

PEMODELAN KANAL MIMO UNTUK KOMUNIKASI MOBILE MENGGUNAKAN METODA KORELASI (MODELING OF MIMO CHANNEL FOR MOBILE COMMUNICATION USING CORRELATION METHOD)

Zulfi^{1, -2}

¹Magister Elektro Komunikasi, Fakultas Teknik Elektro, Universitas Telkom

Abstrak

Tesis ini membahas pemodelan kanal wireless pita-sempit untuk sistem komunikasi yang menerapkan multi-element antenna pada pengirim dan penerima. Model ini menggunakan matriks-matriks korelasi yang didefinisikan pada base station dan mobile station untuk mendeskripsikan korelasi fading. Model ini lebih umum dan lebih realistis dibanding model independent and identically distributed (iid).

Validasi model dilakukan berdasarkan perbandingan dengan model METRA. Model kanal juga digunakan untuk meneliti pengaruh korelasi fading terhadap kapasitas kanal. Diperoleh fakta bahwa korelasi fading mempengaruhi kapasitas kanal MIMO dengan cara mempengaruhi distribusi gain kanal-kanal SISO.

Kapasitas rata-rata kanal MIMO konfigurasi 4 x 4 pada kondisi correlated, partially-correlated dan uncorrelated berturut-turut adalah 11 b/s/Hz, 14 b/s/Hz, and 16 b/s/Hz pada SNR 20 dB. Jarak dekorelasi antena pada kondisi partially-correlated mencapai 2λ . Pada kondisi uncorrelated dan correlated, penambahan satu elemen antena pada base station dan mobile station memberi peningkatan kapasitas 4 b/s/Hz dan 2 b/s/Hz.

Kata Kunci :

Abstract

This thesis presents a model for multiple-input multiple-output (MIMO) wireless fading channel. The model is simplified to the narrowband channels. This model uses the correlation matrices at the base station and mobile station to characterize the fading correlation. The model is more general and realistic than the usual independent and identically distributed model.

The validation of the model is based on comparing with the METRA's model. The model has also been used to investigate the behavior of capacity of MIMO wireless channels. It is shown that the fading correlation affects the MIMO capacity by modifying the distribution of gains of single-input single-output (SISO) channels.

The channel capacity of MIMO 4 x 4 configuration, considering three environment conditions, correlated, uncorrelated, and partially-correlated, achieving capacities 16 b/s/Hz, 11 b/s/Hz, and 14 b/s/Hz at a SNR of 20 dB. Decorrelation distance 2λ is achieved in partially-correlated environment. In uncorrelated and correlated conditions, by adding one antenna element at base station and mobile station simultaneously, improve capacity by 4 b/s/Hz and 2 b/s/Hz respectively.

Keywords :

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Peningkatan kapasitas kanal yang sangat besar dengan diterapkannya *multi-element antenna* di sisi pengirim dan penerima telah membangkitkan ketertarikan yang besar pada beberapa tahun belakangan ini. Peningkatan kapasitas tersebut dimungkinkan oleh adanya potensi dekorelasi pada kanal MIMO, dimana dapat menghasilkan sejumlah *independent channel*. Peningkatan kapasitas tersebut akan sangat bergantung pada kekayaan multipath (*multipath richness*) pada kanal. Secara ekstrim, kanal MIMO berkorelasi hanya akan memberikan satu *independent channel*, sementara kanal MIMO tak-berkorelasi akan memberikan sejumlah *independent channel* yang jumlahnya bergantung dari konfigurasi MIMO (jumlah antena di pengirim dan penerima). Pemodelan kanal *wireless* MIMO merupakan hal yang penting untuk dikaji lebih jauh, disebabkan performansi sistem sangat dipengaruhi oleh sifat-sifat matriks kanalnya.

1.2 Tujuan Penulisan

Penulisan tesis ini bertujuan menyusun prosedur pemodelan kanal MIMO menggunakan pendekatan statistik dengan mempertimbangkan pengaruh-pengaruh kondisi lingkungan propagasi dan konfigurasi MIMO.

