

SIMULASI UNJUK KERJA MIMO DENGAN ARSITEKTUR V-BLAST PADA KANAL FLAT FADING RAYLEIGH

Nyoman Pramaita

Staf Pengajar Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran Bali

Email : n_pramaita@yahoo.com

Abstrak

Salah satu teknik untuk merealisasikan efisiensi spektrum pada link wireless adalah sistem MIMO dengan arsitektur V-BLAST (Vertical-Bell Laboratories Layered Space Time), yang memakai beberapa antena pada pemancar dan penerima. Sistem V-BLAST dalam mendeteksi informasi yang diterima, memilih kanal yang terbaik dari beberapa kanal yang ada dalam sistem sehingga sistem V-BLAST memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari sistem SISO,

Kata Kunci: V-BLAST, Flat Fading

1. PENDAHULUAN

Peningkatan keperluan kecepatan data dan kualitas pelayanan pada sistem komunikasi *wireless*, memerlukan teknik baru yang dapat meningkatkan efisiensi spektrum dan memperbaiki keandalan *link*. Pemakaian beberapa antena pada pemancar dan penerima, memberikan perbaikan yang signifikan dalam hubungannya dengan efisiensi spektrum dan keandalan *link*. Teknologi baru ini disebut dengan *multi-input multi-output* (MIMO) yang memanfaatkan *rich scattering* untuk memperoleh efisiensi spektrum.

Salah satu teknik yang memakai teknologi MIMO adalah sistem BLAST. Sistem BLAST menurut proses deteksi sinyal di penerima dapat dibagi menjadi dua, yaitu sistem D-BLAST (*Diagonal-Bell Laboratories Layered Space Time*) dan V-BLAST (*Vertical-Bell Laboratories Layered Space Time*).

Sistem D-BLAST memakai struktur kode berlapis secara diagonal, dengan blok-blok kode diatur pada diagonal dalam ruang dan waktu. *Redundancy* yang ditambahkan pada sub-deretan data dilakukan dengan pemakaian kode blok. Namun struktur ini cukup kompleks dalam implementasinya, karena itu diperkenalkan sistem BLAST yang disederhanakan yaitu sistem V-BLAST.

Pada awal implementasi sistem V-BLAST, beberapa aspek yang berhubungan dengan sistem V-BLAST dibuat sederhana. Salah satunya adalah diasumsikan sistem beroperasi *narrowband* atau karakteristik kanal adalah *flat fading*.

2. SISTEM V-BLAST

Sistem V-BLAST yang ditunjukkan dalam Gambar 2.1 adalah teknik komunikasi yang memakai beberapa antena pemancar dan penerima, untuk mencapai efisiensi spektrum yang sangat tinggi pada lingkungan *rich scattering* [5],[6]. Deretan data dari satu user didemultiplex menjadi M sub-deretan data. Masing-masing sub-deretan data dimodulasi dan

kemudian dipancarkan pada pemancar yang bersesuaian.

Pemancar 1 sampai dengan M merupakan pemancar QAM (*Quadrature Amplitude Modulation*), yang beroperasi *co-channel* pada kecepatan simbol sebesar $1/T$ simbol/det dengan waktu simbol yang disinkronisasi. Daya yang ditransmisikan oleh masing-masing pemancar sebanding dengan $1/M$, agar total daya yang diradiasikan konstan.

Masing-masing pemancar QAM merupakan pemancar vektor, dengan masing-masing vektor yang ditransmisikan adalah simbol-simbol yang diperoleh dari konstelasi QAM. Diasumsikan bahwa konstelasi yang sama dipakai untuk masing-masing sub-deretan data. Sistem V-BLAST tidak memerlukan pengkodean, sehingga sub-deretan data terdiri dari simbol-simbol data yang independen yang tidak dikode. Transmisi sub-deretan data tersebut diatur menjadi *burst* dengan panjang L simbol.

