

MULTIPLE ACCESS

1. *FDMA*
2. *TDMA*
3. *CDMA*
4. *Random Access*

Obyektif Perkuliahan

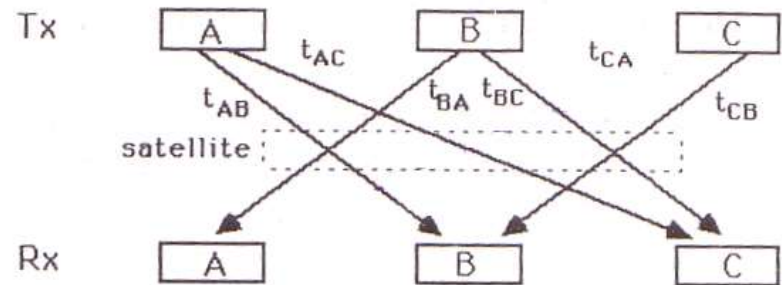
- Mahasiswa memahami berbagai macam tipe multiple access yang digunakan dalam sistem komunikasi satelit

Routing Trafik

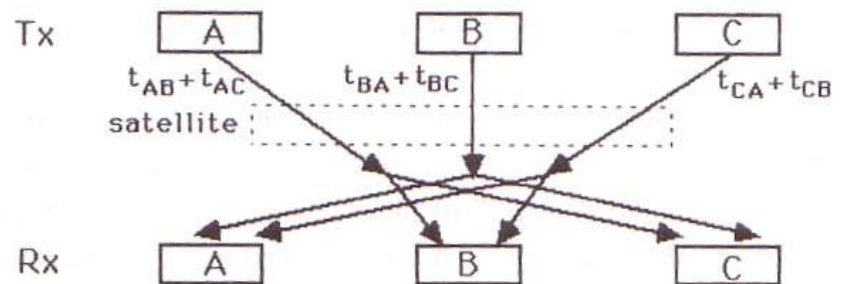
- Andaikan ada 3 stasiun A, B, dan C akan berkomunikasi
- Kapasitas saluran satelit C_{XY}

Metoda

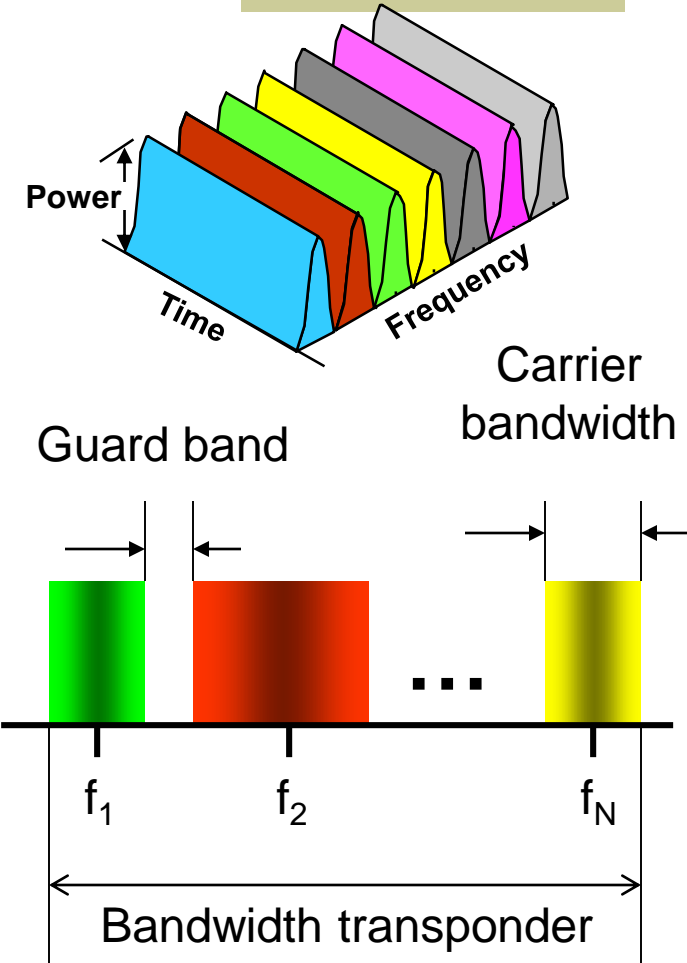
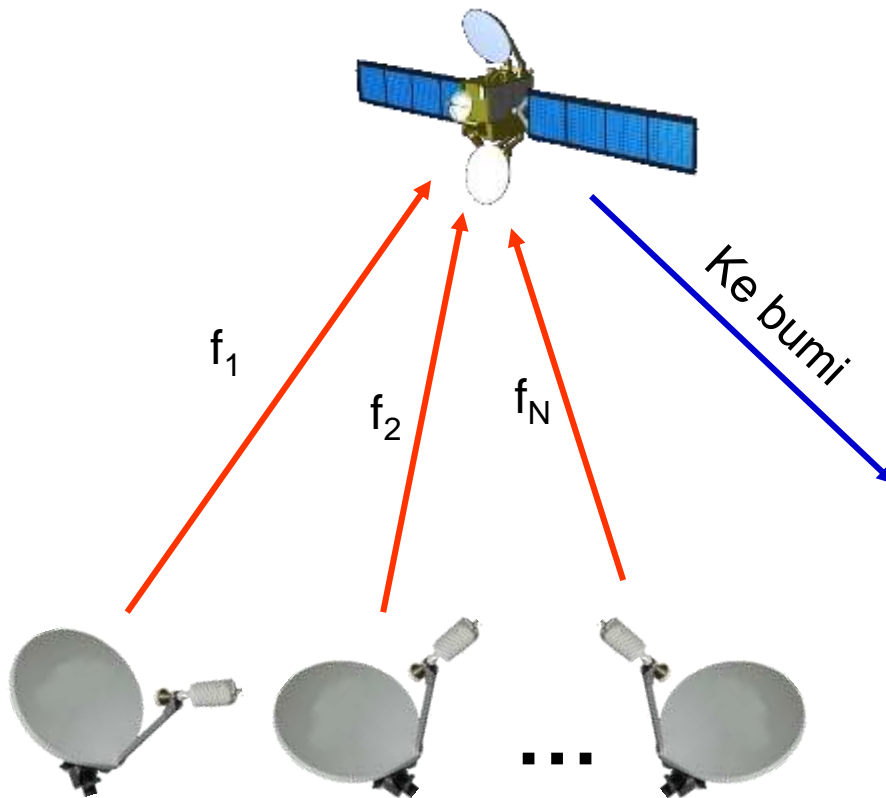
- Satu carrier per **link** → diperlukan $N(N-1)$ carrier
- Satu carrier per **stasiun** → diperlukan N carrier → memanfaatkan sifat pancarluas satelit



(a)



