

HAND OUT
EK. 475 SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL

Dosen:

Ir. Arjuni BP, MT
Drs. Rana Baskara

PENDIDIKAN TEKNIK TELEKOMUNIKASI
JURUSAN PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS PENDIDIKAN TEKNOLOGI DAN KEJURUAN
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2009

BAB 1

OVERVIEW SISTEM KOMUNIKASI NIRKABEL

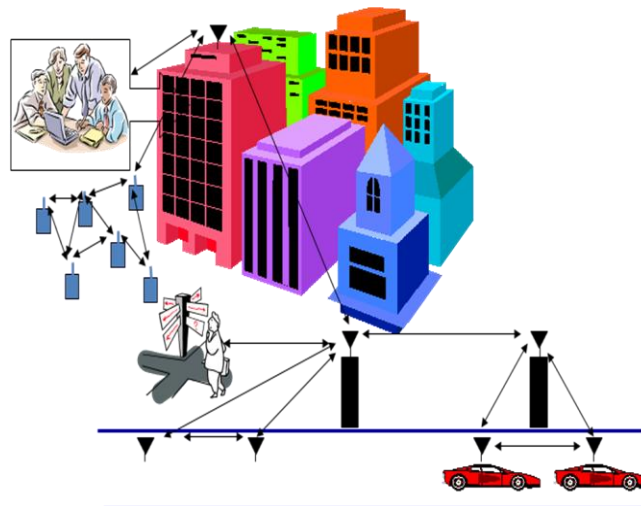
1.1 Sejarah Perkembangan Komuniksai Nirkabel

- Cara kuno: sinyal asap, merpati pos, semaphore, kode Morse, dll
- Penemuan radio oleh Markoni tahun 1880
- Sistem radio yang digunakan militer selama dan setelah perang dunia ke 2
- Komunikasi selular mulai berkembang pesat pada tahun 1988

1.2 Perkembangan Sampai Saat ini

- Pemanfaatan internet sangat mencengangkan
- Pengguna telepon selular dari perkotaan hingga pelosok desa
- Munculnya berbagai aplikasi baru seperti Bluetooth, IP phone, WIMAX, blackberry, dll
- Aplikasi pada sistem keamanan, pengawasan dan militer

1.3 Visi Sistem Komunikasi Nirkabel



- Pengaksesan internet
- Komunikasi selular Nth Generation
- Jaringan Ad Hoc
- Jaringan Sensor
- Hiburan
- Smart Homes, dll

1.4 Tantangan Perencanaan Sistem Komunikasi Nirkabel

- Banyaknya faktor yang mempengaruhi kondisi kanal
- Kapasitas terbatas, sementara pengguna terus meningkat pesat
- Aplikasi yang heterogen
- Adanya batasan yang tegas tentang energy dan delay

1.5 Aplikasi Sistem Komunikasi Nirkabel

- Sistem selular
- Wireless LANs
- Satellite Systems Sistem satelit
- Paging Systems
- Bluetooth
- Ultrawideband radios
- Jaringan Ad Hoc
- Jaringan Sensor
- Jaringan Kontrol Terdistribusi

1.6 Alokasi Spektrum

- Manfaat regulasi tentang alokasi spectrum frekuensi
- Alokasi spectrum frekuensi untuk aplikasi komersial
- Alokasi spectrum tanpa lisensi

1.7 Standar

- Untuk proses interaksi antar sistem, diperlukan adanya standarisasi
- Proses penentuan standar nasional dan internasional → menyangkut kepentingan banyak pihak

BAB 2

PATH LOSS DAN SHADOWING

2.1 Pendahuluan

- Kanal nirkabel rentan terhadap berbagai gangguan seperti derau, interferensi, dan gangguan lainnya.
- Faktor-faktor tersebut, selain mengganggu juga sulit untuk diprediksi karena berubah terhadap waktu dan kondisi kanal.
- Path loss ditimbulkan baik oleh disipasi dari daya yang diradiasikan oleh pemancar maupun efek dari perambatan sinyal melalui kanal nirkabel
- Shadowing merupakan efek peredaman sinyal ditimbulkan oleh penghalang yang berada di antara pemancar dan penerima. Peredaman tersebut ditimbulkan baik pada proses absorbs, refleksi, difraksi dan penghamburan.

