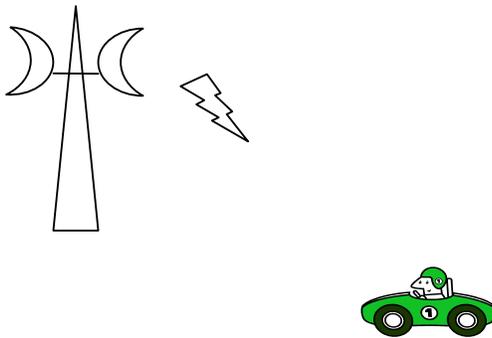


BAB XI TRAFIK UNTUK KOM BERGERAK SELULER

11.1 Pendahuluan

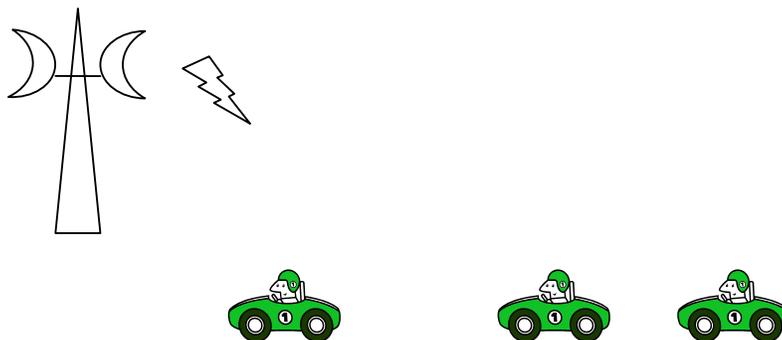
Rekayasa trafik digunakan dalam jaringan telekomunikasi untuk menentukan jumlah pelanggan dengan *grade of service* yang diinginkan. Pada system jaringan seluler, rekayasa trafik meliputi :

1. mengubah data demografi ke trafik
2. mapping sebuah grid hexagonal dalam sebuah area
3. menentukan jumlah kanal per sel
4. estimasi jumlah sel



Gambar 11.1 : satu kanal untuk satu pelanggan

1 kanal untuk 1 pelanggan.
System ini mempunyai garansi 100% system availability tetapi tidak efektif dalam hal biaya.