■ Konsep Sistem FDMA



FDMA

Konfigurasi transmisi FDMA

FDM/FM/FDMA

- Sumber sinyal : analog
- 1 carrier per stasiun

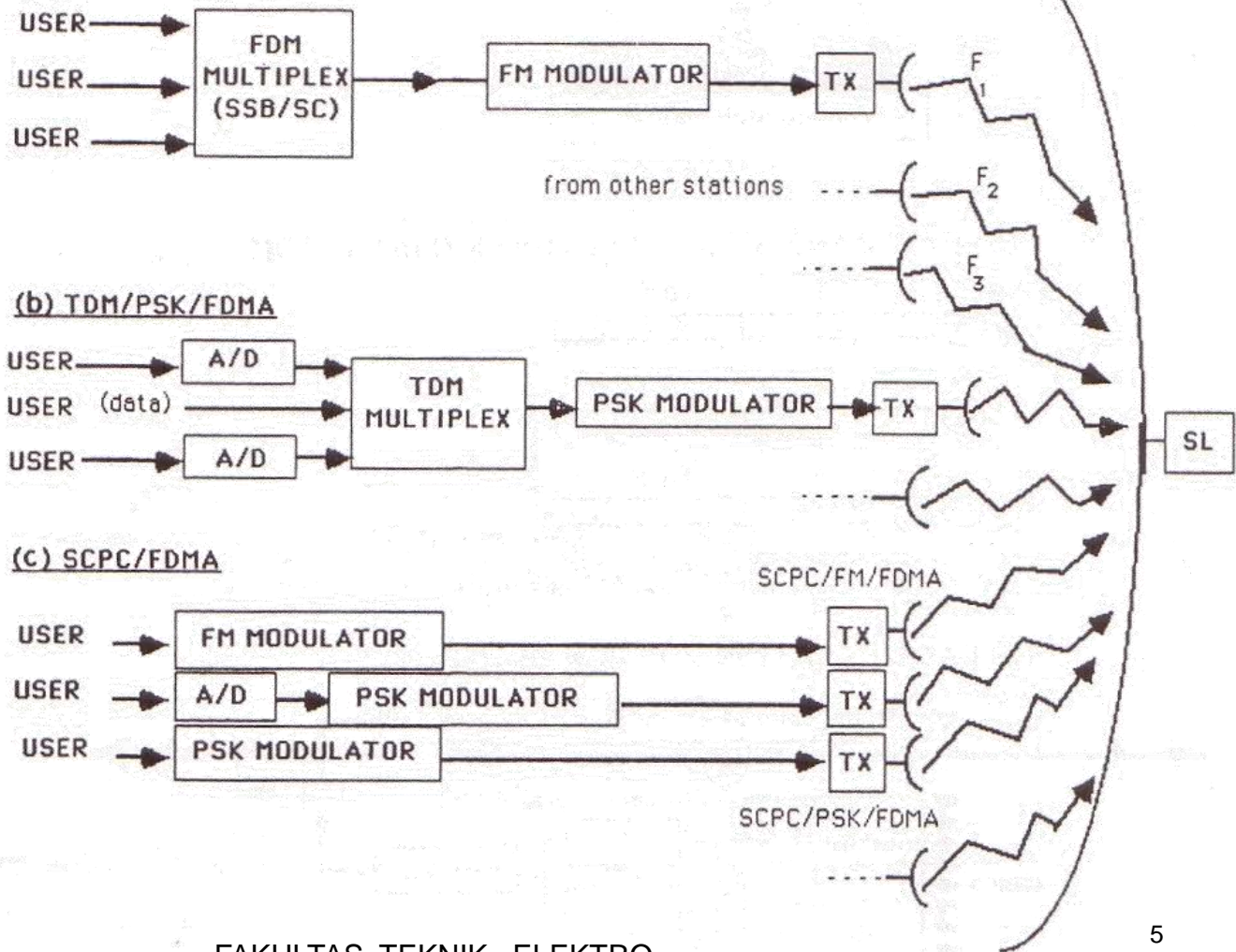
TDM/PSK/FDMA

- Sumber sinyal : digital
- 1 carrier per stasiun

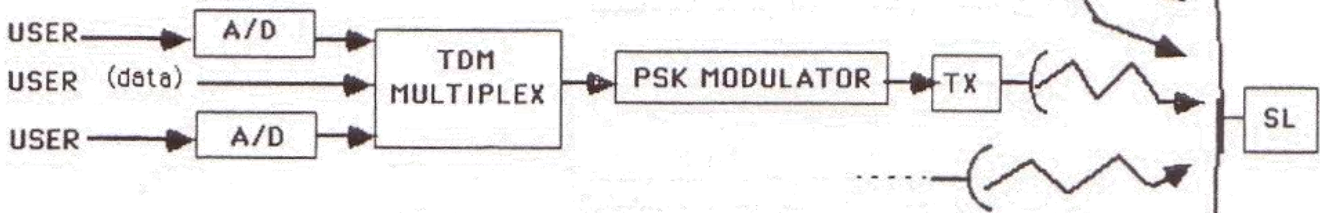
SCPC/FDMA

- Sumber sinyal: Analog atau digital
- 1 carrier per link

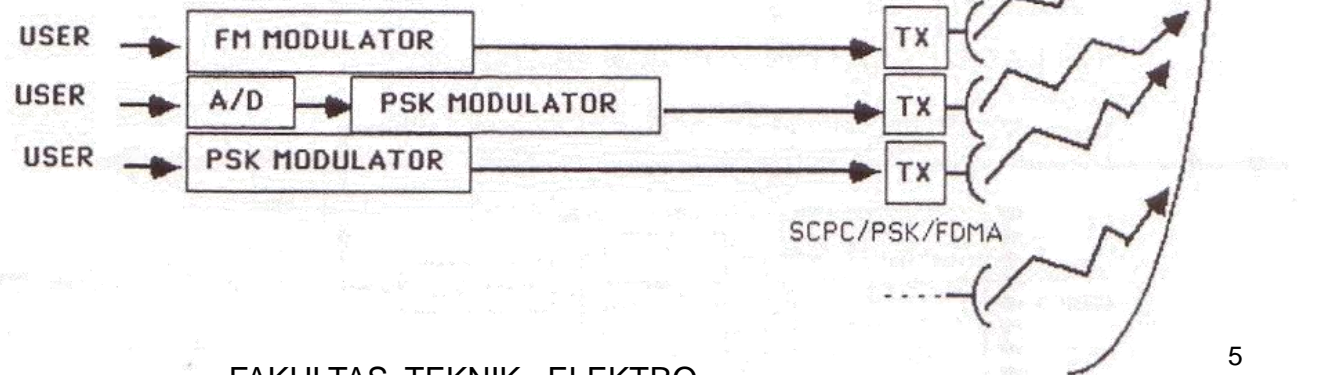
(a) FDM/FM/FDMA



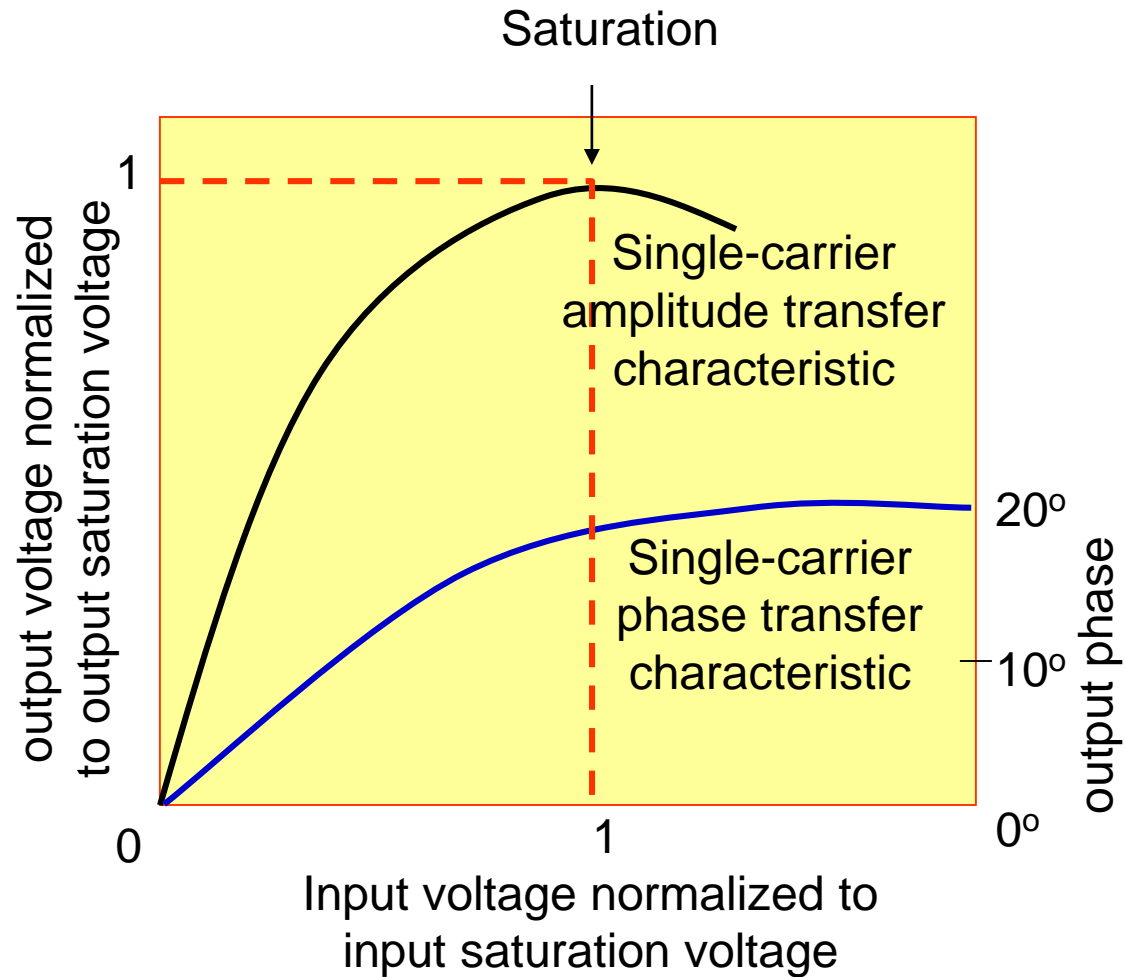
(b) TDM/PSK/FDMA



(c) SCPC/FDMA



- Setiap carrier dapat menggunakan baik modulasi analog (FM) ataupun modulasi digital (PSK)
- Masalah : munculnya intermodulasi
- Jumlah carrier \uparrow
→berkerja dekat saturasi agar downlink thermal noise \downarrow
→kemungkinan terjadi intermodulasi lebih besar

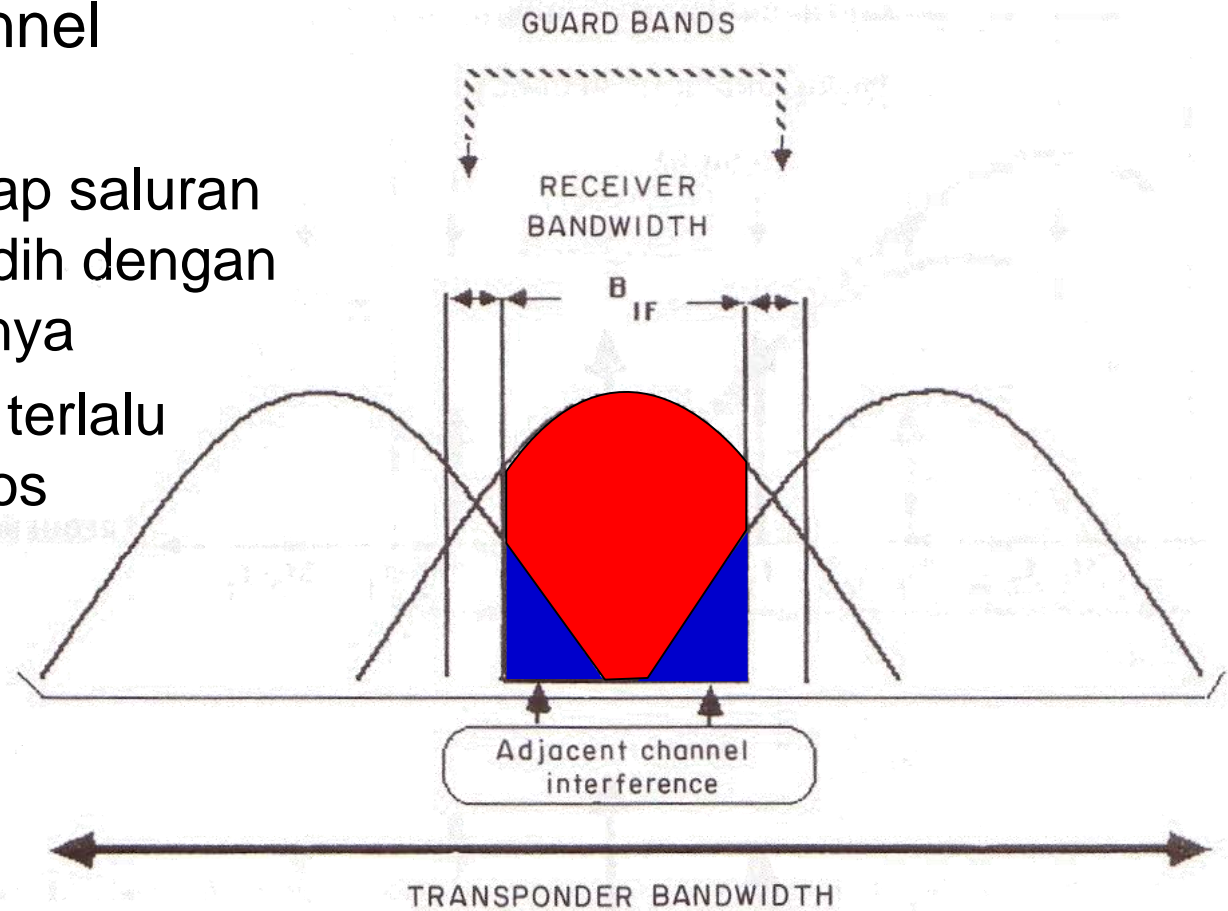


- Teknik FDMA yang digunakan di satelit :
 - FDM-FM-FDMA (MCPC – Multi Channel Per Carrier)
 - SCPC (Single Channel Per Carrier)
 - FM-FDMA untuk Televisi
 - Companded FDM-FM-FDMA dan SSB-AM-FDMA

