

PERANCANGAN (lanjutan)

Ref : Lehpamer

Composite Fade Margin

$$CFM = TFM + DFM + IFM + AIFM$$

$$CFM = -10 \log (10^{-TFM/10} + 10^{-DFM/10} + 10^{-IFM/10} + 10^{-AIFM/10})$$

- TFM : Thermal (flat) Fading Margin, selisih antara RSL normal dengan BER = 10^{-3} DS1 loss of frame point
- DFM : Dispersive Fade Margin, ditentukan oleh pembuat perangkat. Diakibatkan oleh kompleksitas skema modulasi dan pemrosesan base band.
- IFM : Interference Fade Margin, degradasi threshold penerima karena interferensi co-channel.
- AIFM : Adjacent-channel Interference Fade Margin, biasanya diabaikan kecuali diversitas frekuensi dan sistem N+1 multi line

Outage dan Availability

$$\text{Outage (Unavailability)} = \frac{SES}{t} \times 100 \quad [\%]$$

- SES : Severely Error Second, perioda 1 detik dimana BER lebih buruk dari 1×10^{-3}
- t : perioda waktu pengamatan (detik)
- $\text{Availability} = 100 - \text{Outage} \quad [\%]$
- Pd Lintasan digital ketidak tersediaan layanan bila telah terjadi 10 kali BER $> 1 \times 10^{-3}$ berurutan

Model probabilitas multipath lintasan gel mikro

- Model Vigant

- Model ini banyak digunakan di Amerika utara dan wilayah ITU-R dpt diperoleh dgn program computer CCIR rep. 338
- Model ini digunakan utk fading dalam (Deep Fading) > 15 dB.
- Waktu pengamatan lama mis. 1 tahun
- Probabilitas fading satu arah karena multipath pd musim fading :

$$P = 2.5 \times 10^{-6} c f d^3 10^{-CFM/10}$$

- f : frekuensi [GHz] , d : panjang lintasan [mil], CFM : Margin Fading gabungan [dB]
- c : factor iklim/lapangan
 - (4 : diatas air dan iklim lembab, 1 : medan dan iklim rata2, 0,25 : pegunungan dan iklim kering)
- atau $C = a \left(\frac{50}{w} \right)^{1,3}$
 - a = 2 : iklim lembab, 1 : iklim rata2, 0,5 : iklim kering
 - w = ketidak-rataan lapangan rata2 dari peta profil (antara 20 sd 140 ft, rata2 50 ft)

Model probabilitas multipath lintasan gel mikro

- Outage (SES) = $T_o P$ [det/th]
- T_o : waktu fading = $8 \times 10^6 \times \frac{t}{50}$ [det/th], t : suhu, $35^{\circ}F \leq t \leq 75^{\circ}F$
- 8×10^6 adalah asumsi musim fading 3 bulan

- Model ITU-R p 530-12

$$P_0 = Kd^{3.2}(1+|\epsilon_p|)^{-0.97} \times 10^{0.032f-0.00085h_L-A/10} \quad [\%]$$

- f : frekuensi [GHz]
- h_L : ketinggian antenna yg rendah [m]
- A : kedalaman fading [dB]
- K : factor geoclimatic, jika tak tersedia data dpt digunakan :

$$K = 10^{-3.9-0.003dN_1} \cdot s_a^{-0.42}$$

Model probabilitas multipath lintasan gel mikro

- dN_1 : gradien reflektifitas [N-unit/Km] pd 65 m terbawah atmosfer yg tidak lebih dr 1 % rata2 setahun
- S_a : standar deviasi ketinggian lapangan [m], pada daerah seluas 110 x 110 Km dng resolusi 30.

- Hitung cepat K : $K = 10^{-4.2-0.0029dN_1}$

- Inklinasi lintasan :
$$|\varepsilon_p| = \frac{|h_r - h_e|}{d} \quad [\text{mrad}]$$

- h_r, h_e : ketinggian antenna penerima dan antenna pemancar [m] diatas permukaan laut
- d : panjang lintasan [Km]