2.2 Karakteristik Perambatan Sinyal

- Perambatan gelombang EM dari pemancar ke penerima dapat melalui berbagai lintasan berbeda.
- Lintasan yang diambil oleh gelombang radio dipengaruhi oleh: frekuensi sinyal, kondisi atmosfer, dan waktu terjadinya transmisi.
- 3 Lintasan dasar: Ground wave, Sky wave, dan Space wave
- Pada perambatan melalui lintasan ground wave, sinyal merambat dekat dengan permukaan bumi, mengikuti lekukan bumi sehingga dapat merambat melampaui horizon.
- Pada perambatan melalui sky wave, gelombang radio akan diradiasikan oleh antenna ke atmosfer yang lebih tinggi untuk kemudian dibelokkan atau direfleksikan kembali ke bumi oleh lapisan ionosfir.
- Pada perambatan melalui lintasan space wave, sinyal merambat melalui lintasan garis lurus dari antenna pemancar ke antenna penerima → Line of Sight
- Sinyal juga dapat ditransmisikan dari pemancar ke penerima dengan memanfaatkan hamburan pada daerah troposfir → perambatan troposcatter.

2.3 Model Sinyal yang Dikirim dan Diterima

- Model sinyal yang ditransmisikan:

$$s(t) = Ru(t)e^{j(2\pi f_c t + \phi_0)} = x(t) \cos(2\pi f_c t + \phi_0) - y(t) \sin(2\pi f_c t + \phi_0),$$

di mana $u(t) = x(t) + jy(t)$ sinyal baseband kompleks dengan bandwidth B , f_c adalah frekuensi pembawa, and ϕ_0 adalah fasa awal. Untuk penyederhanaan, asumsikan $u(t)$ riil analisa model perambatan.

- Model sinyal yang diterima:
Serupa dengan sinyal yang ditransmisikan, $r(t) = Rv(t)e^{j(2\pi f_c t + \phi_0)}$, di mana $v(t)$ merupakan sinyal $s(t)$ yang dipengaruhi oleh kondisi kanal selama transmisi.
- Sinyal yang diterima dapat mengalami pergeseran frekuensi akibat pergerakan penerima terhadap pemancar \rightarrow efek Doppler

2.4 Free space path loss

- Model Redaman lintasan ini digunakan untuk sinyal dengan perambatan Line of Sight (LOS).
- Sinyal yang diterima:

$$r_{LOS}(t) = \Re \left\{ \frac{u(t) \sqrt{G_t} \lambda e^{j2\pi d/\lambda}}{4\pi d} e^{j(2\pi f_c t + \phi_0)} \right\}$$

Daya terima:

$$P_r = P_t \left[\frac{\sqrt{G_t} \lambda}{4\pi d} \right]^2.$$

2.5 Ray Tracing

- Merepresentasikan muka gelombang sebagai partikel-partikel sederhana
- Efek refleksi, difraksi, dan penghamburan pada muka gelombang didekati dengan persamaan geometris sederhana
- Beberapa model Ray Tracing: Two Ray Model, Ten Ray Model, General Ray Tracing

2.6 Model Path Loss Empirik

- Kebanyakan sistem komunikasi bergerak beroperasi di lingkungan perambatan yang kompleks, sehingga tidak dapat dimodelkan oleh free space path loss ataupun Ray tracing

- Model path loss empiric dilakukan berdasarkan pengukuran empirik secara ekstensif.
- Model Okumura: model empirik untuk kondisi tanah yang tidak teratur.
- Model Hata : Pendekatan analitis untuk model Okumura
- Model Cost 231: Perluasan dari model Hata → ke frekuensi 2 GHz dan tinggi antenna mobile yang lebih rendah. Extension to Hata Model: Extends Hata model to 2 GHZ and to lower mobile
- Model-model di atas tidak akurat untuk dipergunakan di lingkungan dengan karakter yang berbeda.