- ***Pembahasan teknik ini lihat lagi modul III !!!***

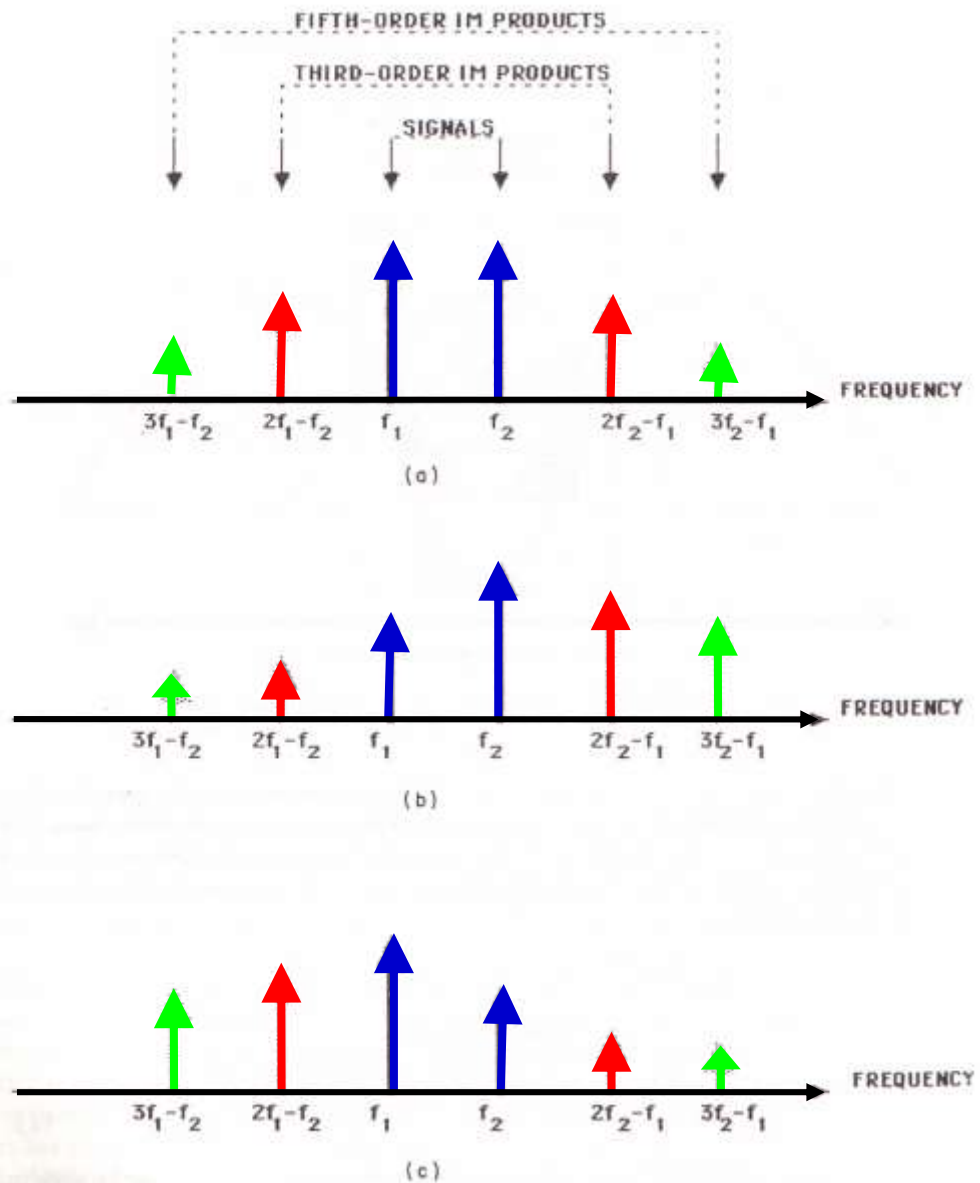
■ Adjacent Channel Interference

- Lebar pita tiap saluran tumpang tindih dengan saluran lainnya
- Guard band terlalu lebar → boros



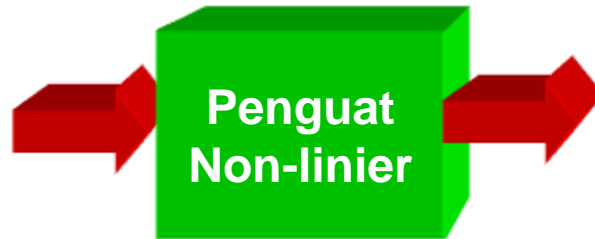
FDMA

- Intermodulasi
 - Terjadi akibat penguatan transponder yang non linier
 - Hanya orde ke-3 dan kadang-kadang orde ke-5 yang signifikan
 - Sinyal dengan amplituda yang sama menghasilkan level IM yang sama pada frek tinggi dan rendah
 - Sinyal dengan amplituda berbeda memberikan level IM yang berbeda pula
 - Untuk mencegah intermodulasi, transponder dioperasikan pada penguatan bukan-maksimum



■ Intermodulasi

$$v_i = A \cos(\omega_A t) + B \cos(\omega_B t)$$



$$v_o = av_i + bv_i^2 + cv_i^3 + \dots$$

- Komp. Orde 1 : diharapkan linier
- Komp. Orde 2 : frek 2ω → diredam oleh filter
- Komp. Orde 3 : frek 3ω → diredam dengan filter
- Yang bermasalah : $(2\omega_A - \omega_B), (2\omega_B - \omega_A)$
- Komponen yang lain → amplituda kecil

FDMA

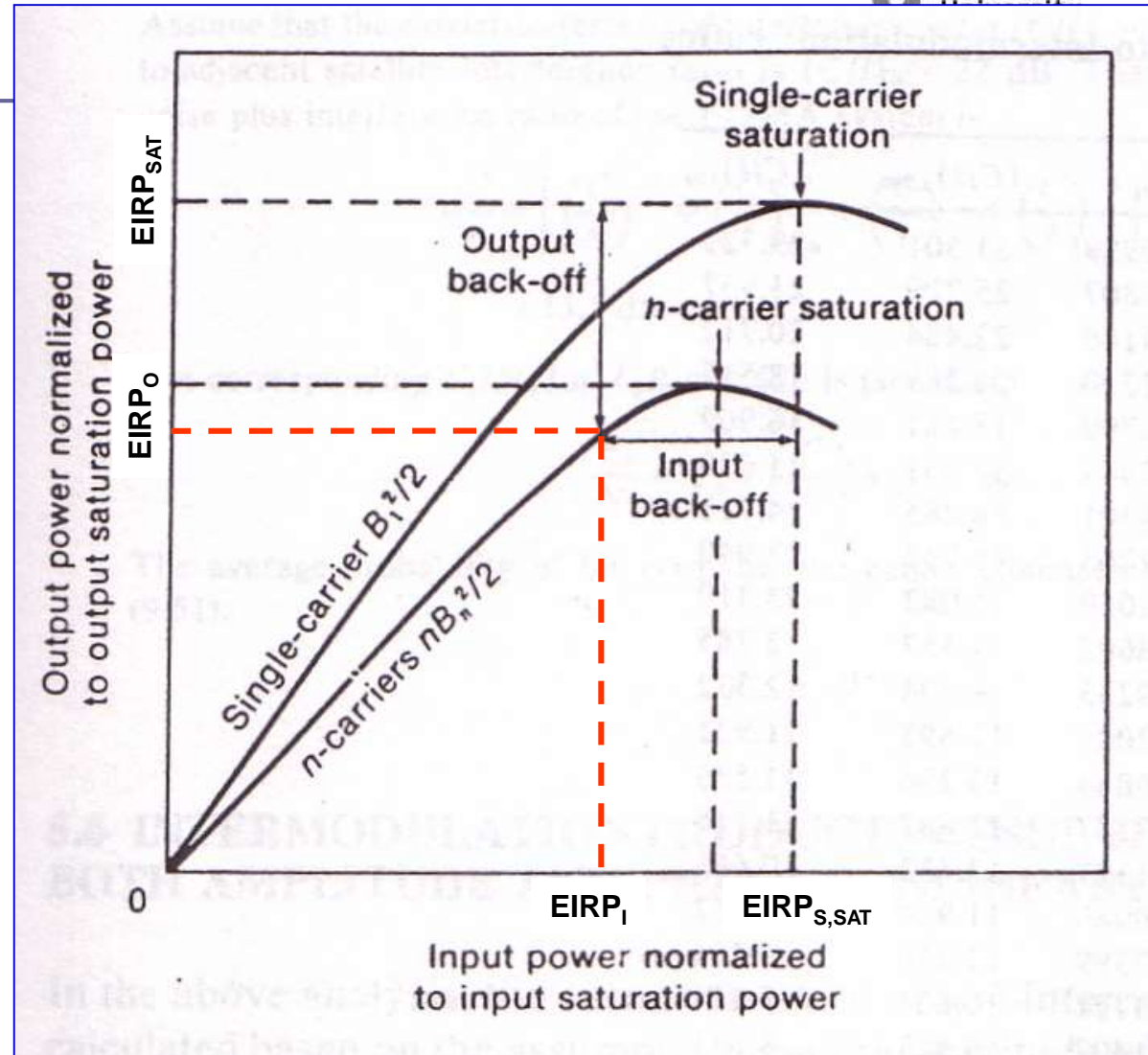
Karakteristik transponder pada transmisi multicarrier

- Konsep IBO (Input Back Off)

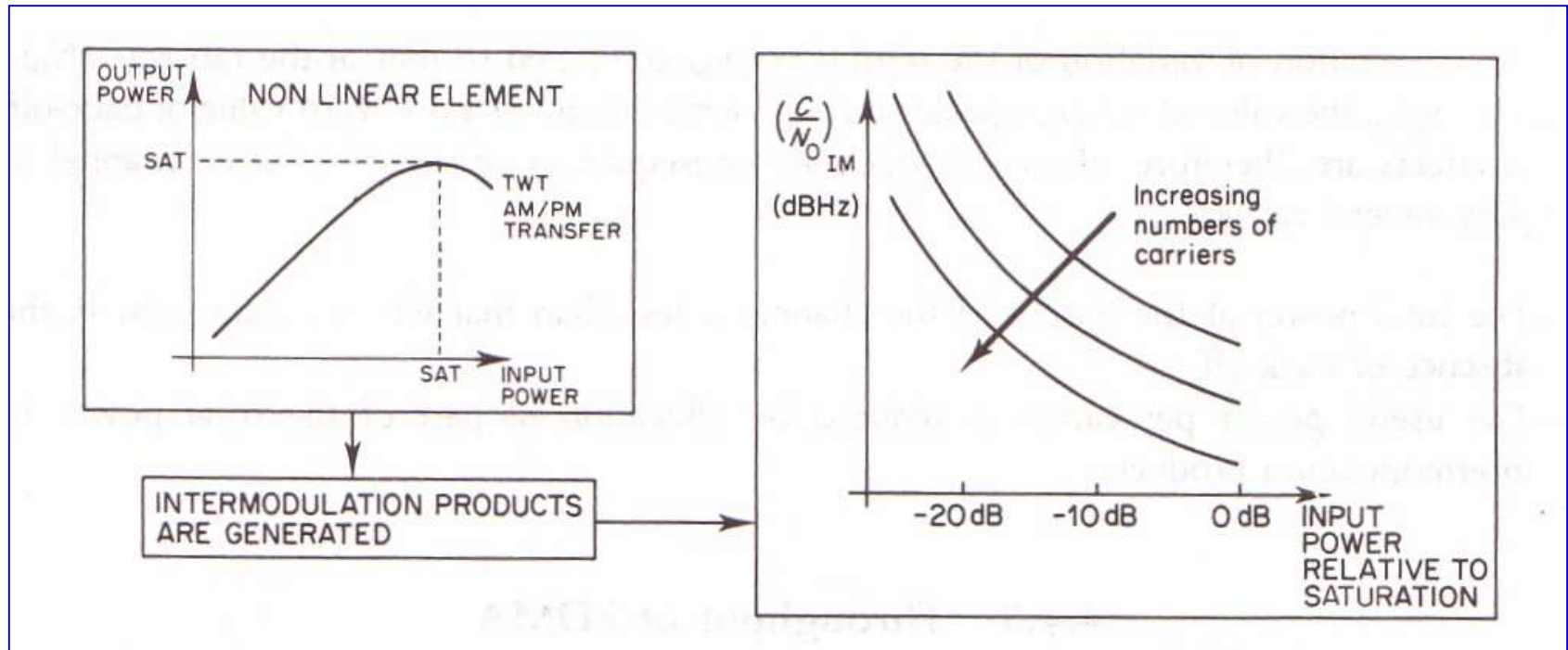
$$IBO = \frac{EIRP_{S,Sat}}{EIRP_i}$$

- Konsep OBO (Output Back Off)