1.3 Perumusan Masalah

Pada tesis ini akan dibahas pemodelan kanal MIMO menggunakan pendekatan statistik. Matriks kanal MIMO dimodelkan sebagai perkalian antara matriks fading Rayleigh dan matriks-matriks korelasi yang didefinisikan pada *base station* dan *mobile station*. Kedua matriks korelasi tersebut dimaksudkan untuk mengakomodir munculnya korelasi fading akibat diterapkannya *multi-element antenna* pada *base station* dan *mobile station*. Koefisien-koefisien korelasi yang merupakan elemen-elemen matriks korelasi, ditentukan berdasarkan fungsi korelasi spatial menggunakan *power angle spectrum* yang didefinisikan pada *base station* dan *mobile station*. Dengan memperhatikan karakteristik propagasi lingkungan *macrocell-outdoor*, maka *power angle spectrum* model Laplacian dan uniform berturut-turut dipilih untuk mendeskripsikan kelakuan sinyal terima akibat adanya berbagai penghambur (*scatterer*) yang terdapat di sekitar *base station* dan *mobile station*.

Telkom
University

1.4 Batasan Masalah

Pembatasan ruang lingkup pembahasan dan beberapa asumsi pada tesis ini adalah berikut ini :

1. Membahas model kanal MIMO pita-sempit dengan asumsi telah diterapkannya *orthogonal frequency division multiplexing* (OFDM) untuk menghilangkan efek selektifitas frekuensi pada kanal
2. Pemilihan nilai-nilai parameter lingkungan propagasi merujuk pada hasil-hasil penelitian [5].
3. *Base station* dan *mobile station* diasumsikan menggunakan *uniform linear array*, dimana masing-masing elemen *array* memiliki pola radiasi *omnidirectional*
4. Pengirim dan penerima diasumsikan tidak 'mengetahui' kanal sebagai akibat tidak diselenggarakannya mekanisme estimasi kanal
5. Sebagai konsekuensi dari point 4, maka daya kirim didistribusikan secara seragam ke setiap elemen antena, dikenal dengan *uniform power allocation scheme*
6. Validitas kanal menggunakan metoda *eigenanalysis*, yaitu membandingkan distribusi nilai-eigen matriks kanal hasil pemodelan dan distribusi nilai-eigen matriks kanal berdasarkan model pembanding



Telkom
University

1.5 Metodologi Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam penyusunan tesis ini adalah sebagai berikut :

1. Studi kepustakaan yang bertujuan untuk mempelajari berbagai teori dasar tentang pemodelan kanal MIMO, meliputi *multipath fading*, *power angle spectrum*, antena *array* dan fungsi korelasi spasial
2. Pembuatan perangkat lunak model kanal MIMO menggunakan *software* MATLAB
3. Melakukan validasi kanal menggunakan metoda *eigenanalysis* yang didukung oleh data
4. Meneliti pengaruh kondisi lingkungan propagasi dan konfigurasi MIMO terhadap kapasitas kanal
5. Memberikan beberapa kesimpulan dan saran



1.6 Sistematika Penulisan

Laporan disusun dalam lima bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang masalah, tujuan penelitian, perumusan masalah, batasan masalah, metodologi penulisan, dan sistematika penulisan.

BAB II PEMODELAN KANAL MIMO

Bab ini membahas berbagai aspek yang berhubungan dengan pemodelan kanal MIMO, meliputi *multipath fading*, *power angle spectrum*, antena *array* dan fungsi korelasi spasial.

BAB III SIMULASI KANAL MIMO

Bab ini membahas tentang prosedur simulasi kanal MIMO, meliputi komputasi matriks-matriks korelasi *base station* dan *mobile station*, pembangkitan *uncorrelated fading* dan proses estimasi matriks kanal

BAB IV ANALISIS HASIL SIMULASI

Bab ini memberikan analisis secara kuantitatif dan kualitatif terhadap hasil-hasil simulasi.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini memberikan beberapa kesimpulan dan saran-saran yang ditujukan untuk penelitian lebih lanjut.