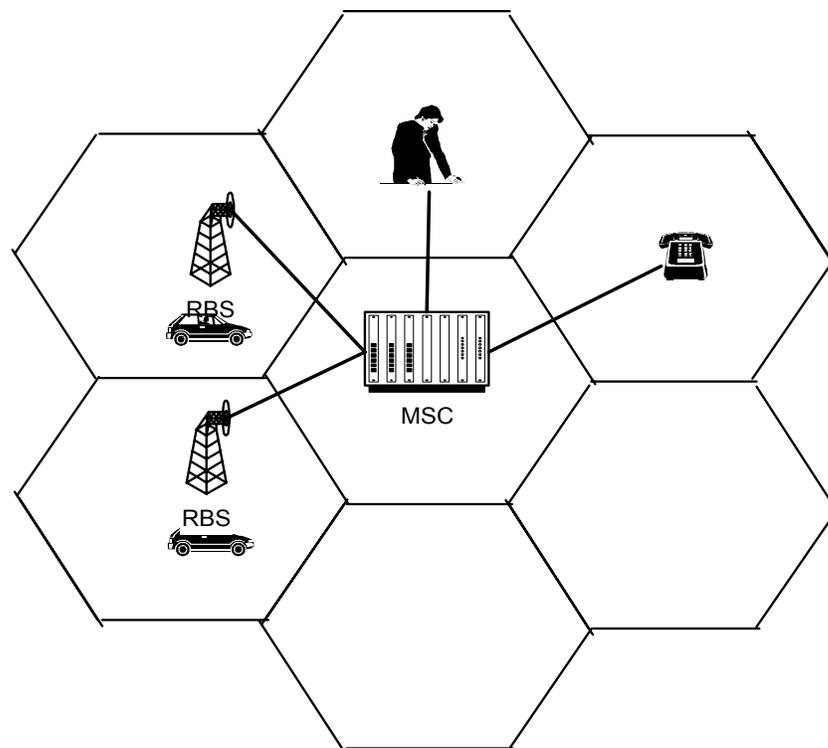


Gambar 11.2 : satu kanal untuk banyak pelanggan

1 kanal untuk banyak pelanggan. System ini menimbulkan blocking, menurunkan tingkat pelayanan ke pelanggan. Maka tujuan rekayasa trafik adalah membuat “good compromise” antara kedua parameter tersebut.

11.2 Jaringan Telepon Mobile Seluler

Suatu wilayah jaringan mobil seluler terbagi dalam wilayah-wilayah sel panggilan. Satu kanal frekuensi dalam satu wilayah sel panggilan hanya dapat melayani satu panggilan. Kanal frekuensi yang sama dapat dipakai dalam wilayah sel panggilan lainnya. Bila diameter wilayah sel panggilan kecil (< 20 km), kemungkinan pelanggan telepon mobil berpindah dari wilayah sel yang satu ke lainnya cukup besar. Ini berarti pelanggan telepon mobil tersebut dilayani oleh lebih dari satu wilayah sel panggilan. Peralihan pelayanan terhadap pelanggan telepon mobil dari satu wilayah sel (kanal frekuensi) ke wilayah sel (kanal frekuensi) lainnya disebut : “HANDOFF”