Contoh

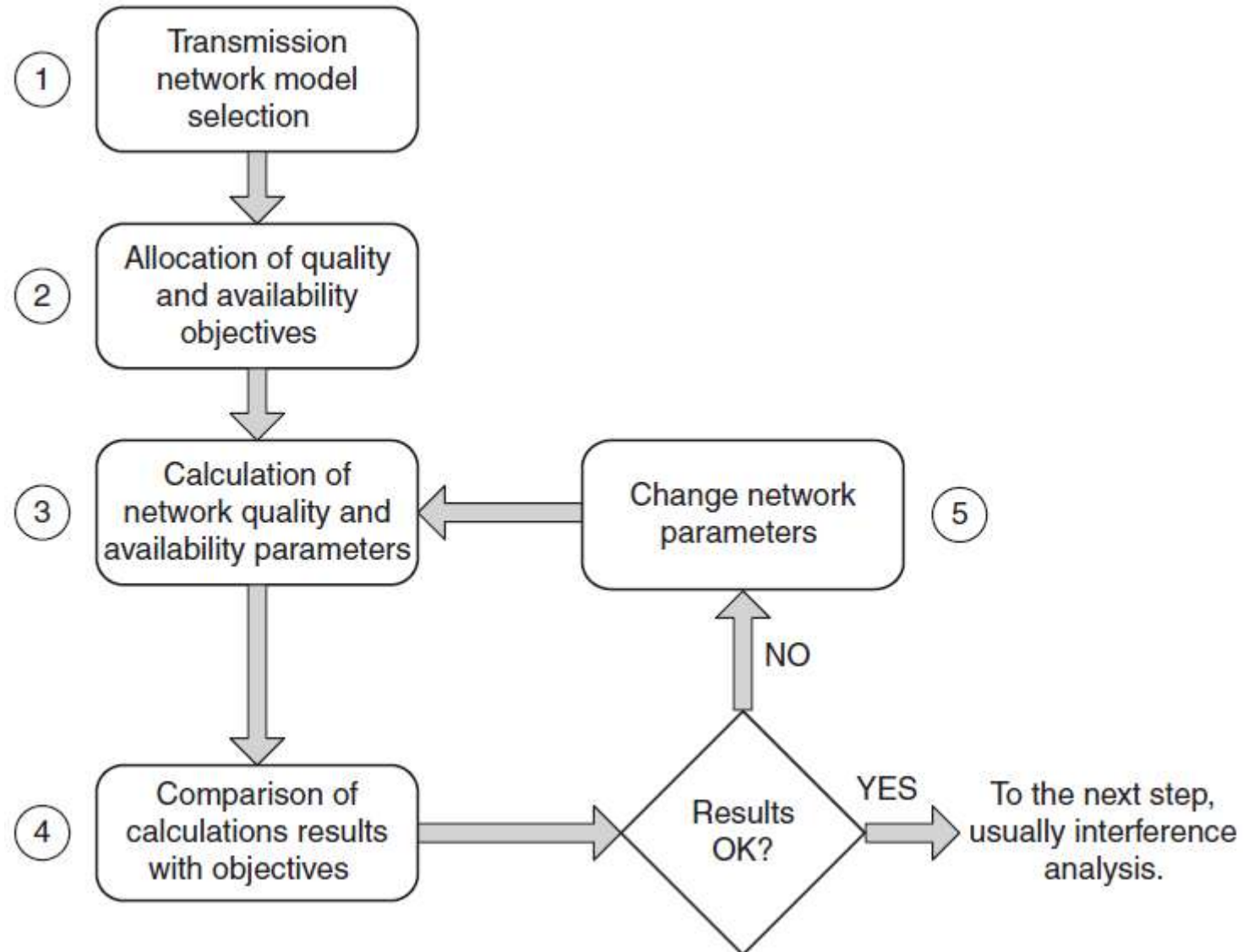
- Lintasan gel mikro :
 - Panjang lintasan 40 Km
 - Frekuensi 7 GHz
 - Gradien reflektansi -200 N-unit/Km
 - Ketinggian antenna pemancar 200 m dpl
 - Ketinggian antenna penerima 350 m dpl
 - Availabilitas 99,999 %
- Hitunglah fading margin yg diijinkan.

Perhitungan Kualitas dan Availabilitas



- Maksud utama perhitungan kualitas dan availabilitas adalah utk mencapai persyaratan suatu lintasan gel mikro. Ada 5 tahapan yi :
 - Pemilihan model jaringan yg cocok
 - Pemilihan sasaran kualitas dan availabilitas utk bagian atau seksi model jaringan yg sesuai
 - Perhitungan kualitas dan availabilitas
 - Membandingkan hasil perhitungan tahap 3 dengan tahap 2
 - Jika sasaran tahap 3 tidak dipenuhi dilakukan penggantian nilai parameter (seperti ukuran dan ketinggian antenna, daya pancar, pengaturan frekuensi, polarisasi dll), selanjutnya dilakukan perhitungan seperti pada tahap 3 dan dibandingkan hasilnya seperti pada tahap 4 serta diulang secara iterasi
- Utk prediksi fading mekanisme fading yg diperhatikan yi :
 - Fast fading :
 - Flat fading karena multipath
 - Selective fading karena multipath
 - Slow fading → berkontribusi pd unavailability :
 - Rain fading karena hujan
 - Refraction-diffraction fading (k-type fading) di atmosfer