2.7 Model Path Loss yang Disederhanakan

- Kompleksnya perambatan sinyal membuat sulitnya mendapatkan model tunggal yang dapat merepresentasikan karakter path loss secara akurat pada lingkungan yang berbeda.
- Untuk keperluan analisa secara umum dari berbagai rancangan sistem digunakan model path loss yang lebih sederhana, dengan lebih memperhatikan esensi dari perambatan sinyal tanpa melihat kepada model path lossnya.
- Model sederhana dari path loss sebagai fungsi dari jarak:

$$P_r = P_t K \left[\frac{d_0}{d} \right]^\gamma .$$

dimana, K adalah konstanta, bergantung pada karakteristik antenna dan redaman kanal rata-rata; d_0 adalah jarak referensi dan γ adalah eksponen path loss.

2.8 Shadow Fading

- Log normal shadowing adalah model statistik dari redaman sepanjang lintasan transmisi karena adanya objek-objek penghalang.
- Daya sinyal yang diterima dengan adanya efek path loss dan shadowing adalah:
 $P_r(\text{dB}) = P_u(\text{dB}) + 10 \log_{10} K - 10 \log_{10}(d/d_0) + (\text{dB}).$

- Distribusi log normal diturunkan dengan menggunakan bantuan pengukuran empirik:

$$p(\psi_{\text{dB}}) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_{\psi_{\text{dB}}}} \exp \left[-\frac{(\psi_{\text{dB}} - \mu_{\psi_{\text{dB}}})^2}{2\sigma_{\psi_{\text{dB}}}^2} \right] .$$

2.9 Outage Probability

- Dengan adanya path loss dan shadowing, daya yang diterima di sembarang jarak dari pemancar menjadi bersifat random.
- Outage probability didefinisikan sebagai daya terima di dalam jarak tertentu yang bernilai lebih kecil dari besar daya minimum yang diinginkan.

$$p_{out}(P_{min}, d) = p(Pr(d) < P_{min}).$$

- Untuk model path loss yang disederhanakan dan log normal shadowing:

$$p(P_r(d) \leq P_{min}) = 1 - Q \left(\frac{P_{min} - (P_t + 10 \log_{10} K - 10\gamma \log_{10}(d/d_0))}{\sigma_{\psi_{dB}}} \right)$$

2.10 Wilayah Cakupan Sel

- Sistem selular dirancang untuk nilai daya rata-rata $Pr(R)$ di perbatasan sel.
- Wilayah cakupan sel mengharuskan prosentase lokasi di dalam sel dengan $Pr \geq Pr(R)$.
- Wilayah cakupan:

$$C = Q(a) + \exp\left(\frac{2 - 2ab}{b^2}\right) Q\left(\frac{2 - ab}{b}\right), \quad a = \frac{P_{min} - \bar{P}_r(R)}{\sigma_{\psi_{dB}}}, \quad b = \frac{10\gamma \log_{10}(e)}{\sigma_{\psi_{dB}}}.$$

- Jika daya minimum, P_{min} , sama dengan daya rata-rata di perbatasan sel, $Pr(R)$, maka $a=0$, sehingga,

$$C = \frac{1}{2} + \exp\left(\frac{2}{b^2}\right) Q\left(\frac{2}{b}\right).$$

- Membuat $Pr(R)$ lebih besar dari daya terima yang dibutuhkan akan memperbesar wilayah cakupan sel namun meningkatkan interferensi antar sel.