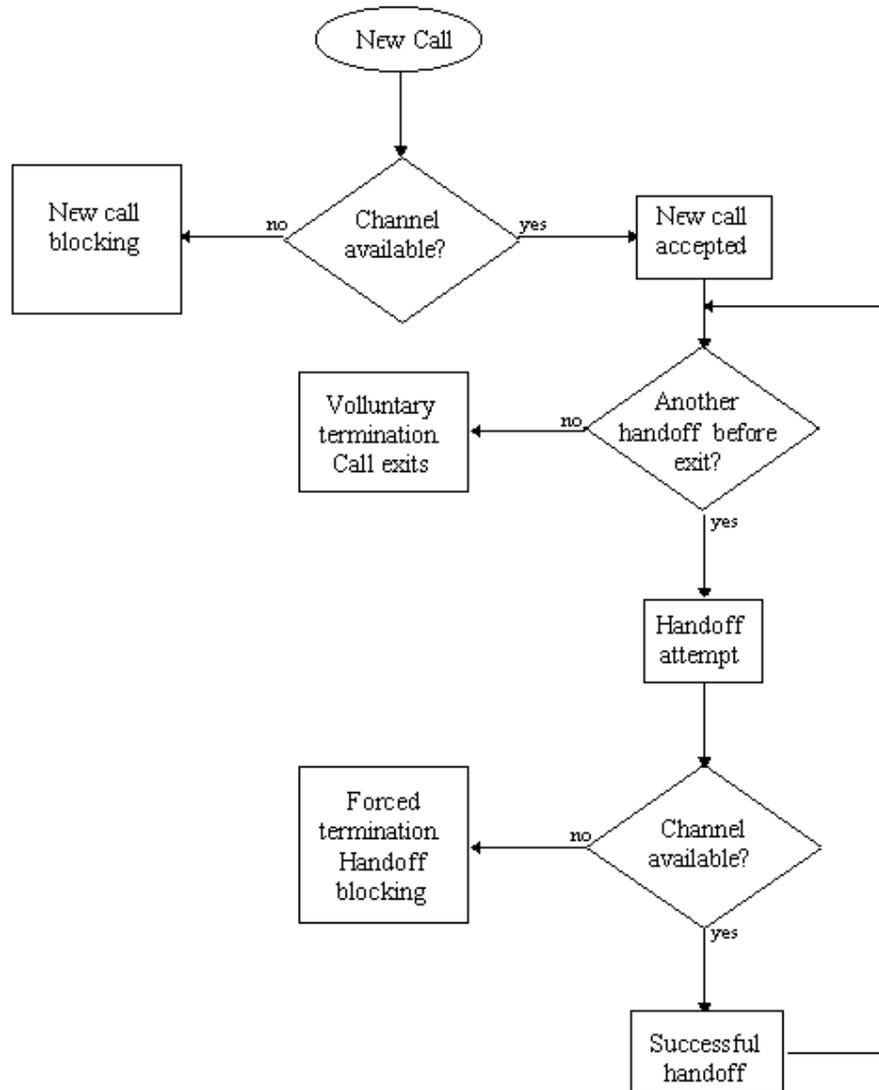


Gambar 11.3:

Dalam jaringan seluler, blocking terjadi ketika sebuah base station tidak mempunyai kanal yang bebas untuk dialokasi ke mobile user. Terdapat dua macam blocking dalam system ini : blocking untuk panggilan baru dan blocking dari user yang bergerak ke sel yang lain (*handoff blocking*).

11.3 Model Transaksi

Model dari system transaksi, dapat dijelaskan dengan algoritma berikut



Gambar 11.4: proses transaksi

11.4 Skema Handoff

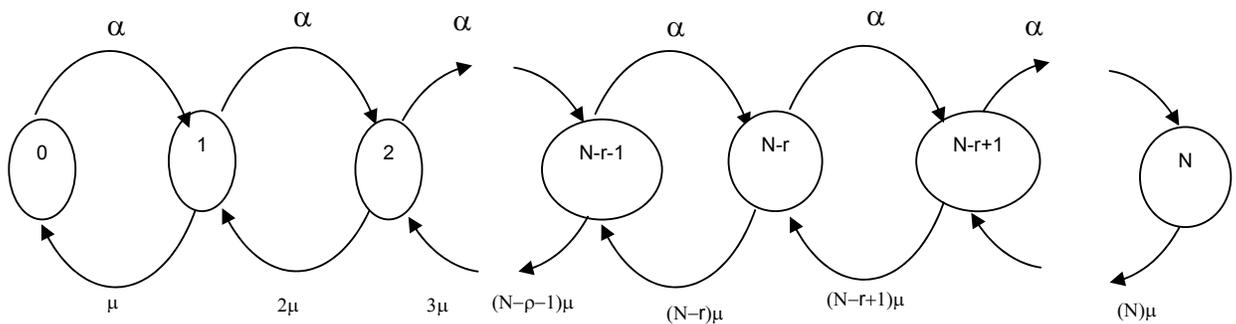
11.4.1 Handoff tanpa prioritas

□ Asumsi :

- Jumlah kanal di suatu wilayah sel tertentu : N
- Tidak ada kanal reservasi untuk handoff
- Satu panggilan memerlukan satu kanal.

- Dalam jam sibuk :
- Rate datangnya panggilan (random) handoff : γ , panggilan baru dibangkitkan secara independent. Sesuai dengan preses poisson.
- Rate datangnya panggilan (random) yang lain : λ
- Rate pelayanan untuk semua macam panggilan (distribusi waktu pelayanan : exponential negative) : μ
- Topologi satu dimensi
- Trafik homogen

diagram transisi kondisi



Gambar 11.5 : diagram transisi kondisi

Persamaan kesetimbangan

$$\alpha P(k) = \mu(k+1) P(k+1) \quad \dots \quad k=0,1,2,\dots,N$$

dimana :

- $\alpha = \lambda + \gamma$
- $\lambda =$ laju kedatangan panggilan baru
- $\gamma =$ laju kedatangan panggilan handoff

untuk $k=0$

$$\begin{aligned} \alpha P(0) &= \mu P(1) \\ P(1) &= \alpha/\mu P(0) \\ P(1) &= A_0 P(0) \end{aligned} \quad \text{dimana } \alpha/\mu = A_0$$