$$OBO = \frac{EIRP_{Sat}}{EIRP_o}$$

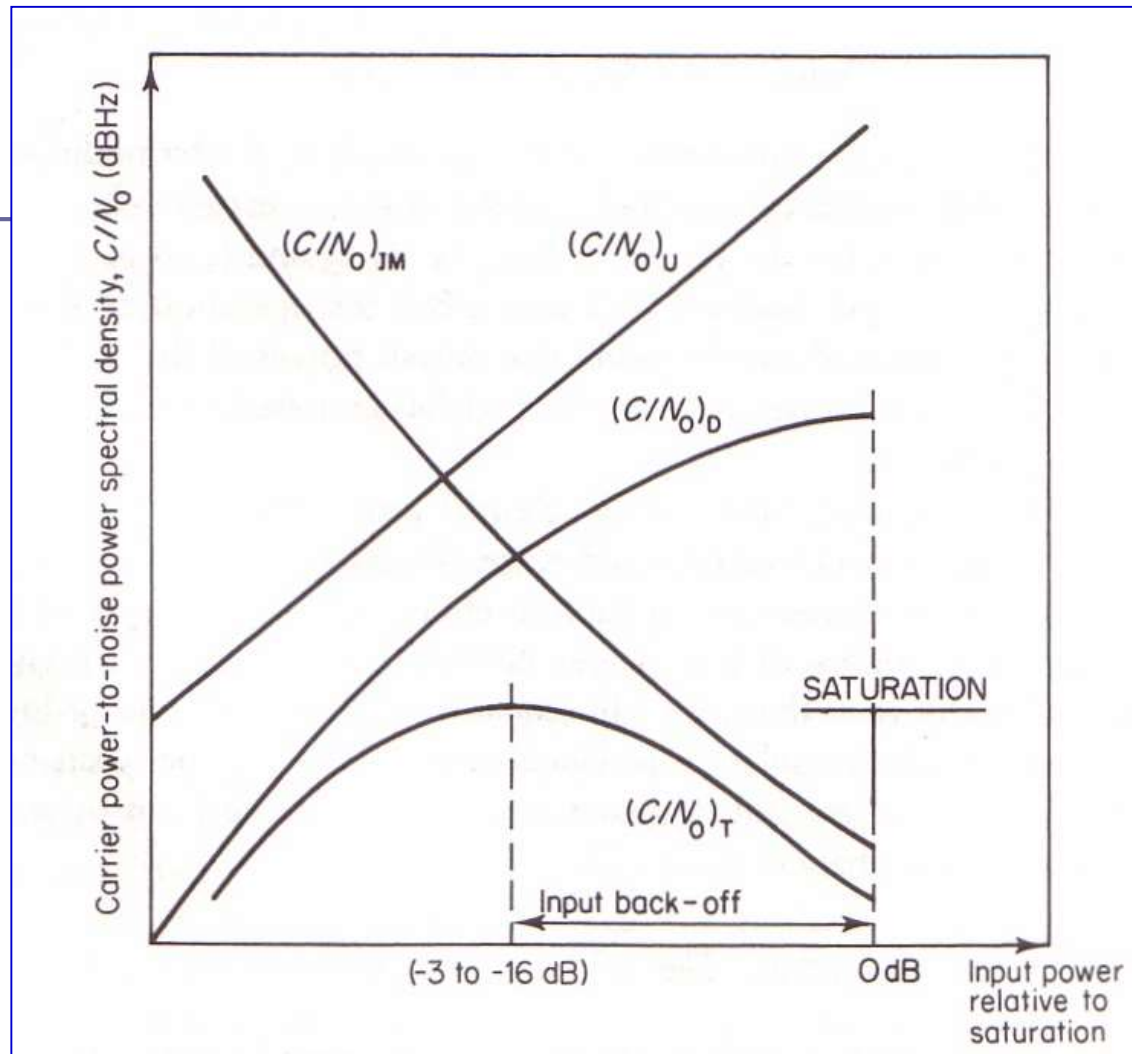


■ Variasi C/N_0 akibat jumlah carrier



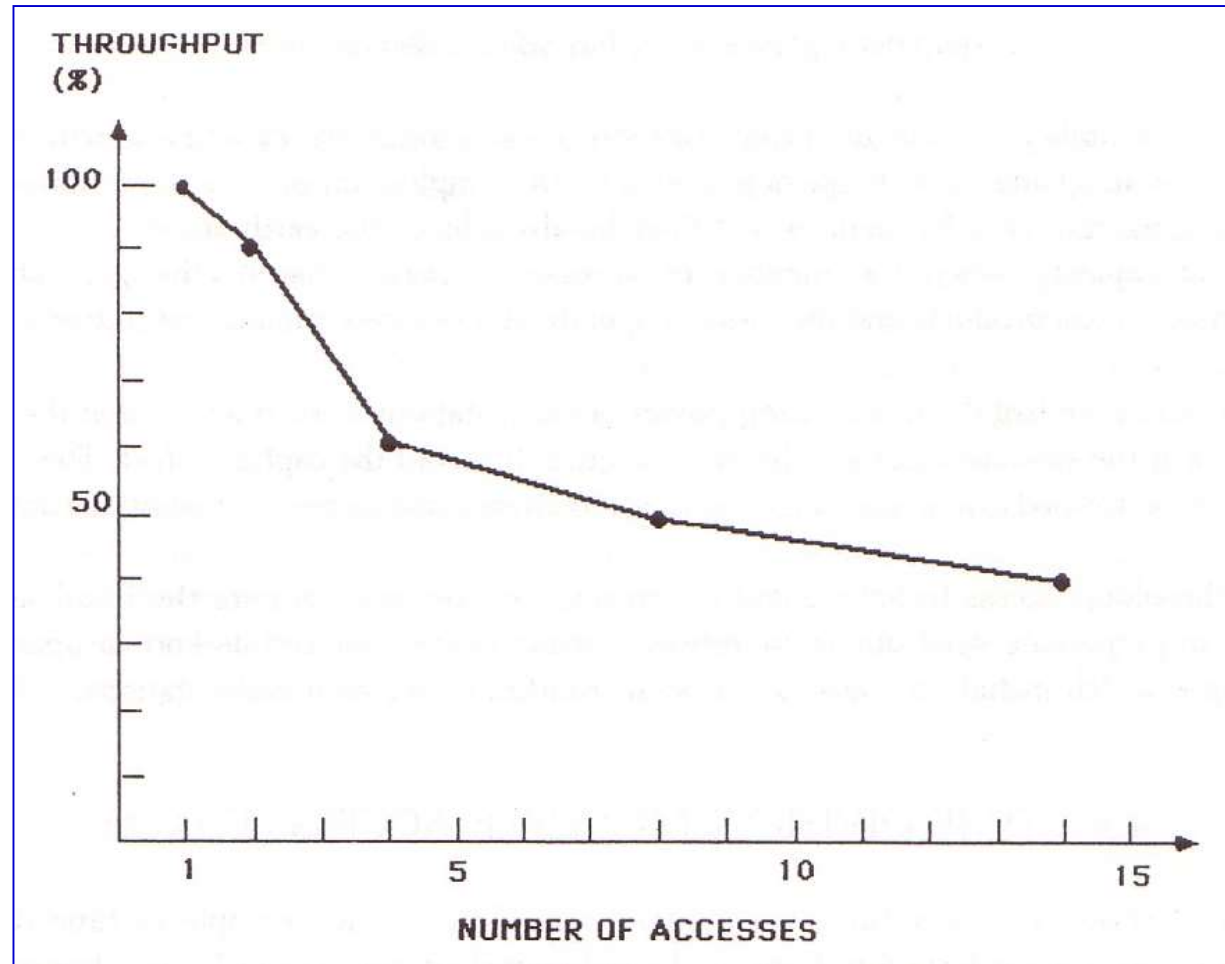
FDMA

Variasi C/N_0 akibat pengaruh IBO



$$\left(\frac{C}{N_0}\right)_{TOT}^{-1} = \left(\frac{C}{N_0}\right)_U^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_D^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_{ACI}^{-1} + \left(\frac{C}{N_0}\right)_{IM}^{-1}$$

