

ANALISA UNJUK KERJA SISTEM V-BLAST PADA KANAL FREQUENCY SELECTIVE FADING DALAM RUANGAN DENGAN MENGGUNAKAN MODULASI J-ary QAM

I Gusti Agung Komang Diafari Djuni Hartawan

igakdiafari@yahoo.com

Staf Pengajar Program Studi Teknik Elektro, Universitas Udayana

ABSTRAK

Sistem V-BLAST (Vertikal BLAST) merupakan salah satu sistem komunikasi tanpa kabel (wireless) yang dapat meningkatkan kapasitas sistem dengan menggunakan antena pemancar dan penerima yang lebih dari satu, yang dikenal dengan multi elemen antenna. Dalam Vertikal BLAST ini, menggunakan modulasi J-ary QAM, dimana masing-masing pemancar dan penerima menggunakan J-ary QAM dan bentuk diagram konstelasi sinyal yang sama. Propagasi gelombang radio dari pemancar ke penerima pada sistem V-BLAST yang terjadi didalam ruangan (indoor) dapat menimbulkan fading. Frequency selective fading merupakan salah satu bentuk fading yang dapat mengakibatkan interferensi antar simbol (ISI).

Dari hasil penelitian diperoleh bahwa sistem V-BLAST yang menggunakan tingkat modulasi 4-QAM memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari sistem dengan tingkat modulasi 8-QAM atau 16-QAM. Semakin tinggi nilai rms delay spread yang dinormalisasi, unjuk kerja sistem V-BLAST akan semakin buruk untuk seluruh tingkat modulasi QAM (J-ary QAM) yang digunakan.

Kata kunci: Vertikal BLAST, frekuensi selective fading, dan modulasi J-ary QAM

1. PENDAHULUAN

Pemakaian antena tunggal untuk mengirim informasi melalui gelombang radio, sering dilihat pada sistem komunikasi tanpa kabel (*wireless*). Namun belakangan ini, ada teknik baru yang menggunakan multi elemen antena pada kedua sisi pemancar dan penerima dalam suatu lintasan radio yang dikenal dengan sebutan BLAST (*Bell Layered Space Time*). BLAST merupakan teknik komunikasi yang dapat meningkatkan kapasitas sistem dengan menggunakan jumlah antena pemancar dan penerima lebih dari satu, yang dikenal dengan multi elemen antena. Ada dua sistem BLAST yaitu D-BLAST (*Diagonal BLAST*) dan V-BLAST (*Vertikal BLAST*). Perbedaan dasar antara D-BLAST dan V-BLAST terletak pada proses pengkodean. Dalam D-BLAST, redundansi yang ada pada sub deretan data, menggunakan pengkodean blok. Struktur kode blok D-BLAST ini diatur secara diagonal dalam ruang dan waktu (*space-time*) tapi struktur ini lebih kompleks dalam implementasinya. Sistem BLAST yang lebih sederhana yaitu pada V-BLAST, dimana proses pengkodeannya merupakan operasi demultipleks yang sederhana, lalu bit yang independen pada setiap sub deretan diubah dalam bentuk simbol. Tidak ada bentuk pengkodean lain yang diperlukan dan hanya dilakukan dengan pengkodean biasa, sub deretan ini menjadi lebih mudah diaplikasikan.

Dalam vertikal BLAST ini, sistem modulasinya menggunakan J-ary QAM. Dengan sistem modulasi ini deretan bit yang akan dikirim, diubah dalam bentuk simbol-simbol. Jumlah bit

dalam simbol tergantung pada jumlah J-ary dari QAM. Masing-masing pemancar menggunakan J-ary QAM yang sama dan bentuk konstelasi sinyal dari setiap QAM harus sama untuk semua pemancar

Propagasi gelombang radio dari pemancar ke penerima didalam ruangan pada sistem V-BLAST dapat menimbulkan *fading*. *Frequency selective fading* merupakan salah satu bentuk fading dimana sinyal yang diterima mengalami distorsi dan dispersi. Hal ini disebabkan sinyal yang diterima terdiri dari beberapa sinyal, terjadi redaman dan waktu tunda, sehingga menimbulkan dispersi waktu dari simbol yang ditransmisikan. Perbedaan waktu tunda dari simbol-simbol ini mengakibatkan interferensi antar simbol (ISI).