Untuk $k=1$

$$\begin{aligned} \alpha P(1) &= 2\mu P(2) \\ P(2) &= \alpha/2\mu P(1) \\ P(2) &= A/2 P(1) \\ P(2) &= A/2! P(0) \end{aligned}$$

Untuk $k=2$

$$\begin{aligned} \alpha P(2) &= \mu P(3) \\ P(3) &= \alpha/\mu P(2) \end{aligned}$$

$$P(3) = A / 3 P(2)$$

$$P(3) = A^3 / 3! P(0)$$

Sehingga didapatkan harga probabilitas pada saat k kanal sel diduduki adalah :

$$P(k) = \frac{A^k}{k!} P(0)$$

Dimana $A = A_0 + A_{HO}$

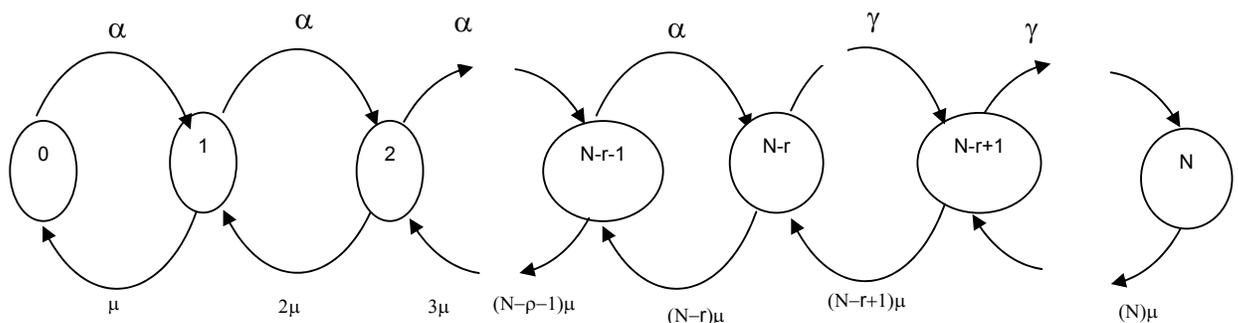
- Probabilitas blocking untuk paangillan baru (lainnya) B_0 = Probabilitas blocking untuk panggilan handoff B_{HO} (disebut juga probabilitas dropping)

$$B_0 = B_{HO} = P(N) = \frac{A^N}{N!} P(0) \quad [11.1]$$

11.4.2 Handoff dengan prioritas

- Asumsi :
 - Jumlah kanal di suatu wilayah sel tertentu : N
 - Jumlah kanal reservasi untuk panggilan handoff : r
 - Jadi jumlah kanal untuk semua macam panggilan (termasuk panggilan Hand off) : N-r
 - Satu panggilan memerlukan satu kanal.
 - Dalam jam sibuk :
 - Rate datangnya panggilan (random) handoff : γ , panggilan baru dibangkitkan secara independent. Sesuai dengan preses poisson.
 - Rate datangnya panggilan (random) yang lain : λ
 - Rate pelayanan untuk semua macam panggilan (distribusi waktu pelayanan : exponential negative) : μ
 - Topologi satu dimensi
 - Trafik homogen

Diagram Transisi Kondisi



Gambar 11.6 : Diagram transisi kondisi

☐ **Persamaan Kesetimbangan :**

$$\begin{aligned} \text{☐ } \alpha P(k) &= \mu(k+1) P(k+1) \quad \dots\dots\dots k=0,1,2,\dots,N-r \\ \text{☐ } \gamma P(k) &= \mu(k+1) P(k+1) \quad \dots\dots\dots k= N-r+1, N-r+2, \dots, N \end{aligned}$$

$$\text{☐ } \alpha P(k) = \mu (k+1) P(k+1) \quad \dots\dots\dots k=0,1,2,\dots,N-1$$