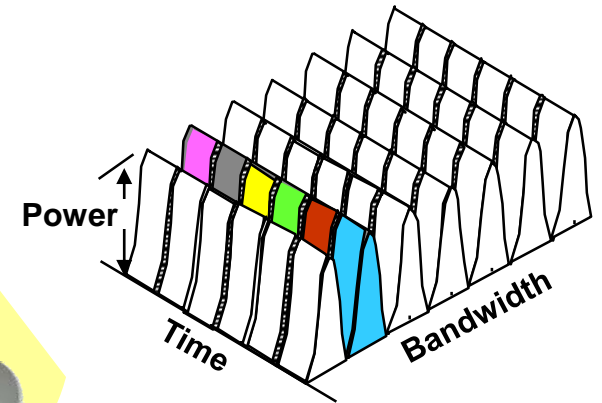
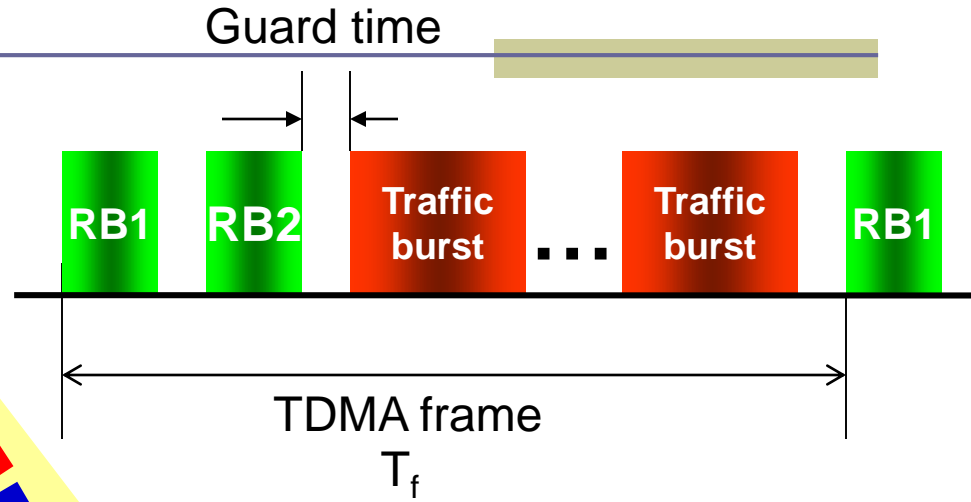
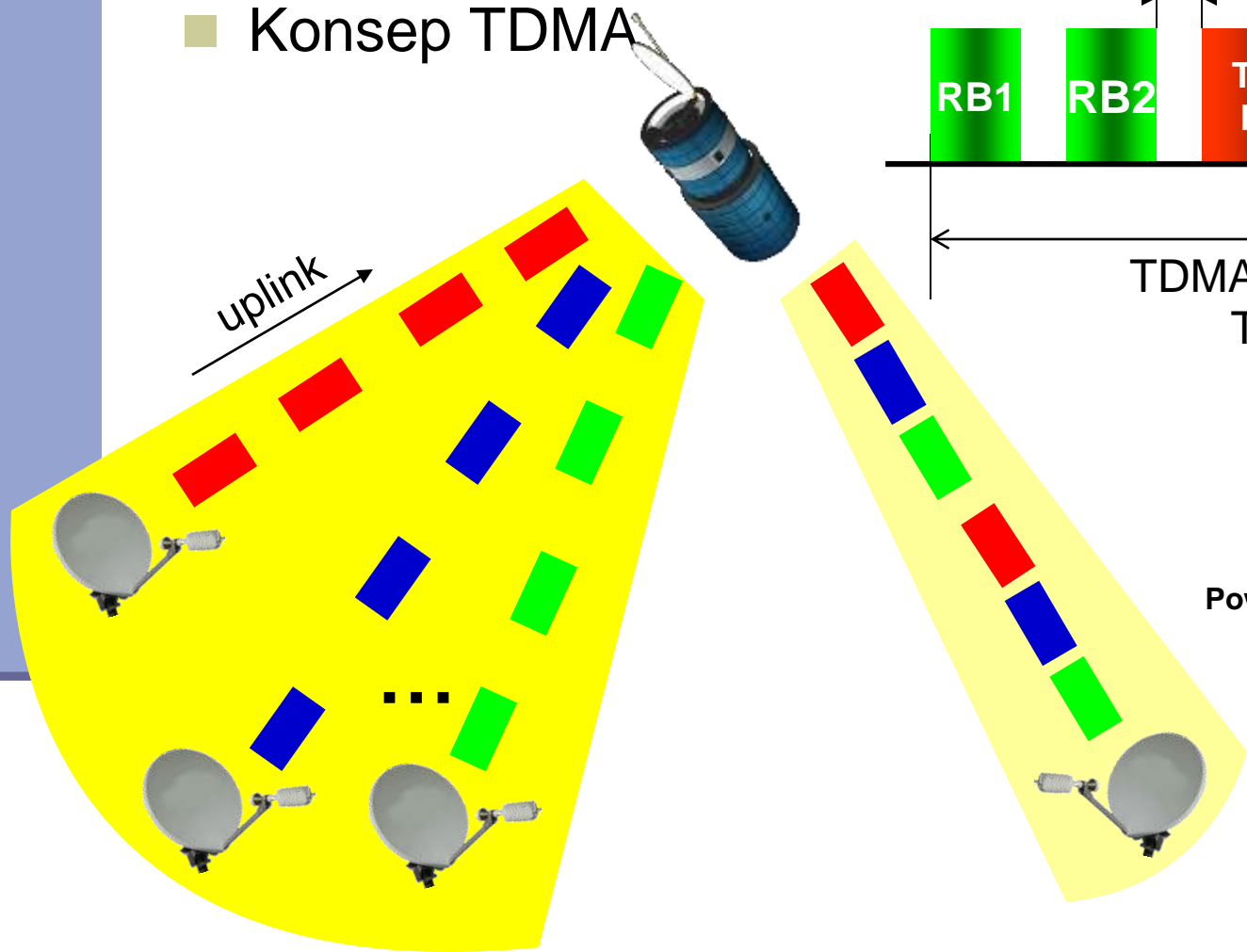
■ Throughput FDMA



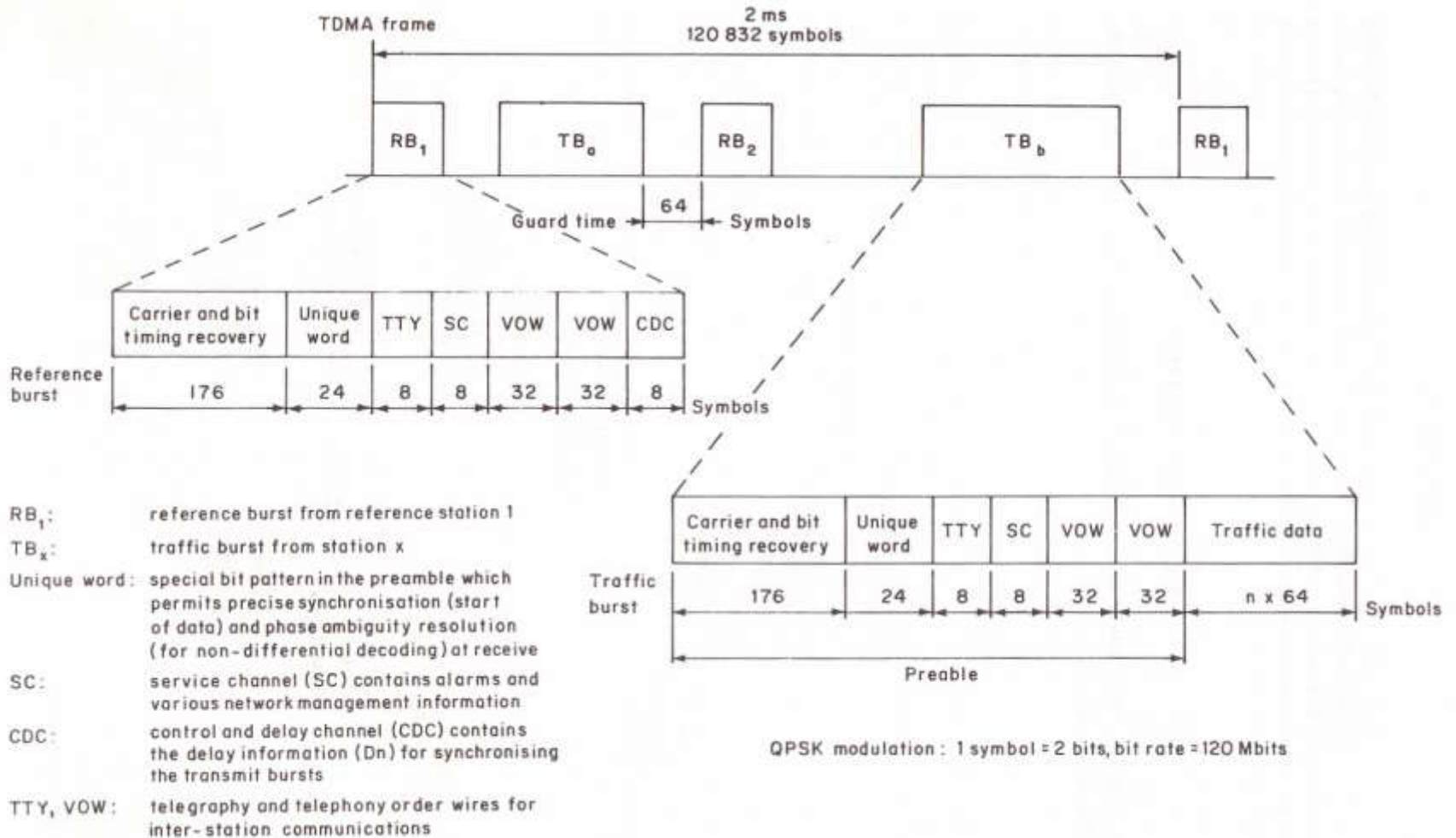
- Keuntungan
 - Sistem keseluruhan Sederhana: pengoperasian mudah, peralatan murah dan terbukti handal
 - Dimensioning stasiun bumi kecil
- Kerugian
 - Fleksibilitas rendah : kalau ada rekonfigurasi kapasitas (=lebar pita) modifikasi diperlukan di TXR dan RXR (untuk saluran tersebut, untuk saluran bertetangga, filter dan peralatan lain mungkin perlu diubah)
 - Kapasitas berkurang drastis sejalan dengan penambahan jumlah carrier → akibat noise intermodulasi dan back-off
 - Perlunya pemerataan daya tiap saluran di TXR untuk menghindari capture effect (pd FM sinyal lemah dgn frek sama tdk dimodulasi) → harus real time mengantisipasi pelemahan akibat hujan, awan tebal, dsb

TDMA

Konsep TDMA



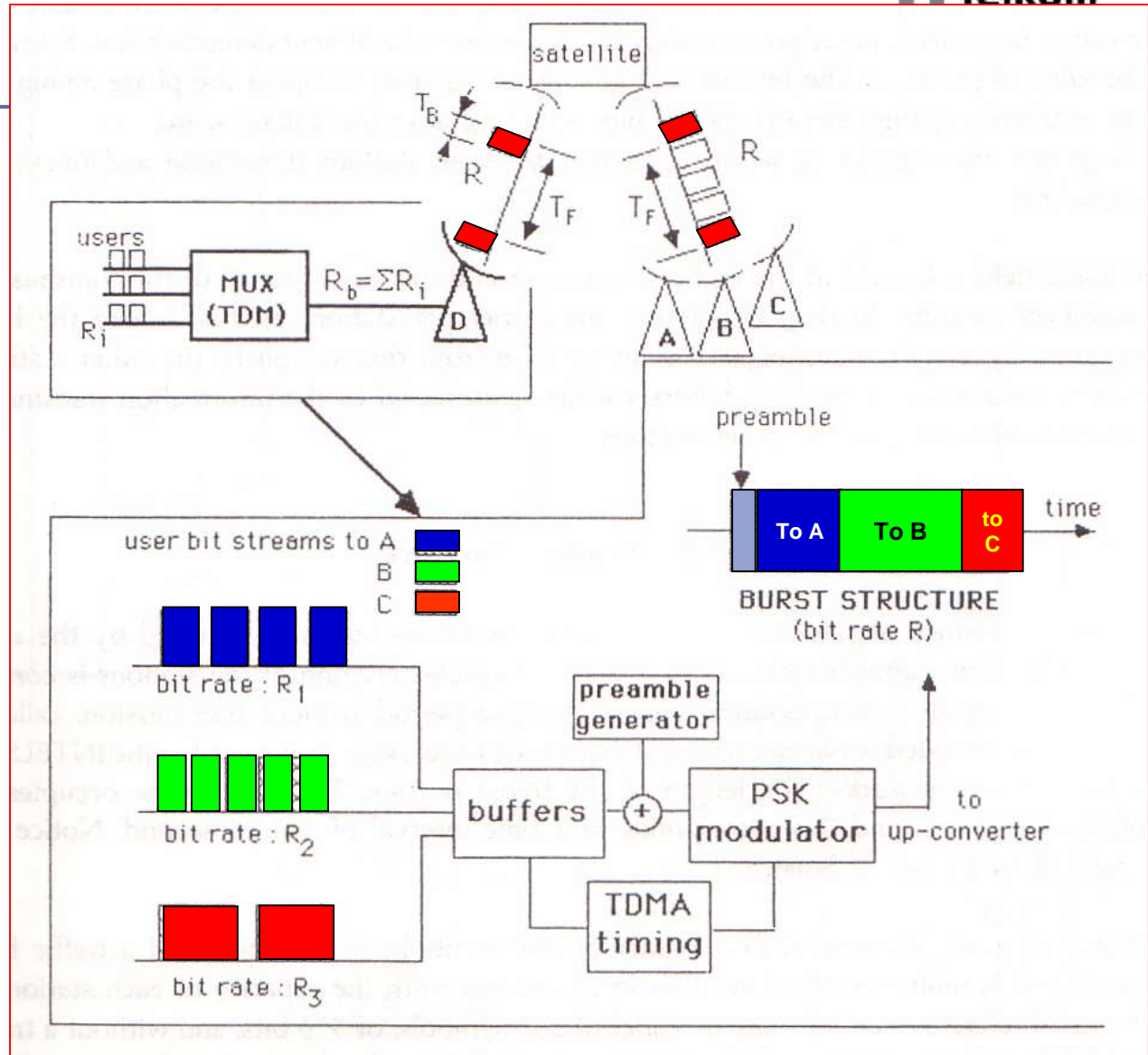
TDMA



- Tda : Reference burst, data burst, & guard time
 - Reference burst tda : header dan nilai tundaan
 - Data burst tda : header dan traffic field
- Keterangan
 - “carrier & timing recovery” : agar demodulator di rx dapat mengkalibrasi clock penerima sehingga dapat mengenali carrier (untuk sinkronisasi dan penentuan fasa)
 - “uw” : unique word, identifikasi burst
 - “tty” : teletype, untuk pensinyalan telepon dan telex
 - “sc” : service channel, untuk keperluan informasi manajemen jaringan
 - “vow” : voice order wire, untuk komunikasi antar stabum
 - “cdc” : control & delay channel, untuk nilai tundaan (waktu propagasi sinyal dari stabum ke satelit)
 - “traffic data” : data (muatan)
- Tiap stabum harus ditempatkan burst-nya pada selang waktu t_{tt} dari RB