Oleh karena itu, perlu adanya evaluasi kinerja sistem V-BLAST dengan tingkat modulasi QAM yang berbeda pada kanal *Frequency selective fading* untuk kondisi di dalam ruangan (*indoor*). Dari penelitian ini diharapkan memperoleh hubungan antara *Signal to Noise Ratio* (SNR) dengan VSER, *rms delay spread* yang dinormalisasi dengan VSER..

2. TINJAUAN PUSTAKA

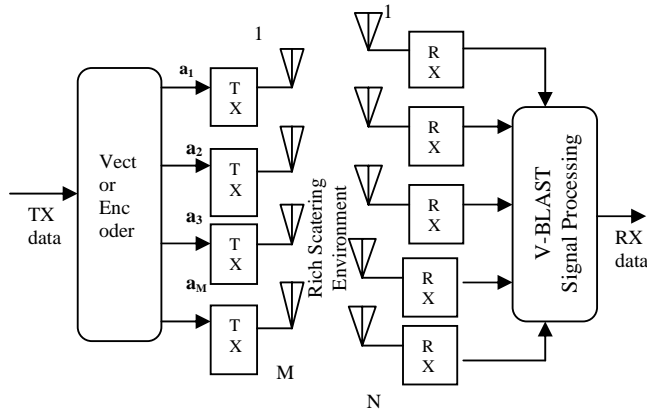
2.1 Sistem V-BLAST

Sistem BLAST merupakan suatu teknik mengirimkan deretan data tunggal yang dimultipleksing dalam M sub deretan dan setiap sub deretan, diubah dalam bentuk simbol yang dilewatkan ke masing-masing pemancar. Pemancar dari 1 sampai M bekerja secara co channel dengan kecepatan simbol $1/T$ simbol per detik dengan sinkronisasi waktu simbol. Setiap pemancar itu

sendiri merupakan pemancar dengan modulasi QAM. Pemancar-pemancar tersebut merupakan suatu vektor dimana komponen – komponen setiap M-vektor yang ditransmisikan adalah simbol-simbol yang diperoleh dari konstelasi QAM. Diasumsikan bahwa konstelasi yang digunakan setiap sub deretan sama dan pengiriman itu diatur dalam bentuk bursts L simbol. Daya yang dikeluarkan oleh setiap pemancar sebanding dengan $1/M$ sehingga daya total yang diradiasikan adalah M dan konstan. Blok diagram sistem V-BLAST dengan jumlah pemancar M, jumlah penerima N dan vektor simbol $\mathbf{a} = [a_1, a_2, a_3, a_M]^T$ dapat dilihat di gambar 1.

Untuk kesederhanan analisa system, maka kanal diasumsikan flat fading dan fungsi transfer kanal matrik dinyatakan dengan $\mathbf{H}^{N \times M}$, dimana komponen matrik h_{nm} merupakan fungsi transfer dari pemancar m ke penerima n .

Penerima dari 1 sampai N penerima dengan demodulasi QAM biasa dan bekerja secara *co channel*. Setiap penerima akan menerima sinyal yang diradiasi dari seluruh M pemancar.



Gambar 2.1. Blok diagram sistem V-BLAST

2.2 Proses deteksi pada V-BLAST

Dalam proses deteksi vektor simbol dari satu pengiriman, perlu asumsi sinkronisasi simbol. Misalkan $\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$ menyatakan vektor suatu simbol yang dikirim, lalu vektor simbol yang diterima adalah [1]

$$\mathbf{r}_1 = \mathbf{H} \mathbf{a} + \mathbf{v} \quad (1)$$

dengan \mathbf{H} = fungsi transfer kanal matrik
 \mathbf{v} = vektor noise yang komponennya terdistribusi gaussian.