☐

untuk k=0

$$\begin{aligned} \text{☐ } \alpha P(0) &= \mu P(1) \\ P(1) &= \alpha/\mu P(0) \quad \text{dimana } \alpha/\mu = A_0 \end{aligned}$$

$$P(1) = A P(0)$$

Untuk k=1

$$\begin{aligned} \text{☐ } \alpha P(1) &= 2\mu P(2) \\ P(2) &= \alpha/2\mu P(1) \\ P(2) &= A / 2 P(1) \\ P(2) &= A / 2! P(0) \end{aligned}$$

Untuk k=2

$$\begin{aligned} \text{☐ } \alpha P(2) &= \mu P(3) \\ P(3) &= \alpha/\mu P(2) \\ P(3) &= A / 3 P(2) \\ P(3) &= A^3 / 3! P(0) \end{aligned}$$

untuk k=N-r

$$\begin{aligned} \text{☐ } \gamma P(N-r-1) &= \mu (N-r) P(N-r) \\ P(N-r) &= \gamma / \mu (N-r) P(N-r-1) \end{aligned}$$

$$P(N-r) = \frac{A^{(N-r)}}{(N-r)!} P(0)$$

Sehingga didapatkan harga probabilitas pada saat n kanal sel diduduki adalah :

$$P(k) = \frac{A^k}{k!} P(0)$$

$$\text{☐ } \gamma P(k) = \mu (k+1) P(k+1) \quad \dots\dots\dots k= N-r+1, N-r+2, \dots, N.$$

Untuk k=N-r+1

$$\begin{aligned} \text{☐ } \gamma P(N-r) &= \mu (N-r+1) P(N-r+1) \\ P(N-r+1) &= \frac{\gamma}{\mu(N-r+1)} P(N-r) \end{aligned}$$

$$P(N - r + 1) = \frac{A_{HO}}{(N - r + 1)} \cdot \frac{A^{(N-r)}}{(N - r)!} \cdot P(0)$$

Untuk $k = N - r + 2$

$$\square \cdot \gamma P(N - r + 1) = \mu (N - r + 2) P(N - r + 2)$$

$$P(N - r + 2) = \frac{\gamma}{\mu(N - r + 2)} P(N - r + 1)$$

$$P(N - r + 2) = \frac{A_{HO}^2}{(N - r + 2)} \cdot \frac{A^{(N-r)}}{(N - r)!} \cdot P(0) = \frac{A_{HO}^2 \cdot A^{(N-r)}}{(N - r + 2)!} \cdot P(0)$$

Sehingga didapatkan harga probabilitas pada saat k server diduduki adalah :

$$P(k) = \frac{A_{HO}^{k-(N-r)}}{k!} \cdot A^{(N-r)} P(0)$$

- Maka pada system seluler didapatkan harga $P(K)$:

Untuk $0 \leq k \leq N-r$
$$P(k) = \frac{A^k}{k!} P(0)$$

Untuk $N-r \leq k \leq N$
$$P(k) = \frac{A_{HO}^{k-(N-r)}}{k!} \cdot A^{(N-r)} P(0)$$

- Dari kondisi normal didapatkan harga $p(0)$

$$p(0) = \frac{1}{\sum_{k=0}^{N-r-1} \frac{A^k}{k!} + A^{(N-r)} \sum_{k=N-r}^N \frac{A_{HO}^{k-(N-r)}}{k!}}$$

- Probabilitas blocking untuk panggilan handoff

$$B_{HO} = P(N) = \frac{A_{HO}^r A^{N-r}}{N!} P(0) \quad [11.2]$$

- Probabilitas bloking untuk semua macam panggilan lainnya

$$B_0 = A^{N-r} \sum_{k=(N-r)}^N \frac{A_{HO}^{k-(N-r)}}{k!} P(0) \quad [11.3]$$

- Dampak besaran r (=jumlah kanal untuk proteksi kanal (HO))

a. Bila $r = 0$ $B_0 = B_{HO}$

b. Bila $r = N$ $B_0 = 1$

$$B_{HO} = E_N (A_{HO})$$

- c. Bila $0 < r < N$ $B_{HO} < B_0$
Dimana $E_N (A_{HO})$ merupakan rumus rugi erlang (Erlang B)

11.5 Multiple Access dan kapasitas kanal

11.5.1 FDMA

Dalam FDMA individual kanal digunakan untuk individual user. Masing-masing user dialokasikan sebuah kanal atau band frekuensi khusus selama periode panggilan, tidak ada user lain yang dapat menggunakan frekuensi yang sama.