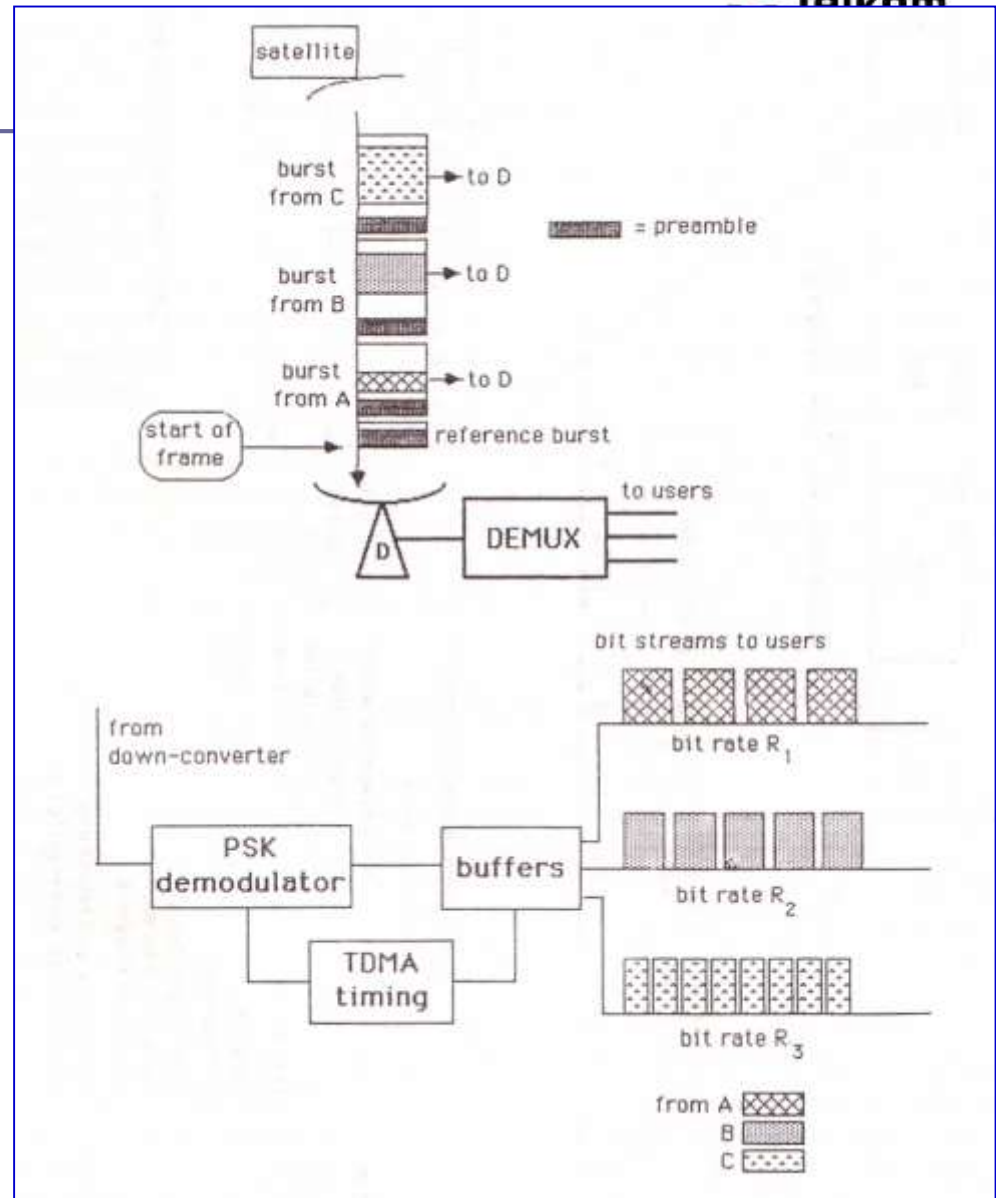
TDMA

- Konfigurasi transmisi TDMA
 - Burst generation

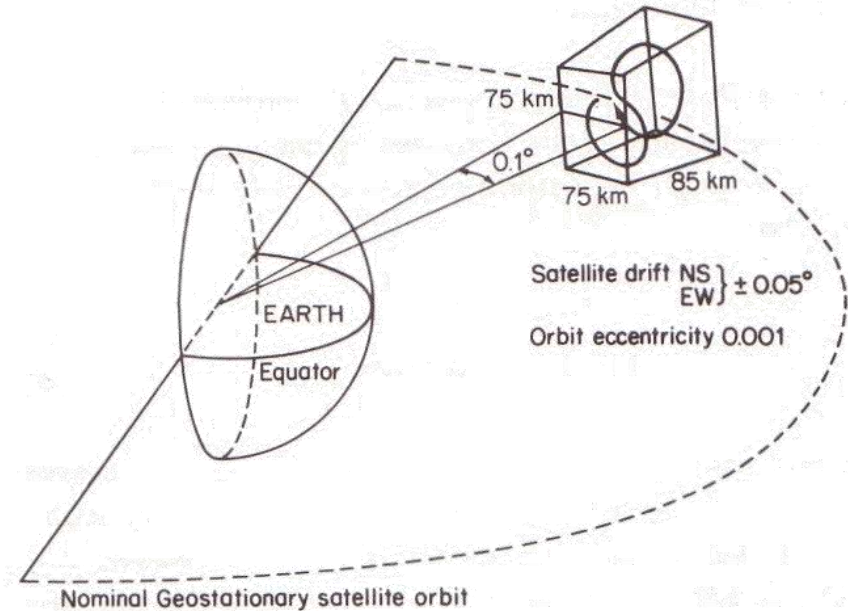


TDMA

- Konfigurasi transmisi TDMA
 - Burst reception
 - Setelah burst untuknya dapat ditentukan, stabum mengekstrak datanya
 - Data yang diterima disimpan dalam buffer dan dikeluarkan dg kecepatan yang diinginkan
 - Masalah :
 - uw tidak terdeteksi turun
 - BER turun
 - Ambang korelasi turun
 - Pjg uw turun
 - uw salah deteksi
 - Panjang uw naik
 - Ambang korelasi naik



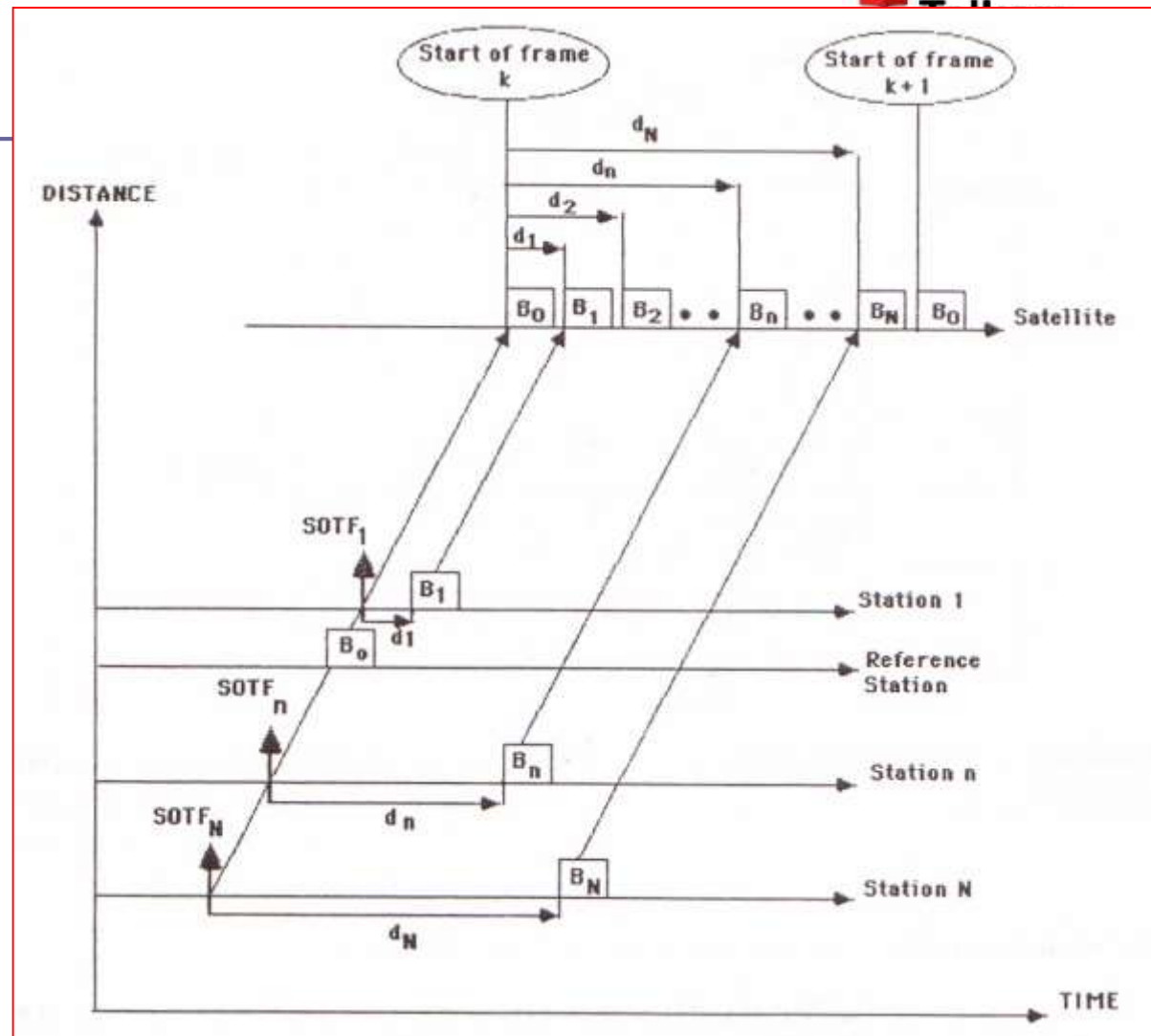
- Satelit bergerak relatif dalam ukuran kotak 75x75x85 km
 - Variasi waktu propagasi 570 μ s (waktu 1 frame intelsat = 2ms) \rightarrow memerlukan koreksi
 - Kecepatan relatif satelit : 10 km/j \rightarrow efek doppler : geser waktu burst 20 ns/s
 - Jika guard time = 1 μ s, dalam jangka waktu 25 s clock harus dikoreksi lagi



TDMA

Synchronization

- SOTF = Start Of Transmit Frame = waktu universal reference burst
- Tiap stabum harus tahu SOTF ini dan menghitung tundaan d_n agar datanya tepat di slot bagiannya
- Sinkronisasi = masalah untuk mengetahui SOTF ini
- Sinkronisasi dilakukan pada saat suatu stabum masuk jaringan
- d_n delay yg harus dipenuhi burst stasiun ke n diterima di satelit thd burst referensi.