Jika urutan vektor simbol diterima merupakan komponen vektor simbol \mathbf{a} , yang dimisalkan sebagai $\mathbf{S} \equiv \{k_1, k_2, \dots, k_M\}$. Maka, proses deteksinya dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Nulling

Masing-masing sub-deretan secara bergantian diestimasi sebagai sinyal yang diinginkan (sinyal yang terkuat), sedangkan sinyal yang lainnya (sinyal yang lebih lemah) dinyatakan sebagai sinyal interferensi, yaitu:

$$y_{k_1} = \mathbf{w}_{k_1}^T \mathbf{r}_1 \quad (2)$$

dengan y_{k_1} = sub deretan data ke k_1

\mathbf{w}_{k_1} = vektor nulling

2. Slicing

Sinyal yang telah diestimasi, dideteksi untuk mendapatkan bit-bit data, yaitu *slice* y_{k_1} untuk

mendapatkan \hat{a}_{k_1} :

$$\hat{a}_{k_1} = Q(y_{k_1}) \quad (3)$$

dengan $Q(\cdot)$ menyatakan operasi kuantisasi (*slicing*) yang sesuai dengan konstelasi yang digunakan.

3. Cancellation

Sinyal interferensi dari komponen vektor simbol ' \mathbf{a} ' yang sudah dideteksi dikurangkan dari vektor sinyal yang diterima.

Asumsikan bahwa $\hat{a}_{k_1} = a_{k_1}$, cancel a_{k_1} dari vektor terima \mathbf{r}_1 untuk menghasilkan vektor terima yang termodifikasi, \mathbf{r}_2 .

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 - \hat{a}_{k_1} (\mathbf{H})_{k_1} \quad (4)$$

dimana $(\mathbf{H})_{k_1}$ menyatakan kolom ke- k_1 dari \mathbf{H} .

Untuk komponen k_2, \dots, k_M dilakukan dengan cara yang sama seperti proses 1 sampai 3, sehingga diperoleh vektor simbol yang diterima, yaitu $\mathbf{r}_2, \dots, \mathbf{r}_M$

SNR untuk komponen ke- k_i dari vektor simbol \mathbf{a} yang telah dideteksi diperoleh dari [1]

$$\rho_{k_i} = \frac{\langle |a_{k_i}|^2 \rangle}{\sigma^2 \|\mathbf{w}_{k_i}\|^2} \quad (5)$$

Proses deteksi dengan memperhatikan urutan deteksi yang optimal secara lengkap dapat di jelaskan dengan prosedur rekursif, seperti pada persamaan di bawah:

inisialisasi:

$$i \leftarrow 1 \quad (6a)$$

$$\mathbf{G}_1 = \mathbf{H}^+ \quad (6b)$$

$$k_1 = \arg \min_j \|\mathbf{G}_1\|_j \quad (6c)$$

rekursif

$$\mathbf{w}_{k_i} = (\mathbf{G}_i)_{k_i} \quad (6d)$$

$$y_{k_i} = \mathbf{w}_{k_i}^T \mathbf{r}_i \quad (6e)$$

$$\hat{a}_{k_i} = Q(y_{k_i}) \quad (6f)$$

$$\mathbf{r}_{i+1} = \mathbf{r}_i - \hat{a}_{k_i} (\mathbf{H})_{k_i} \quad (6g)$$

$$G_{i+1} = H_{k_i}^{\pm} \tag{6h}$$

$$k_{i+1} = \arg \min_{j \in \{k_1, \dots, k_{i-1}\}} \left\| (G_{i+1})_j \right\|^2 \tag{6i}$$

$$i \leftarrow i + 1 \tag{6j}$$

dengan $(G_i)_j$ merupakan G_i pada baris ke- j . Notasi $H_{k_i}^{\pm}$ seperti persamaan diatas, terdiri dari H_{k_i} sebagai matriks yang diperoleh dari kolom k_1, k_2, \dots, k_{i-1} dari matriks H yang dibuat nol dan tanda '+' menyatakan pseudoinverse. Persamaan (6c) dan (6i) digunakan untuk menentukan ordering yang optimal, persamaan (6d) sampai persamaan (6g) dipakai untuk poses nulling, slicing dan cancellation. Sedangkan perhitungan pseudoinverse yang baru untuk iterasi selanjutnya menggunakan persamaan (6h).