Kanal FDMA hanya membawa satu sirkit voice pada satu waktu. Bandwidht kanal FDMA relative sempit (sekitar 30 khz). Karena itu FDMA digunakan untuk komunikasi narrowband.

☛ Kanal yang dapat disuport dalam system FDMA adalah :

$$N = \frac{B_t - 2B_{guard}}{B_c} \quad [11.4]$$

dimana : B_t =alokasi spectrum total
 B_{guard} = guard band yang dialokasikan pada ujung alokasi spectrum
 B_c = BW kanal

11.5.2 TDMA

TDMA membagi spectrum radio ke dalam time slot dan masing-masing slot hanya mengijinkan satu user yang transmit atau receive

☛ Jumlah kanal dalam system TDMA adalah :

$$N = \frac{m(B_{tot} - 2B_{guard})}{B_c} \quad [11.5]$$

dimana:

m = jumlah maksimum yang dapat didukung oleh masing-masing kanal.

11.5.3 CDMA

dalam system CDMA, user menggunakan frek carier yang sama dan transmit secara simultan (TDD atau FDD). Masing-masing user mempunyai pseudorandom codeword yang orthogonal dengan seluruh codeword yang lain.

☛ Kapasitas CDMA adalah sebagai berikut :

1. single sel
2. multi sel

Pada system CDMA satu sel user terdistribusi secara uniform dalam sel tersebut dengan BS berada di tengahnya. Untuk N menyatakan jumlah user, maka pada demodulator BS akan menerima dan memproses sinyal gabungan yang terdiri dari sinyal yang dikehendaki S dan siyal penginterferensi sebanyak $(N-1)$ yang sebesar S

juga dengan asumsi *power control* sempurna. Jadi *signal to noise (interferensi)* rasio untuk suatu user dapat ditulis :

$$SNR = \frac{S}{(N-1)S} = \frac{1}{(N-1)} \quad [11.6]$$

Dalam perencanaan system CDMA parameter cukup penting untuk diperhatikan adalah perbandingan antara energi bit dengan daya noise interferensi (E_b/N_o) yang didapat dengan membagi daya sinyal dengan laju bit informasi R, membagi daya *noise* dengan lebar pita keseluruhan W dan dapat ditulis :

$$E_b / N_o = \frac{S / R}{(N-1)S / W} = \frac{W / R}{(N-1)} \quad [11.7]$$

dimana rasio W/R adalah processing gain yang telah dijelaskan sebelumnya. Dalam pembahasan ini tidak dibahas secara mendalam teknik modulasi dan performasnsinya. Akan tetapi diasumsikan bahwa suatu nilai E_b/N_o akan menjamin level performasnsi dari *bit error* yang dibutuhkan untuk transmisi suara dimana kualitas suara yang baik bisa diperoleh dengan BER 10^{-3} .

Persamaan [11.7] belum memperhitungkan *background noise* η , seperti thermal noise yang terdapat dalam *spread bandwidth* W. bila *noise* tersebut ditambahkan maka persamaan [11.7] di atas dapat ditulis menjadi :

$$E_b / N_o = \frac{W / R}{(N-1) + \eta / S} \quad [11.8]$$

Dengan demikian kapasitas user N dari system CDMA dalam suatu sel dapat ditulis sebagai berikut :

$$N = 1 + \frac{W / R}{E_b / N_o} - \frac{\eta}{S} \quad [11.9]$$

untuk system dengan jumlah kanal yang besar maka noise akan didominasi oleh interferensi daya yang dihasilkan oleh user lain, sehingga *background noise* dapat diabaikan ($\eta/S \ll (N-1)$).

