistem Komunikasi Bergerak*. STT Telkom: Bandung. 2003
- [3] H.Vincent Poor dan Sergio Verd'u. *Probability of Error in MMSE Multiuser Detection*. IEEE Transaction on Information Theory, vol. 43, no. 3, may 1997
- [4] Jhong Sam Lee dan Leonard E. Miller. *CDMA Systems Engineering Handbook*. Artech House: London. 1998
- [5] J.P. Cances dan V.Meghdadi. *Multiuser Detection for DS-CDMA transmission Systems using Neural Network Techniques*. Ecole Nationale Supérieure d'Ingénieurs de Limoges.
- [6] Kusumadewi, Sri. *Membangun Jaringan Syaraf Tiruan Menggunakan Matlab & Exel Link*. Graha Ilmu: Yogyakarta .2004
- [7] Muhamad Milchan, Suwadi, Tri Budi santoso,dkk. *Kinerja Multiuser Detection Pada Sistem Komunikasi DS-CDMA Sinkron Menggunakan Backpropagation Neural Network*. Jurnal. ITS Surabaya. 2002.
- [8] Nurhandono, David. *Analisis Kinerja Sub-optimal Linier Multiuser Detection Pada Sistem DS-CDMA*. Stttelkom. 2005
- [9] Rappaport, Theodore. *Wireless Communication*. New Jersey: Prentice-Hall. 1996
- [10] R. Michael Buehrer, Correal-Mendoza, dan Brian D.Woerner. *A Simulation Comparison of Multiuser Receivers for Cellular CDMA*. IEEE Transactions On Vehicular Technology, vol. 49, no. 4, July 2000.
- [11] Roger Peterson, Rodger Ziemer, dan Peter Borth. *Introduction to Spread Spectrum Communications*. New Jersey: Prentice-Hall. 1995
- [12] Xiao, Chengshan. *Rayleigh Channel Fading Simulator: Problems and Solutions*. University of Missouri: Columbia. 2003