Fungsi transfer matrik kanal dinyatakan dengan $\mathbf{H}^{N \times M}$, dengan komponen matrik h_{ij} merupakan fungsi transfer dari pemancar j ke penerima i. Sistem V-BLAST memiliki syarat bahwa $N \geq M$ [3].

Penerima 1 sampai dengan N adalah penerima QAM yang beroperasi *co-channel*. Masing-masing penerima QAM menerima sinyal yang diradiasikan oleh M antena pemancar.

3. DETEKSI SISTEM V-BLAST

Jika $\mathbf{a} = [a_1, a_2, \dots, a_M]^T$ merupakan vektor simbol yang ditransmisikan, maka N vektor simbol yang diterima adalah [3]:

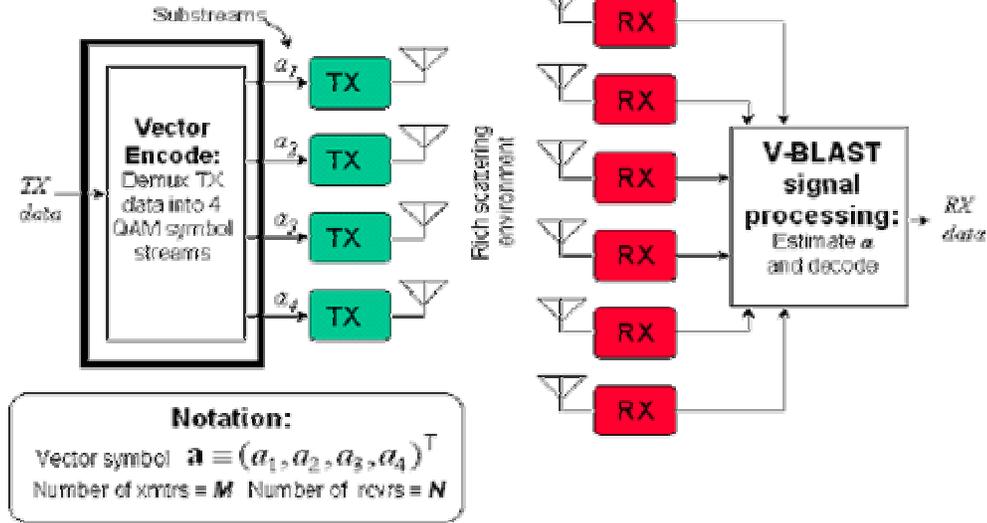
$$\mathbf{r}_1 = \mathbf{H} \mathbf{a} + \mathbf{v} \quad (3-1)$$

dengan \mathbf{H} = fungsi transfer matrik kanal dengan ukuran sebesar $N \times M$, \mathbf{v} = vector *noise*, dan \mathbf{a} = vektor simbol.

Misalkan $S \equiv \{k_1, k_2, \dots, k_M\}$ merupakan bilangan *integer* 1,2,...M yang menyatakan urutan sub-deretan data yang diterima, maka proses deteksi V-BLAST secara umum adalah sebagai berikut [3]:

1. Nulling

Estimasi sinyal terkuat yaitu sinyal lainnya yang lebih lemah diestimasi sebagai sinyal



Gambar 2.1 Sistem V-BLAST

$$y_{k1} = \mathbf{w}_{k1}^T \mathbf{r}_1 \quad (3-2)$$

dengan y_{k1} = sub-deretan data ke k_1

\mathbf{w}_{k1} = vektor *nulling*

Vektor *nulling* dinyatakan dengan persamaan:

$$\mathbf{w}_{k_i} = (\mathbf{G}_i)_{k_i} \quad (3-3)$$

dengan $\mathbf{G}_i = (\mathbf{H}_{ki-1}^-)^+$

\mathbf{H}_{ki}^- menyatakan matrik yang diperoleh dengan memberi nilai nol kolom k_1, k_2, \dots, k_i dari matrik \mathbf{H} , sedangkan \mathbf{H}^+ menyatakan *Moore-Penrose pseudoinvers*.