▪ Peningkatan Kapasitas Sistem CDMA

Kapasitas sistem CDMA ini masih dapat ditingkatkan dengan menggunakan beberapa teknik, yang merupakan keunggulan dari system CDMA yang pada intinya mengurangi interferensi dari user lain.

1. Pengaruh Sektorisasi

Interferensi dari user lain dapat dikurangi bila suatu sel dilakukan sektorisasi dengan menggunakan antenna *directional* pada base station, baik untuk arah kirim dan arah terima. Bila sel dibagi menjadi 3 sektor dengan menggunakan 3 antena, masing-masing akan memiliki *beamwidth* efektif 120° , interferensi yang diterima dari setiap antenna menjadi $1/3$ bila disbanding dengan interferensi yang diterima oleh antenna *omni directional*. Hal ini akan mengakibatkan jumlah user pada satu sel (persamaan 2.8) menjadi 3 kali. Angka ini disebut gain sektorisasi λ . Dalam kenyataan sektorisasi tidak sempurna dimana terjadi overlap beam antenna sehingga gain sektorisasi λ . Mempunyai nilai 2,5 untuk 3 sektor dan 5 untuk 6 sektor.

2. Pengaruh Aktivitas Suara

Dalam system CDMA, dengan menggunakan vocoder digital aktivitas suara ketika percakapan sedang berlangsung dapat dimonitor. Output dari vocoder ini mempunyai rate yang variable disesuaikan dengan pola bicara user. System CDMA dengan standar IS 95 rate set I menggunakan 4 variabel rate masing-masing 9,6 Kbps, 4,8 Kbps, 2,4 Kbps dan 1,2 Kbps. Berdasarkan penelitian didapat bahwa user aktif berbicara selama 35%-40% dari waktu percakapan. Dengan diaplikasikan teknik ini maka factor interferensi pada persamaan [11.9] akan berkurang dari $(N-1)$ menjadi $(N-1)\alpha$, sehingga rata-rata E_b/N_o dapat ditulis sebagai :

$$E_b / N_o = \frac{W / R}{(N-1)\alpha + \eta / S} \quad [11.10]$$

Dari persamaan [11.10] di atas maka nilai E_b/N_o bervariasi dan menjadi sebuah *random variable* tergantung dari jumlah user yang aktif dan ditentukan oleh variabel factor aktivitas suara pada suatu saat. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut :

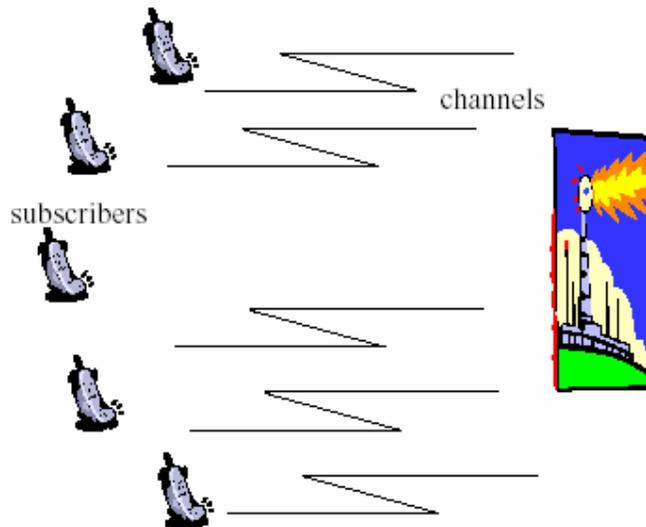
$$E_b / N_o = \frac{W / R}{\sum_{i=2}^N x_i + \eta / S} \quad [11.11]$$

dimana x_i random variable yang terdistribusi uniform yang mempunyai harga :

$$x_i = \begin{cases} 1, & \text{dengan probabilitas } \alpha \\ 0, & \text{dengan probabilitas } 1-\alpha \end{cases}$$

11.6 Kesimpulan :

Dalam system seluler terdapat masalah sebagai berikut :



How many channels are needed?