Telkom
University



Telkom
University

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan analisis terhadap berbagai hasil simulasi, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Kondisi lingkungan propagasi yang dicerminkan oleh adanya berbagai penghambur lokal yang terdapat di sekitar *base station* dan *mobile station* memberi pengaruh pada kapasitas kanal MIMO. Konfigurasi MIMO 4x4 yang bekerja pada kondisi lingkungan *uncorrelated* mencapai kapasitas 16 b/s/Hz pada SNR 20 dB. Ketika beroperasi pada kondisi lingkungan *partially-correlated* dan *correlated* kapasitas kanal hanya mencapai 14 b/s/Hz dan 11 b/s/Hz.
2. Tingkat korelasi pada kondisi lingkungan tertentu dapat dikurangi dengan memperlebar spasi antar elemen *array* pada *base station* sampai mencapai jarak dekorelasinya. Konfigurasi MIMO 4x4 yang bekerja pada kondisi lingkungan *partially-correlated*, spasi antar elemen *array* pada *base station* mencapai jarak dekorelasi sekitar 2λ . Pada keadaan tersebut kapasitas kanal mencapai 17 b/s/Hz, yaitu 3 b/s/Hz lebih besar dibanding ketika bekerja pada kondisi spasi antar elemen *array* $0,5 \lambda$.

3. Berkaitan dengan perbaikan kinerja MIMO, maka alternatif lain yang dapat dilakukan bersamaan dengan poin (2) adalah menambah jumlah elemen *array* pada *base station* dan *mobile station*. Cara ini bukan bertujuan untuk mengurangi tingkat korelasi, tetapi lebih kepada memperbanyak jumlah *independent channel*. Pada kondisi *uncorrelated*, setiap penambahan masing-masing satu elemen *array* pada *base station* dan *mobile station* memberi peningkatan kapasitas 4 b/s/Hz.

5.2 Saran

Beberapa hal yang dapat diteliti untuk pengembangan model kanal MIMO adalah sebagai berikut :

- Pemodelan kanal MIMO pita-lebar dengan mempertimbangkan parameter-parameter seperti *power delay spectrum* dan *delay spread*
- Pemodelan kanal dengan mempertimbangkan penggunaan polarisasi tak-sama antar elemen-elemen *array* pada *base station* dan *mobile station* serta susunan antena selain *uniform linier array*

LAMPIRAN A : VALIDASI MODEL KANAL

Environment : Picocell

Environment class : Novi-2

Description of the environment class : building with several small office on the same floor. Notice that the outside windows were so called 'energy window', meaning that they wear a very thin metallic 'film' giving reflections of RF-signals

Input parameter :

$$R_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.5442 & 0.0968 & 0.1284 \\ 0.5442 & 1.0000 & 0.2622 & 0.1631 \\ 0.0968 & 0.2622 & 1.0000 & 0.2104 \\ 0.1284 & 0.1631 & 0.2104 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$R_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.3409 & 0.2893 & 0.0772 \\ 0.3409 & 1.0000 & 0.2354 & 0.1814 \\ 0.2893 & 0.2354 & 1.0000 & 0.2403 \\ 0.0772 & 0.1814 & 0.2403 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :

Telkom
University

Environment : Picocell

Environment class: Novi-3

Description of the environment class : Novi-3 is reception hall. It provides a large open indoor environment with two floors, which could easily illustrate a conference hall or a shopping galeria scenario. Notice that the outside windows of the building are metalically shielded

Input parameter :

$$R_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.1538 & 0.1330 & 0.1613 \\ 0.1538 & 1.0000 & 0.0906 & 0.0653 \\ 0.1330 & 0.0906 & 1.0000 & 0.2082 \\ 0.1613 & 0.0653 & 0.2082 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$R_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.2623 & 0.0617 & 0.1309 \\ 0.2623 & 1.0000 & 0.1605 & 0.1583 \\ 0.0617 & 0.1605 & 1.0000 & 0.0521 \\ 0.1309 & 0.1583 & 0.0521 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :



Environment : Picocell

Environment class: Nokia

Description of the environment class : Nokia illustrates a typical modern open office environment. Notice that the outside windows of the building are metalically shielded

Input parameter :

$$R_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.4154 & 0.2057 & 0.1997 \\ 0.4154 & 1.0000 & 0.3336 & 0.3453 \\ 0.2057 & 0.3336 & 1.0000 & 0.5226 \\ 0.1997 & 0.3453 & 0.5226 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$R_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.3644 & 0.0685 & 0.3566 \\ 0.3644 & 1.0000 & 0.3245 & 0.1848 \\ 0.0685 & 0.3245 & 1.0000 & 0.3093 \\ 0.3566 & 0.1848 & 0.3093 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :



Environment : Picocell

Environment class: FB7B2

Description of the environment class : building with several small office on the same floor, but the outside windows of the building are not metalically shielded