2. Slicing

Sinyal yang telah diestimasi (y_{k1}) selanjutnya dideteksi untuk mendapatkan simbol-simbol data, yaitu *slice* y_{k1} untuk mendapatkan \hat{a}_{k1} :

$$\hat{a}_{k1} = Q(y_{k1}) \quad (3-4)$$

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

3. Cancellation

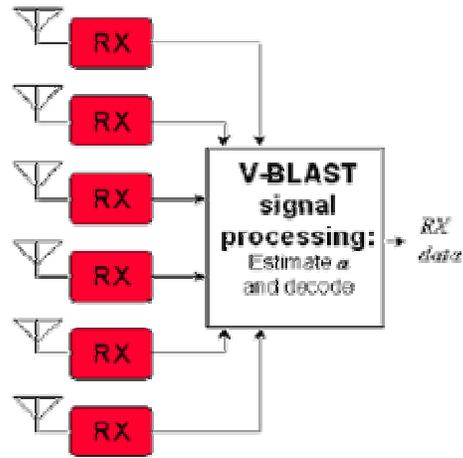
Interferensi dari komponen vektor simbol \mathbf{a} yang sudah dideteksi, dikurangkan dari vektor sinyal yang diterima untuk menghasilkan vektor terima yang termodifikasi, \mathbf{r}_2 :

$$\mathbf{r}_2 = \mathbf{r}_1 - \hat{a}_{k1} (\mathbf{H})_{k1} \quad (3-5)$$

dengan $(\mathbf{H})_{k1}$ = kolom ke- k_1 dari \mathbf{H} .

Langkah 1 sampai dengan 3 diulang untuk komponen k_2, \dots, k_m , sehingga akan diperoleh vektor simbol yang diterima, yaitu $\mathbf{r}_1, \dots, \mathbf{r}_m$.

interferensi



SNR untuk komponen ke- k_i dari vektor simbol \mathbf{a} yang telah dideteksi adalah sebagai berikut [3]:

$$r_{k_i} = \frac{\langle |a_{k_i}|^2 \rangle}{S^2 \|\mathbf{w}_{k_i}\|^2} \quad (3-6)$$

dengan $\langle |a_{k_i}|^2 \rangle$ = daya rata-rata sub-deretan data ke- k_i

S^2 = varian *noise*

$\|\mathbf{w}_{k_i}\|$ = norm vektor *nulling* sub-deretan data ke- k_i

Pemilihan SNR yang terbaik pada masing-masing tingkatan dalam proses deteksi, menghasilkan urutan deteksi yang optimal, S_{opt} . Urutan deteksi yang optimal memberikan unjuk kerja yang lebih baik yang dinyatakan dengan persamaan sebagai berikut [3]:

$$k_i = \arg \min_{j \in \{k_1, \dots, k_{i-1}\}} \|(\mathbf{G}_i)_j\|^2 \quad (3-7)$$

dengan $\mathbf{G}_i = \mathbf{H}_{ki-1}^\pm$

$(\mathbf{G}_i)_j$ menyatakan baris ke- j dari \mathbf{G}_i .

Jadi proses deteksi dengan memperhitungkan urutan deteksi yang optimal adalah sebagai berikut [3]:

a. Inisialisasi, $i = 1$. Tentukan nilai *pseudoinverse* \mathbf{H} dan nilai k_1 (elemen urutan deteksi optimal yang pertama), yaitu:

$$\mathbf{G}_1 = \mathbf{H}^+$$

$$k_i = \arg \min_j \|(\mathbf{G}_i)_j\|^2$$

b. Tentukan vektor *nulling* k_i , yaitu:

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

c. *Nulling*, yaitu:

$$y_{k_i} = \mathbf{w}_{k_i}^T \mathbf{r}_i$$

d. *Slicing*, yaitu:

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

e. *Cancellation*, yaitu:

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

f. Tentukan *pseudoinverse* yang baru, yaitu:

$$\mathbf{G}_{i+1} = \mathbf{H}_{k_i}^\pm$$

g. Tentukan nilai elemen urutan deteksi optimal yang berikutnya, yaitu:

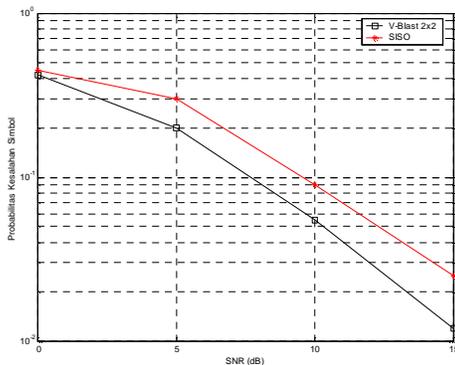
$$k_{i+1} = \arg \min_{j \in \{k_1, \dots, k_i\}} \|(\mathbf{G}_i)_j\|^2$$

4. ANALISA DAN HASIL SIMULASI

Simulasi ini meliputi unjuk kerja sistem V-BLAST yang memiliki dimensi 2x2 dan sistem SISO pada kanal *flat fading rayleigh*. Simulasi sistem SISO dan V-BLAST memerlukan beberapa masukan sebagai berikut:

- *Burst* memiliki panjang seratus simbol.
- Tingkat modulasi QAM yang dipakai adalah empat tingkat.
- SNR memiliki nilai dari 0 sampai dengan 15 dB dengan interval sebesar 5 dB.

Berdasarkan masukan di atas, diperoleh unjuk kerja sistem SISO dan V-BLAST pada kanal *flat fading rayleigh* seperti yang ditunjukkan dalam Gambar 4.1 Sumbu x dalam Gambar 4.1 menunjukkan nilai SNR sedangkan sumbu y menunjukkan nilai probabilitas kesalahan simbol.



Gambar 4.1 Grafik Probabilitas Kesalahan Simbol Sebagai Fungsi SNR untuk Sistem V-BLAST dan SISO pada Kanal Flat Fading Rayleigh

Berdasarkan Gambar 4.1, probabilitas kesalahan simbol menurun terhadap pertambahan nilai SNR baik untuk sistem SISO maupun V-BLAST, karena daya *noise* menurun terhadap pertambahan nilai SNR. Hal ini menunjukkan unjuk kerja sistem semakin baik terhadap pertambahan nilai SNR.

Probabilitas kesalahan simbol pada sistem V-BLAST memiliki nilai yang lebih kecil dari sistem SISO. Hal ini menunjukkan bahwa sistem V-BLAST memiliki unjuk kerja yang lebih baik dari sistem SISO, karena dalam sistem V-BLAST informasi yang dideteksi berdasarkan informasi pada kanal yang terbaik dari beberapa kanal yang ada dalam sistem.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1]. 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.
- [2]. G. J. Foschini and M. J. Gans (1998), *On limits of wireless communications in a fading environment when using multiple antennas*, Wireless Personal Communication, vol. 6, no. 3, pp. 311–335.
- [3]. 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.
- [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 Communication, vol. 17, pp. 1841–1852.
- [6]. Dmitry Chizhik, Farrokh Rashid-Farokhi, Jonathan Ling, and Angel Lozano, (2000) *Effect of Antenna Separation on the Capacity of BLAST in Correlated Channels*, IEEE Communication Letters, vol. 4, no. 11.
- [7]. Theodore S. Rappaport (1996), *Wireless Communication Principles and Practise*, Prentice Hall PTR Upper Sadle River, New Jersey 07458.
- [8]. Jean Philippe Kermoal, Laurent Schumacher, Klaus Ingemann Pedersen, Preben Elgaard Mogensen, and Frank Frederiksen (2002), *A Stochastic MIMO Radio Channel Model With Experimental Validation*, IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 20, no. 6.