How many subscribers can the system handle?

What is the grade of service?

How many subscribers?

How often do they make/receive calls?

How long do the calls last?

How many channels are available?

- What is the probability that there will be no channel when one is needed (“blocking”)?
- How many channels do I need to stay within a prescribed blocking probability?
- How many subscribers can I accommodate?

11.7 SOAL-SOAL :

1. Suatu system antrian dengan proses kedatangan poisson, waktu pelayanan eksponensial untuk tiap pelayan, disiplin antrian FIFO, ada 2 pelayan yang bekerja secara parallel dan tanpa batas atas untuk panjang antriannya. Hanya satu kanal (pelayan) yang kerja sampai jumlah yang antri mencapai 5 dan pada saat ini kanal (pelayan) yang kedua buka (kerja). Bila jumlah system turun menjadi 4, kanal kedua tutup lagi. Cari solusi keadaan setimbang !
2. Suatu system antrian mempunyai 1 pelayan dan 3 buffer. Laju kedatangan pelanggan sebesar $\lambda = 7\mu$ dan laju berakhirnya pelayanan sebesar 3μ ..
 - a. gambarkan model antriannya dan notasi kendall
 - b. Hitung probabilitas suatu pelanggan dilayani
 - c. Hitung probabilitas suatu pelanggan menunggu
 - d. Hitung probabilitas suatu pelanggan ditolak
 - e. Hitung rata-rata pelanggan dalam system
 - f. Hitung rata-rata pelanggan dalam buffer
 - g. Hitung waktu rata-rata pelanggan berada di dalam system
 - h. Hitung waktu rata-rata pelanggan di dalam pelayanan

- i. Hitung waktu rata-rata pelanggan di dalam antrian
- j. Bandingkan jika system di atas mempunyai 3 pelayan dengan masing-masing pelayan mempunyai kecepatan pelayanan sebesar μ
3. Suatu berkas saluran $N=8$, berkas sempurna. Trafik yang ditawarkan ke berkas adalah $4,5 E$. waktu pendudukan rata-rata $120 dt$ dan panggilan dilayani dengan urutan kedatangan (FIFO). Ditanyakan :
 - a. probabilitas suatu panggilan akan menunggu
 - b. waktu tunggu rata-rata dari panggilan yang dihitung terhadap semua panggilan
 - c. waktu tunggu rata-rata dari panggilan yang dihitung hanya terhadap panggilan yang memang betul-betul menunggu.
 - d. Jumlah pelanggan rata-rata dalam antrian
 - e. Probabilitas suatu panggilan menunggu lebih lama dari 60 detik.
4. Suatu pusat penerima gangguan mempunyai spesifikasi sebagai-berikut : dilayani oleh 2 orang operator, jumlah saluran yang tersambung ke meja operator : 12 saluran, waktu kerja rata-rata operator untuk melayani gangguan= 30 detik, pada jam sibuk rata-rata terdapat 120 laporan gangguan. Ditanyakan :
 - a. gambar state transition diagram
 - b. berapa harga $P(n)$
 - c. Berapa harga $P(2)$ dan apa artinya
 - d. Berapa harga $P(12)$ dan apa artinya
5. Pada Rumus tunggu Erlang, buktikan bahwa : $E_2(N) = D_N = \frac{R \cdot N}{A(N - A + R)}$
6. Suatu system pada jaringan seluler mempunyai 4 kanal frekuensi tiap selnya dan 1 kanal digunakan untuk kanal proteksi handover, Trafik untuk handover sebesar 1 E dan yang lainnya 4E. tentukan :
 - a. probabilitas bloking panggilan handover
 - b. probabilitas bloking untuk panggilan yang lain