BAB 3 MULTIPATH FADING

3.1 Pendahuluan

- Karakteristik kanal multipath: time delay spread pada sinyal yang diterima; waktu yang berubah-ubah karena pergerakan pemancar maupun penerima.
- Pada setiap waktu sesaat ada sejumlah acak $N(t)$ komponen sinyal multipath
- Setiap komponen memiliki amplituda, fasa, pergeseran Doppler, dan delay lintasan yang acak.
- Sinyal yang diterima:

$$r(t) = \Re \left\{ \left[\sum_{n=0}^{N(t)} \alpha_n(t) e^{-j\phi_n(t)} u(t - \tau_n(t)) \right] e^{j2\pi f_c t} \right\}$$

3.2 Respon Impuls Kanal Berubah Waktu (Time Varying Channel Impulse Response)

- Sinyal yang diterima, $r(t)$, merupakan konvolusi antara sinyal input dan respon impuls kanal ekivalen low pass $c(\tau, t)$

$$r(t) = \Re \left\{ \left(\int_{-\infty}^{\infty} c(\tau, t) u(t - \tau) d\tau \right) e^{j2\pi f_c t} \right\}$$

- Kanal dapat dimodelkan sebagai filter linier berubah waktu,

$$c(\tau, t) = \sum_{n=1}^{N(t)} \alpha_n(t) e^{-j\phi_n(t)} \delta(\tau - \tau_n(t))$$

- $c(\tau, t)$ adalah respon kanal pada saat t terhadap respon impuls pada saat $(t - \tau)$

3.3 Model Fading untuk Sinyal Narrowband

- Multipath delay spread

$$T_m(t) = \max_n \tau_n(t) - \min_n \tau_n(t).$$

- Asumsikan $T_m(t) \ll 1/B$ untuk semua t , maka $u(t) \simeq u(t - \tau_n(t))$ untuk semua n dan t .
- Sinyal yang diterima:

$$r(t) = \Re \left\{ u(t) e^{j2\pi f_c t} \left[\sum_{n=0}^{N(t)} \alpha_n(t) e^{j\phi_n(t)} \right] \right\}$$

3.4 Model Fading Untuk Kanal Wideband

- Pada kasus sinyal wideband, sinyal yang diterima akan mengalami distorsi yang disebabkan oleh delay spread dari komponen-komponen multipath yang berbeda, sehingga sinyal yang diterima tidak lagi dapat dikarakterisasi hanya dengan menggunakan proses acak amplituda dan fasanya saja.
- Efek multipath dari pada sinyal wideband harus memperhitungkan baik delay spread dari komponen-komponen multipath ataupun variasi waktu yang berhubungan dengan kanal.
- Karakteristik terpenting dari kanal wideband: profil power delay, bandwidth koheren, spektrum daya Doppler, dan waktu koheren.

BAB 4

KAPASITAS KANAL

4.1 Pendahuluan

- Kapasitas kanal menurut Shannon: data rate maksimum yang dapat diberikan kanal pada kondisi transmisi tanpa kesalahan (error free)
- Kapasitas merupakan karakteristik kanal, tidak bergantung pada teknik transmisi dan penerimaan, ataupun keterbatasannya.

4.2 Kapasitas Kanal AWGN

- Kanal dengan derau AWGN, dengan bandwidth kanal B dan daya pancar P , mempunyai kapasitas:

$$C = B \log_2(1 + \gamma)$$

dimana $\gamma = P/(N_0B)$

N_0 adalah rapat spektral daya derau.

- Satuan kapasitas: bit per second (bps)

4.3 Kapasitas Kanal Flat Fading

- Kapasitas pada kanal dengan flat fading bergantung pada pengetahuan tentang kanal.
- Ada 3 skenario untuk menentukan kapasitas:
 - Statistik kanal diketahui oleh pemancar dan penerima
 - Nilai kanal diketahui oleh penerima, Statistik kanal diketahui oleh pemancar dan penerima
 - Nilai kanal diketahui oleh pemancar dan penerima, Statistik kanal diketahui oleh pemancar dan penerima

4.4 Kapasitas Kanal Frequency Selective Fading

- Untuk kanal frequency selective fading tidak berubah waktu, kapasitas ditentukan melalui proses ‘water filling’ pada frekuensi
- Kapasitas kanal berubah waktu tidak diketahui. Menentukan kapasitas melalui pendekatan dengan membagi-bagi frekuensi ke dalam sub-band, masing-masing sub-band mengalami flat fading secara independent. Kapasitas kanal adalah jumlah kapasitas dari semua sub-band.