Pseudoinverse yang baru ini, didapat dari H yang kolom-kolom k_1, k_2, \dots, k_{i-1} telah dijadikan nol. Hal ini disebabkan kolom tersebut berhubungan dengan komponen vektor a yang sudah diestimasi dan di cancelling.

2.3 Tanggapan Impuls dari Kanal Multipath

Dalam sistem V-BLAST ini, mengasumsikan bahwa kanal tidak bervariasi waktu, sehingga persamaan tanggapan impuls dari pemancar ke- m ke penerima ke- n diberikan persamaan[7]:

$$h_{nm}(t) = \sum_{k=1}^6 h_{nm}^k \delta(t - t_k) \tag{7}$$

dengan h_{nm}^k adalah proses random Gaussian dengan rata-rata nol dan h_{nm}^k tidak berkorelasi, t_k adalah excess delay dari lintasan yang ke- k .

2.4 Power Delay Profile

Secara umum Power Delay Profile (PDP) merupakan hubungan antara daya yang diterima dengan excess delay. Excess delay adalah delay relatif dari suatu komponen multipath yang dibandingkan dengan komponen lintasan yang pertama diterima.. Dalam penelitian ini menggunakan Power Delay Profile (PDP) di dalam ruangan (indoor). PDP yang ada didalam ruangan (indoor) dapat dilihat pada Tabel 2.1 [11]

Tabel 1 PDP pada kanal di dalam ruangan

| Path, k | Path delay, t_k (ns) | $p(t_k)$ [dB] |
|-----------|------------------------|---------------|
| 1 | 0 | 0 |
| 2 | 5 | -1 |
| 3 | 10 | -22 |
| 4 | 15 | -23 |
| 5 | 20 | -16 |
| 6 | 40 | -23 |

2.5 Parameter Delay Spread

Sebuah sinyal yang dikirimkan oleh pemancar, akan mengalami pelebaran di penerima

yang disebut dengan delay spread. Delay spread ini dapat menimbulkan interferensi antar simbol, karena setiap simbol akan saling bertumbukan antara simbol sebelum dan sesudahnya.

Parameter delay spread yang sering ditulis dalam bentuk root mean square (rms) adalah rms delay spread yang diberikan persamaan[8]:

$$\sigma_{\tau} = \sqrt{\bar{\tau}^2 - (\bar{\tau})^2} \tag{8}$$

dengan $\bar{\tau}$ merupakan mean excess delay yang dinyatakan dengan persamaan

$$\bar{\tau} = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k}{\sum_k P(\tau_k)} \tag{9}$$

dan

$$\bar{\tau}^2 = \frac{\sum_k P(\tau_k) \tau_k^2}{\sum_k P(\tau_k)}$$

2.6 Kecepatan Bit

Delay spread, jumlah pemancar dan tingkat modulasi yang digunakan pada sistem V-BLAST mempengaruhi kecepatan bit. Dari hal tersebut, kecepatan bit dalam sistem ini dapat dinyatakan dalam suatu persamaan sebagai berikut:

$$R_b = R_s (\log_2 J) \cdot M \tag{10}$$

dengan R_s adalah kecepatan simbol ($R_s = 1/T_s$), J adalah tingkat modulasi QAM, dan M adalah jumlah pemancar.

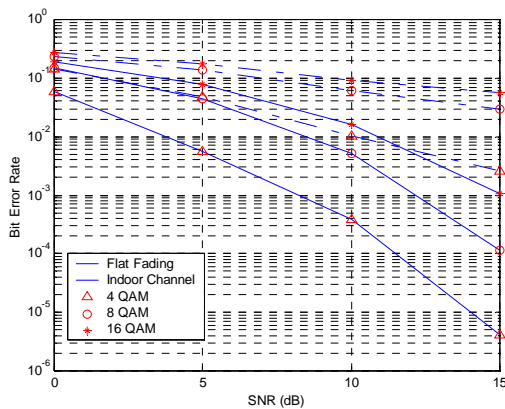
3. METODOLOGI PENELITIAN

Untuk mengevaluasi unjuk kerja sistem V-BLAST pada kanal pada kanal frequency selective fading (FSF) dengan tingkat modulasi QAM yang berbeda, maka dilakukan simulasi. Simulasi ini menggunakan model-model kanal untuk kondisi didalam ruangan. Disamping itu sistem V-BLAST menggunakan tingkat modulasi J-QAM yang berubah ($J=4,8,16$) dimana jumlah antena pemancar(M) dan penerima(N) dibuat tetap yaitu pada $M= 2$ dan $N=4$. Nilai SNR bervariasi dari 0 dB sampai dengan 15 dB dengan perubahan 5 dB, sedangkan nilai rms delay spread yang dinormalisasi juga bervariasi dari 0 (kondisi flat fading) sampai dengan 0,3 dengan perubahan 0,05.