Perhitungan Kualitas dan Availabilitas



Model perpu hujan Crane

Utk $x \leq d \leq 22,5$ Km :

$$A = \alpha R_p^\beta \left[\left(\frac{e^{\mu\beta d}}{\mu\beta} \right) - \left(\frac{b^\beta e^{c\beta x}}{c\beta} \right) + \left(\frac{b^\beta e^{c\beta d}}{c\beta} \right) \right] \quad [\text{dB}]$$

Utk $x > d$:

$$A = \alpha R_p^\beta \left(\frac{e^{\mu\beta d} - 1}{\mu\beta} \right) \quad [\text{dB}]$$

Nilai μ , b , c dan x dihitung sbb :

$$\mu = \frac{\ln(bx^{cx})}{x}$$

$$b = 2.3 R_p^{-0.17}$$

$$c = 0.026 - 0.03 \ln(R_p)$$

$$x = 3.8 - 0.6 \ln(R_p)$$

d : panj lintasan [Km]

R_p : curah hujan [mm/jam], dr tabel Crane, p : probabilitas [%]

e : bil asli = 2,71828

α , β : koefisien regresi dr tabel bila perlu di interpolasi

Catatan :

Jika $d > 22,5$ Km digunakan $d_o = 22,5$ Km dan $p_1 = p \cdot (22,5/d)$

Model perpu hujan ITU-R

- Cocok utk diseluruh dunia dgn frek > 40 GHz dgn jarak sampai 60 Km
- Tahapan :
 - Cari laju hujan $R_{0,01}$ melebihi 0,01 prosen waktu (dgn integrasi waktu 1 menit) ITU-R rec P 837
 - Hitung redaman spesifik γ_R pada frekuensi, polarisasi dan laju hujan ITU-R rec P 838
 - Hitung panjang efektif lintasan d_{eff} dengan cara sbb :

$$d_{eff} = d \cdot r$$

$$r = \frac{1}{\frac{1+d}{d_0}}$$

Utk $d \leq 100$ m/hr :

$$d_0 = 35e^{-0.015R_{0.01}}$$

Utk $d > 100$ m/hr , $R_{0,01} = 100$ mm/hr :

$$d_0 = 35e^{-1.5}$$

Redaman melebihi 0,01 % waktu :

$$A_{0.01} = \gamma_R \cdot d_{eff} = \gamma_R \cdot d \cdot r \quad [\text{dB}]$$

Utk lintasan radio terletak didaerah $\geq 30^\circ$ lintang utara/selatan, redaman dgn presentasi waktu lainnya antara 0,001 sampai 1 harus dikalikan dgn faktor pengali :

$$\frac{A_p}{A_{0.01}} = 0.12 p^{-(0.546+0.043 \log_{10} p)}$$

$$p = 1 \rightarrow f = 0,12; p = 0,1 \rightarrow f = 0,39; p = 0,01 \rightarrow f = 1,00 , p = 0,001 \rightarrow f = 2,14$$

Utk lintasan radio terletak didaerah $< 30^\circ$ lintang utara/selatan, redaman dgn presentasi waktu lainnya antara 0,001 sampai 1 harus dikalikan dgn faktor pengali :

$$\frac{A_p}{A_{0.01}} = 0.07 p^{-(0.855+0.139 \log_{10} p)}$$

$$p = 1 \rightarrow f = 0,07; p = 0,1 \rightarrow f = 0,36; p = 0,01 \rightarrow f = 1,00 , p = 0,001 \rightarrow f = 1,44$$

Probabilitas perpu hujan pd bulan terburuk P_w baik Crane maupun ITU menyatakan :