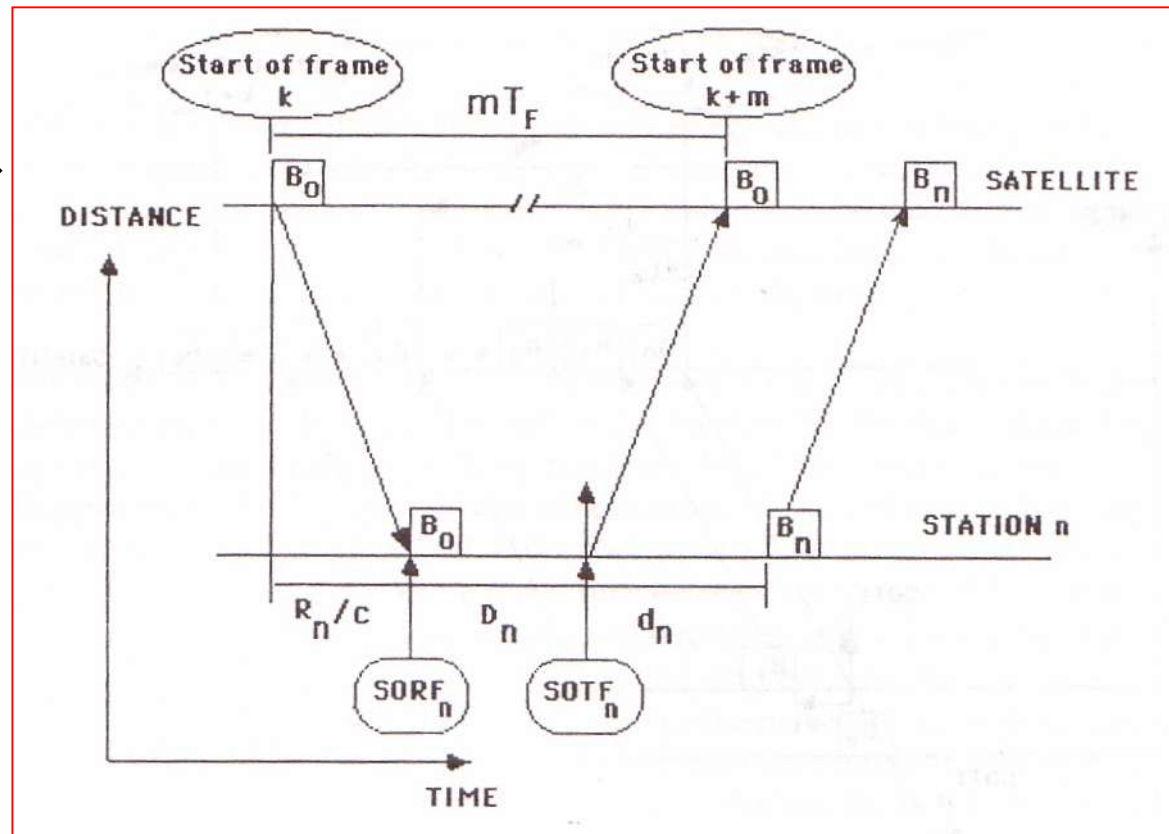


Burst time plan

TDMA

Hubungan antara $SOTF_n$ dan $SORF_n$

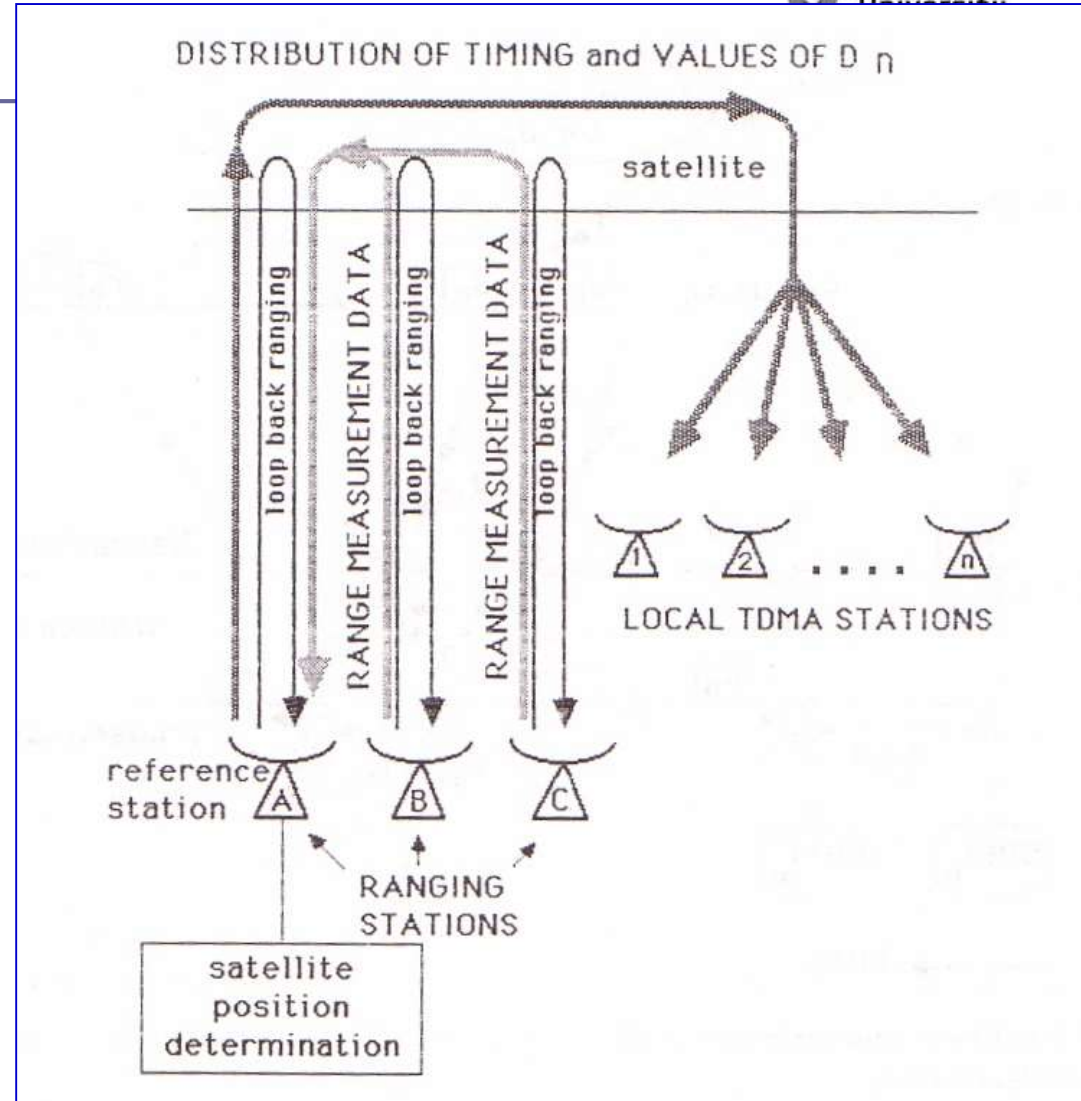
- $SOTF_n - SORF_n = D_n = mT_F - 2R_n/c$
- Utk $m = 14, T_F = 20 \text{ ms} \rightarrow$ round trip maks 280 ms
- $SORF$ = start of receive frame
- Yang diketahui oleh rx adalah $SORF$ dgn mendeteksi uw
- Untuk mengetahui $SOTF$ harus diketahui D_n
- Stasiun n transmit burst setelah $D_n + d_n$ diterima $SORT_n$
- Ada 2 cara :
 - Close loop
 - Open loop



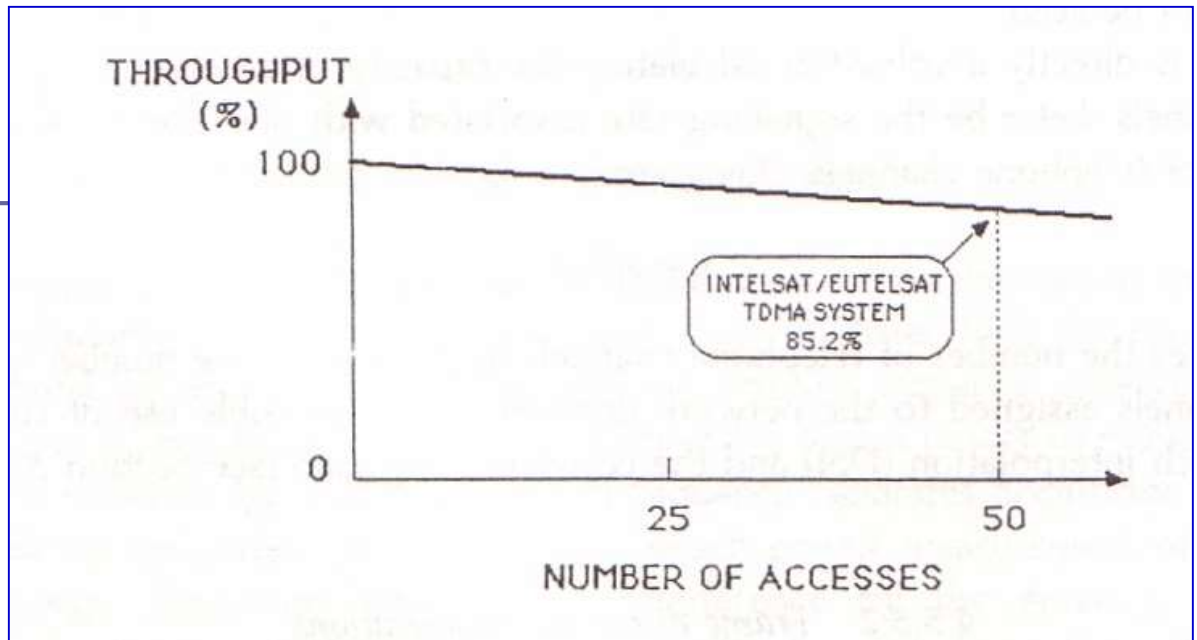
TDMA

Open loop synchronization

- D_n ditentukan oleh stabum pengendali, dihitung dari jarak satelit ke stabum terkait R_n , dikirim di field CDC
- Posisi satelit dihitung dg triangulasi (3 pers. – 3 var)
- Waktu sinkronisasi = 3 x ranging + hitung + 1 x bcast = beberapa detik