4. HASIL SIMULASI

4.1 Sistem V-BLAST dengan perubahan tingkat modulasi J-QAM

Unjuk kerja V-BLAST pada kanal frequensi selective fading dengan menggunakan tingkat modulasi pada J-QAM yang berbeda dapat dilihat pada Gambar 4.1.

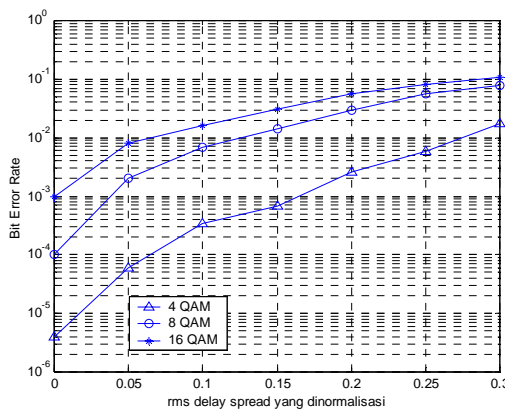


Gambar 4.1 Grafik unjuk kerja sistem V-BLAST didalam ruangan

Nilai *rms delay spread* pada kanal radio di dalam ruangan diperoleh dari *Power Delay Profile* (PDP) pada kanal TU sesuai dengan Tabel 1 dengan menggunakan persamaan (8) yaitu sebesar 3,84 ns. *Rms delay spread* yang dinormalisasi merupakan perbandingan antara *rms delay spread* dengan periode simbol (T_s). Gambar 4.1 menggunakan nilai *rms delay spread* yang dinormalisasi sama dengan 0,2.

4.2 Sistem V-BLAST sebagai fungsi *rms delay spread* yang dinormalisasi

Unjuk kerja V-BLAST sebagai fungsi dari *rms delay spread* yang dinormalisasi dapat dilihat pada Gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik unjuk kerja sistem V-BLAST didalam ruangan

Simulasi yang ditunjukkan pada Gambar 4.2, nilai SNR dibuat tetap, yaitu sama dengan 15 dB.

4.2 Kecepatan Bit

Dalam menentukan kecepatan bit (R_b) pada sistem V-BLAST, yang dilakukan terlebih dahulu adalah menghitung R_s dimana $R_s = 1/T_s$

Pada kanal *flat fading* dapat dilakukan dengan memperhatikan bahwa $T_s \gg \sigma_{rms}$ atau $T_s \gg 3,84$ ns untuk kondisi didalam ruangan. Bila mengasumsikan nilai $0,1 \times T_s \leq \sigma_{rms}$ maka nilai kecepatan simbolnya $R_s \leq 2,60 \times 10^7$ simbol per detik (didalam ruangan). Kecepatan bit (R_b) dihitung dengan menggunakan persamaan (10) dengan tingkat modulasi QAM yang berbeda dan jumlah pemancar (M)=2, nilai R_b dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kecepatan bit (R_b) sistem V-BLAST pada kanal *Flat Fading* di dalam ruangan

| J-ary QAM | R_s ($\times 10^6$ Simbol/s) | R_b (Mbps) | SNR (dB) BER= 1×10^{-3} |
|-----------|---------------------------------|--------------|----------------------------------|
| 4 | 26,04 | 104,2 | 8,4 |
| 8 | 26,04 | 156,3 | 12,4 |
| 16 | 26,04 | 208,3 | 15 |