$$P_w = 2.85 P_a^{0.87} \quad P_a: \text{Probabilitas outage hujan tahunan}$$

Hitung redaman hujan spesifik ITU-R

$$\gamma_R = kR^\alpha$$

$$k = [k_H + k_V + (k_H - k_V) \cos^2 \theta \cos 2 \tau] / 2$$

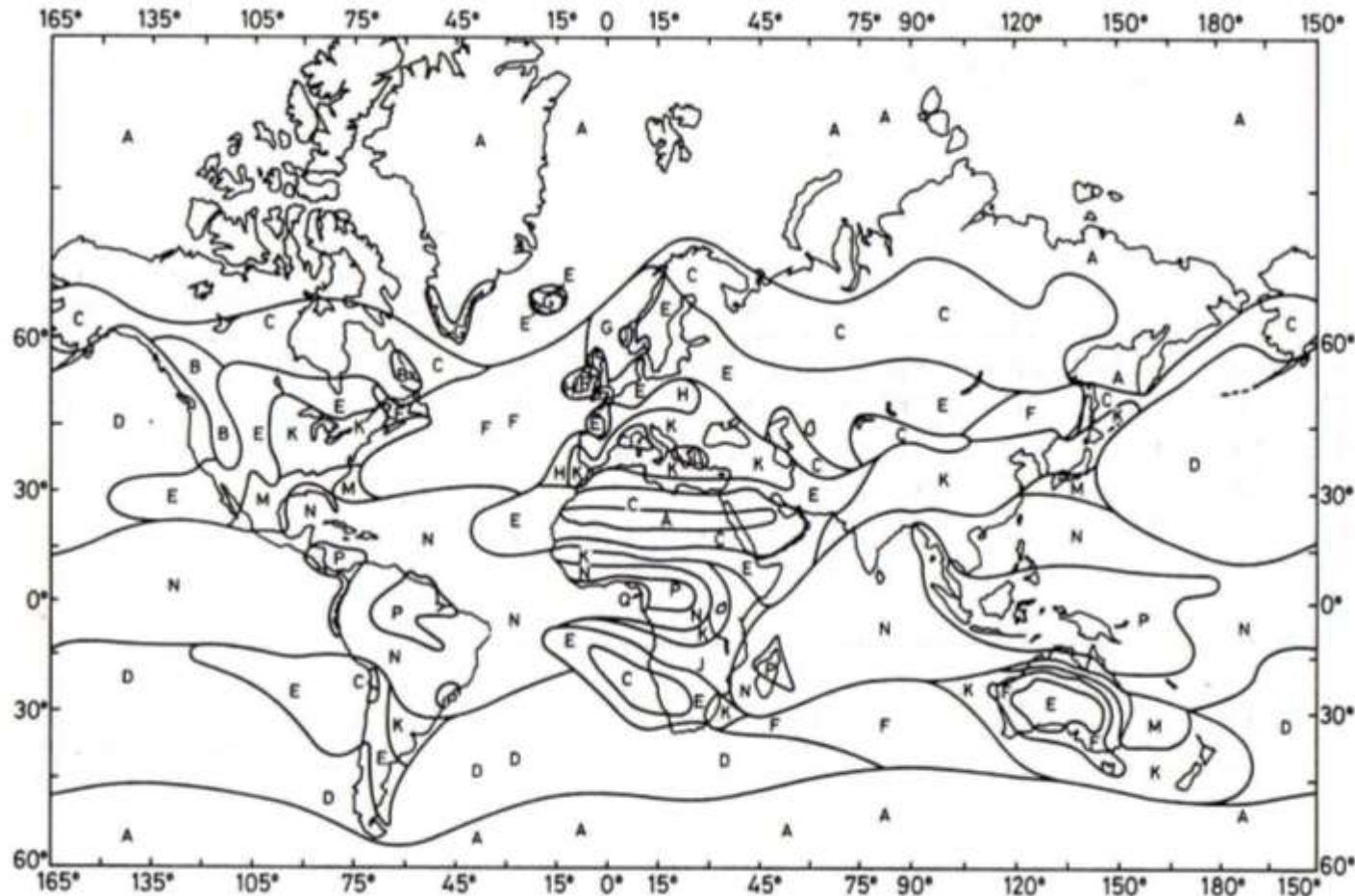
$$\alpha = [k_H \alpha_H + k_V \alpha_V + (k_H \alpha_H - k_V \alpha_V) \cos^2 \theta \cos 2 \tau] / 2k$$

θ : sudut elevasi lintasan

τ : kemiringan polarisasi thd garis horizontal, $\tau = 45^\circ$ utk polarisasi lingkaran

$k_H, k_V, \alpha_H, \alpha_V$, dapat dilihat di tabel

Peta daerah hujan oleh CCIR [1988 ITU]



Rain climatic zones for ITU
Regions 1 and 3; rainfall
intensity at 0.01 %

Rain zone	Rainfall intensity, mm/hr
A	8
B	12
C	15
D	19
E	22
F	28
G	30
K	42
M	63
N	95
P	145

TABLE 5
Frequency-dependent coefficients for estimating specific rain attenuation