BAB 5 MODULASI DAN DEMODULASI DIGITAL

5.1 Pendahuluan

- Dua penyebab utama distorsi sinyal:
 - Efek filtering pada pemancar, kanal, dan penerima
 - Derau yang dihasilkan dari berbagai sumber: galaksi, terrestrial, penguat, dan sinyal dari sumber lain yang tidak diinginkan.
- Sinyal dan derau dapat diekspresikan sebagai kombinasi linier gelombang-gelombang orthogonal.
- Derau putih (white noise) mempunyai rapat spektral daya dua sisi yang konstan sebesar $N_0/2$ di seluruh kawasan frekuensi, dan rata-rata nol.
- Variansi dari AWGN tak berhingga, tapi variansi dari AWGN hasil filtering adalah berhingga.
- Bentuk umum dari sinyal pembawa: $s(t) = A(t) \cos [\omega_0 t + \varphi(t)]$
dimana, $A(t)$ adalah amplituda sinyal berubah waktu; ω_0 frekuensi sudut; dan $\varphi(t)$ adalah fasa sinyal berubah waktu.

5.2 Teknik Modulasi Bandpass

- Phase Shift Keying: Informasi disimpan pada perubahan fasa dari sinyal pembawa.

$$s_i(t) = [2E/T]^{1/2} \cos [\omega_0 t + \varphi_i(t)]$$

$$0 \leq t \leq T \quad i = 1, \dots, M$$

Fasa $\varphi_i(t)$ akan mempunyai M nilai diskrit, dimana $\varphi_i(t) = 2\pi i/M$

- Frequency Shift Keying: Informasi disimpan pada perubahan frekuensi dari sinyal pembawa.

$$s_i(t) = [2E/T]^{1/2} \cos [\omega_i t + \varphi]$$

$$0 \leq t \leq T \quad i = 1, \dots, M$$

Frekuensi ω_i akan mempunyai M nilai diskrit, sedangkan fasa φ bernilai konstan.

- Amplitude Shift Keying: Informasi disimpan pada perubahan amplituda dari sinyal pembawa.

$$s_i(t) = [2E_i/T]^{1/2} \cos [\omega_0 t + \varphi]$$

$$0 \leq t \leq T \quad i = 1, \dots, M$$

Amplituda $[2E_i/T]^{1/2}$ akan mempunyai M nilai diskrit, sedangkan fasa φ bernilai konstan.

- Amplitude Phase Keying: Kombinasi dari Amplitude Shift Keying dan Phase Shift Keying.

$$s_i(t) = [2E_i/T]^{1/2} \cos [\omega_0 t + \varphi_i(t)]$$

$$0 \leq t \leq T \quad i = 1, \dots, M$$

Amplituda dan fasa berubah pada waktu transisi symbol.

5.3 Deteksi Sinyal Dalam Derau Gaussian

- Decision Region: daerah pengambilan keputusan untuk menentukan satu sinyal yang dianggap paling benar dari sinyal-sinyal lain yang ada di dekatnya melalui representasi vector.
- Pada kasus pendeteksian biner digunakan fungsi kerapatan peluang bersyarat dan nilai rataannya sebagai batasan.

5.4 Deteksi Koheren

-
- PSK
 - Multiple PSK
- FSK

5.5 Deteksi Non Koheren

- Differential PSK
- FSK

5.6 Kinerja Kesalahan Pada Sistem Biner

- PSK koheren
- DPSK non koheren
- FSK koheren
- FSK non koheren

5.7 Pensinyalan M-ary

- MPSK
- MFSK