Bila menggunakan *rms delay spread* yang dinormalisasi sama dengan 0,2 maka periode simbol (T_s) di dalam ruangan, $T_s = 19,2$ ns. Ini berarti nilai kecepatan simbol (R_s) tersebut adalah $5,208 \times 10^7$ simbol per detik (di dalam ruangan) sehingga R_b dapat ditentukan, seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Kecepatan bit (R_b) sistem V-BLAST pada kanal *Frequensi Selective Fading* di dalam ruangan

| J-ary QAM | R_s ($\times 10^6$ simbol/s) | R_b (Mbps) | SNR(dB) BER= 5×10^{-2} |
|-----------|---------------------------------|--------------|---------------------------------|
| 4 | 52,08 | 208,3 | 4,5 |
| 8 | 52,08 | 312,5 | 11 |
| 16 | 52,08 | 416,7 | 15 |

5. KESIMPULAN

Berdasarkan analisa hasil simulasi yang dilakukan pada penelitian ini, dapat diambil beberapa kesimpulan antara lain:

1. Sistem V-BLAST pada kanal *flat fading* yang menggunakan tingkat modulasi QAM yang sama, memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari sistem V-BLAST pada kanal FSF untuk kondisi didalam ruangan (*indoor*).
2. Untuk SNR dan *rms delay spread* yang dinormalisasi dengan nilai yang sama, semakin besar tingkat modulasi QAM (J-ary QAM) yang digunakan oleh sistem V-BLAST, menjadi semakin buruk unjuk kerjanya
3. Semakin tinggi *rms delay spread* yang dinormalisasi, unjuk kerja sistem V-BLAST akan semakin buruk untuk seluruh tingkat modulasi QAM (J-ary QAM) yang digunakan.
4. Sistem V-BLAST pada kanal *flat fading* memiliki unjuk kerja yang hampir sama dengan

sistem V-BLAST pada FSF, untuk *rms delay spread* yang dinormalisasi yang mendekati nilai nol.

6. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. P. W. Wolniansky, G. J. Foschini, G. D. Golden, and R. A. Valenzuela (1998), *V-BLAST: An architecture for realizing very high data rates over the rich-scattering wireless channel*, in Proc. ISSSE-98, Pisa, Italy, Invited Paper.
- [2]. G. J. Foschini (1996), *Layered space-time architecture for wireless communication in a fading environment when using multiple antennas*, Bell Lab. Tech. J., vol. 1, no. 2, pp. 41–59.
- [3]. G. J. Foschini and M. J. Gans (1998), *On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas*, Wireless Personal Commun., vol. 6, no. 3, pp. 311–335.
- [4]. G. D. Golden, G. J. Foschini, R. A. Valenzuela, and P. W. Wolniansky (1999), *Detection algorithm and initial laboratory results using V-BLAST space-time communication architecture*, Electron. Lett., vol. 35, no. 1, pp. 14–16.
- [5]. G. J. Foschini, G. D. Golden, R. A. Valenzuela, and P. W. Wolniansky (1999), *Simplified processing for high spectral efficiency wireless communication employing multi-element arrays*, IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, pp. 1841–1852.
- [6]. J. C.-I. Chuang (1999), *The effects of time delay spread on portable radio communications channels with digital modulation*, IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 17, pp. 1112–1223.
- [7]. Nejib Boubaker, Khaled Ben Letaief, and Ross D. Murch (2002), *Performance of BLAST Over Frequency-Selective Wireless Communication Channels*. IEEE Trans. Comm., vol. 50, no. 2, pp. 196-199.
- [8]. Theodore S. Rappaport (1996), *Wireless Communication Principles and Practise*, Prentice Hall PTR Upper Sadle River, New Jersey 07458,.
- [9]. John G. Proakis (1983), *Digital Communication*, McGraw-Hill Publishing Company.
- [10]. John G Proakis, Masoud Salehi (2000), *Contemporary Communication System Using MATLAB*, Brooks/Cole.
- [11]. Nur Adi Siswandari(2003), *Analisa korelasi spatial propagasi kanal radio 1,7 GHz dalam ruang menggunakan antena array planar sintetis*, Thesis S-2 ITS Telekomunikasi Multimedia
- [12]. K.Sam Shanmugam, Arthur M. Breipohl (1988), "Random Signals: Detection, Estimation, and Data Analysis", John Wiley & Sons.