Frequency (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
1	0.0000259	0.9691	0.0000308	0.8592
1.5	0.0000443	1.0185	0.0000574	0.8957
2	0.0000847	1.0664	0.0000998	0.9490
2.5	0.0001321	1.1209	0.0001464	1.0085
3	0.0001390	1.2322	0.0001942	1.0688
3.5	0.0001155	1.4189	0.0002346	1.1387
4	0.0001071	1.6009	0.0002461	1.2476
4.5	0.0001340	1.6948	0.0002347	1.3987
5	0.0002162	1.6969	0.0002428	1.5317
5.5	0.0003909	1.6499	0.0003115	1.5882
6	0.0007056	1.5900	0.0004878	1.5728
7	0.001915	1.4810	0.001425	1.4745
8	0.004115	1.3905	0.003450	1.3797
9	0.007535	1.3155	0.006691	1.2895
10	0.01217	1.2571	0.01129	1.2156

Frequency (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
11	0.01772	1.2140	0.01731	1.1617
12	0.02386	1.1825	0.02455	1.1216
13	0.03041	1.1586	0.03266	1.0901
14	0.03738	1.1396	0.04126	1.0646
15	0.04481	1.1233	0.05008	1.0440
16	0.05282	1.1086	0.05899	1.0273
17	0.06146	1.0949	0.06797	1.0137
18	0.07078	1.0818	0.07708	1.0025
19	0.08084	1.0691	0.08642	0.9930
20	0.09164	1.0568	0.09611	0.9847
21	0.1032	1.0447	0.1063	0.9771
22	0.1155	1.0329	0.1170	0.9700
23	0.1286	1.0214	0.1284	0.9630
24	0.1425	1.0101	0.1404	0.9561
25	0.1571	0.9991	0.1533	0.9491
26	0.1724	0.9884	0.1669	0.9421
27	0.1884	0.9780	0.1813	0.9349
28	0.2051	0.9679	0.1964	0.9277
29	0.2224	0.9580	0.2124	0.9203

Frequency (GHz)	k_H	α_H	k_V	α_V
30	0.2403	0.9485	0.2291	0.9129
31	0.2588	0.9392	0.2465	0.9055
32	0.2778	0.9302	0.2646	0.8981
33	0.2972	0.9214	0.2833	0.8907
34	0.3171	0.9129	0.3026	0.8834
35	0.3374	0.9047	0.3224	0.8761
36	0.3580	0.8967	0.3427	0.8690
37	0.3789	0.8890	0.3633	0.8621
38	0.4001	0.8816	0.3844	0.8552
39	0.4215	0.8743	0.4058	0.8486
40	0.4431	0.8673	0.4274	0.8421
41	0.4647	0.8605	0.4492	0.8357
42	0.4865	0.8539	0.4712	0.8296
43	0.5084	0.8476	0.4932	0.8236
44	0.5302	0.8414	0.5153	0.8179
45	0.5521	0.8355	0.5375	0.8123
46	0.5738	0.8297	0.5596	0.8069
47	0.5956	0.8241	0.5817	0.8017
48	0.6172	0.8187	0.6037	0.7967

Perbandingan model Crane dan ITU

- Pada umumnya model Crane memiliki redaman lebih besar dr model ITU, walaupun perbedaannya hamper sama setiap variasai model Crane.

TABLE 3.1 Rain Attenuation Comparison at 99.99 Percent Availability for a 3 km Path

ITU Zone/Crane Zone	Units	E/F	D/C	K/D2	N/E
Rain rate ITU/Crane	(mm/hr)	22/22	19/29	42/47	95/91
ITU-R 530	(dB)	10.8	14.3	22.3	39.2
Crane global	(dB)	13.2	17.2	25.7	45.9
Crane	(dB)	13.6	18.4	28.8	52.0
two-component Model					
Crane revised	(dB)	12.4	20.0	26.9	51.3
two-component Model					

Pengurangan efek hujan

- Fading hujan yg mengakibatkan outage umumnya pada frek > 10 GHz.
- Outage disebabkan oleh adanya halangan rain cell dgn diameter 4 sd 8 Km, selama 5 sd 15 menit.
- Multipath fading minimal terjadi saat hujan deras dengan antenna terarah dgn baik, sehingga fading margin lintasan mampu mengkompensasi redaman hujan.
- Bila memungkinkan kadang sangat efektif dibuat diversity silang. Pd kondisi ini lintasan frekuensi rendah sangat stabil sementara frekuensi yg lebih tinggi terganggu oleh rain cell
- Selama rain storm baik diversitas ruang maupun diversitas frekuensi tidak dapat mengatasi fading.