Input parameter :

$$R_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.3169 & 0.3863 & 0.0838 \\ 0.3169 & 1.0000 & 0.7128 & 0.5626 \\ 0.3863 & 0.7128 & 1.0000 & 0.5354 \\ 0.0838 & 0.0526 & 0.5354 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$R_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.1317 & 0.1992 & 0.2315 \\ 0.1317 & 1.0000 & 0.1493 & 0.1907 \\ 0.1992 & 0.1493 & 1.0000 & 0.1996 \\ 0.2315 & 0.1907 & 0.1996 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :

Environment : Picocell

Environment class : Aalborg International Airport

Description of the environment class : this is a middle size international airport of Northern Denmark. It provides relatively large open area for an indoor environment

Input parameter :

$$R_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.1486 & 0.1450 & 0.1085 \\ 0.1486 & 1.0000 & 0.3063 & 0.2162 \\ 0.1450 & 0.3063 & 1.0000 & 0.2097 \\ 0.1085 & 0.2162 & 0.2097 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Telkom
University

$$R_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.2682 & 0.1907 & 0.4118 \\ 0.2682 & 1.0000 & 0.2701 & 0.1507 \\ 0.1907 & 0.2701 & 1.0000 & 0.2822 \\ 0.4118 & 0.1507 & 0.2822 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :



Environment : Microcell

Environment class : FrB7

Description of the environment class : this is an indoor to outdoor microcell. The indoor environment is the same as in FB7B2. In this configuration the MS is located inside while the BS is positioned outside. The actual array antennas are placed on a mast which itself is mounted on the top of FIAT van

Input parameter :



$$\mathbf{R}_{BS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.2012 & 0.3162 & 0.1429 \\ 0.2012 & 1.0000 & 0.4596 & 0.1458 \\ 0.3162 & 0.4596 & 1.0000 & 0.2908 \\ 0.1429 & 0.1458 & 0.2908 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{R}_{MS} = \begin{bmatrix} 1.0000 & 0.0989 & 0.0508 & 0.1089 \\ 0.0989 & 1.0000 & 0.1020 & 0.1490 \\ 0.0508 & 0.1020 & 1.0000 & 0.0871 \\ 0.1089 & 0.1490 & 0.0871 & 1.0000 \end{bmatrix}$$

Eigenanalysis results :



DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Papoulis, *Probability, Random Variable, and Stochastic Processes*, 3rd Edition, McGraw Hill, New York 1991
- [2] C.A. Balanis. *Antenna Theory*. John Wiley and Sons, Singapore, 1982.
- [3] D. Shiu, G. J. Foschini, M. J. Gans, and J. M. Kahn, "fading correlation and its effect on the capacity of multielement antenna systems," *IEEE Trans. Commun.*, vol. 48, pp. 502–513, Mar. 2000.
- [4] E. Telatar, "Capacity of multiantenna Gaussian channels," *Eur. Trans. Commun.*, vol. 10, no. 6, pp. 585–595, 1999.
- [5] K.I. Pedersen, P.E. Mogensen, and B.H. Fleury, "Spatial Channel Characteristic in Outdoor Environments and their Impact on BS Antenna System Performance," VTC'98, Ottawa, Canada, pp.719-724, May 1998
- [6] L. Schumacher, K. I. Pedersen, and P.E. Mogensen, "From antenna spacings to theoretical capacities – guidelines for simulating MIMO systems," in *Proc. PIMRC Conf.*, vol. 2, Sept. 2002, pp. 587-592
- [7] R. B. Ertel, P. Cardieri, K. W. Sowerby, T. S. Rappaport, and J. H. Reed, "Overview of spatial channel models for antenna array communication systems," *IEEE Pers. Commun.*, pp. 10–21, Feb. 1998
- [8] R.H. Clark, "A Statistical Theory of Mobile Radio Reception", *Bell Labs System Technical Journal*, Vol. 47, pp.957-1000, July-August 1968.
- [9] Rappaport, T.S., *Wireless Communications. Principles and Practice*, Prentice Hall, New Jersey, 1996
- [10] T. M. Cover, J. A. Thomas, *Elements of Information Theory*, John Wiley & Sons, Inc., 1991.
- [11] W. C. Jakes, *Microwave Mobile Communications*. New York: Wiley, 1974
- [12] 3GPP TR 25.867 V1.0.1

Telkom
University