TDMA



■ Throughput TDMA

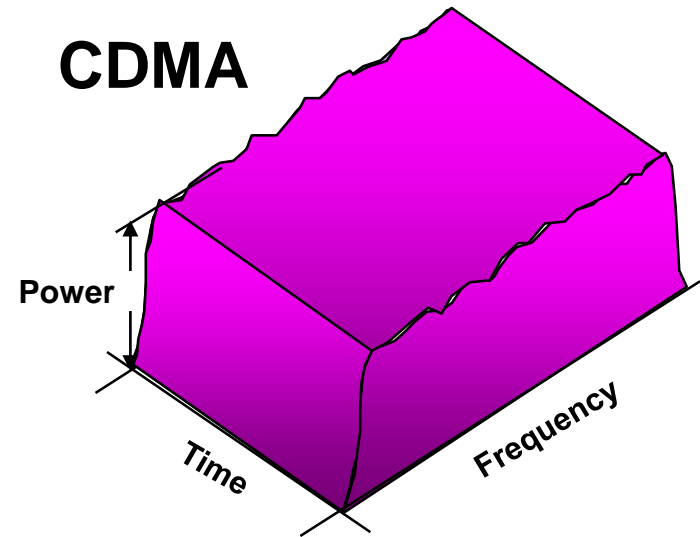
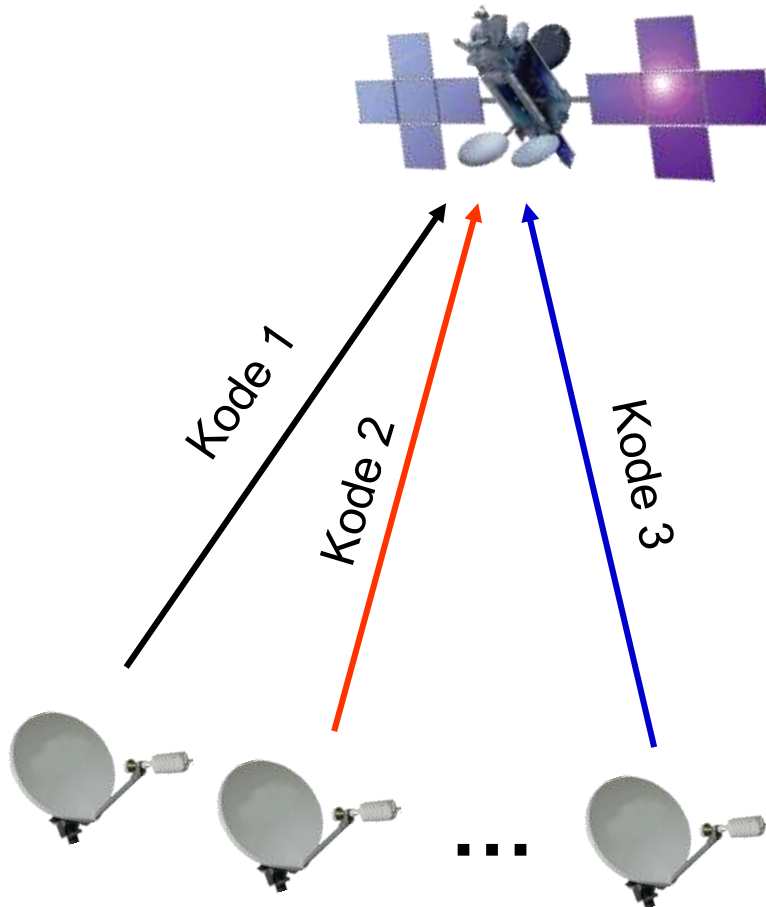
- Overhead berupa : header & guard time
- Efisiensi :

$$\eta = 1 - \sum \frac{t_i}{T_F}$$

- t_i = guard time + burst header
- Frame duration T_F lama, buffer harus besar
- Guard time singkat, sinkronisasi harus teliti
- Header diperpendek, penerima harus canggih

- Keuntungan
 - Setiap saat hanya ada satu carrier pada satu transponder
 - Tidak ada intermodulasi sehingga penguatan dapat maksimum
 - Tidak ada capture effect
 - Tidak perlu pemerataan daya carrier
 - Throughput tinggi meski jumlah akses banyak
 - Penalaan mudah, karena stabum tx dan rx pada frekuensi yang sama
 - Pengolahan digital
- Kerugian
 - Perlu sinkronisasi
 - Stabum dirancang untuk throughput tinggi (ukuran tetap karena daya transponder max)
 - Peralatan rumit dan mahal (tetapi biaya terkompensasi di throughput)

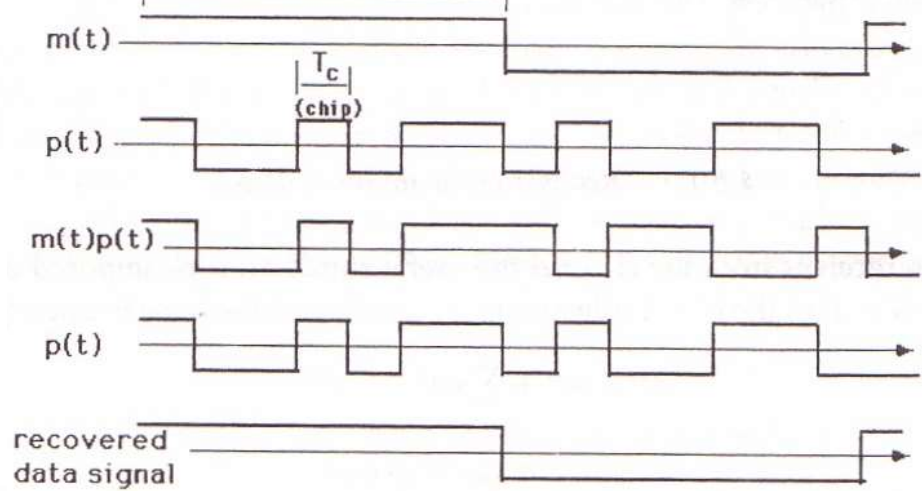
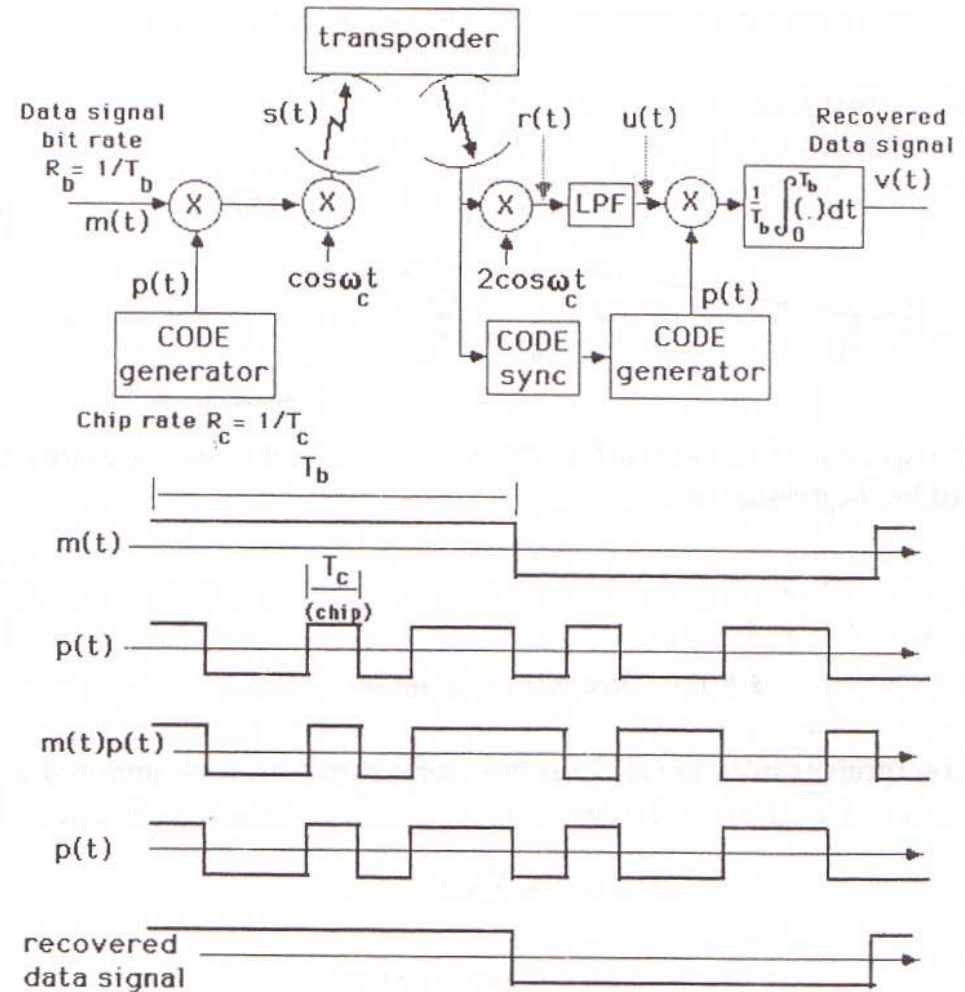
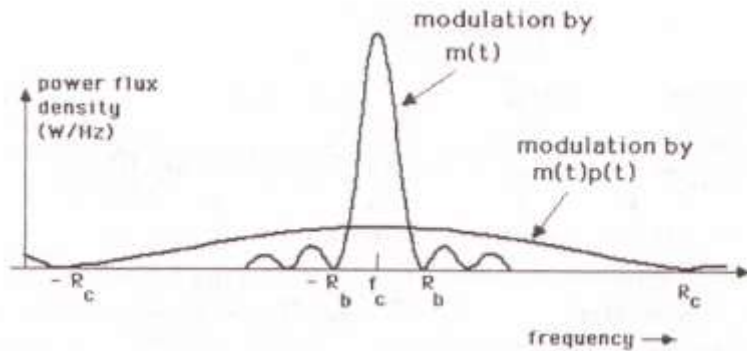
CDMA



CDMA

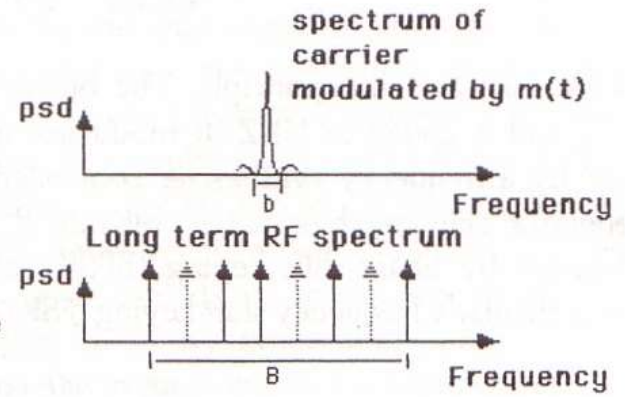
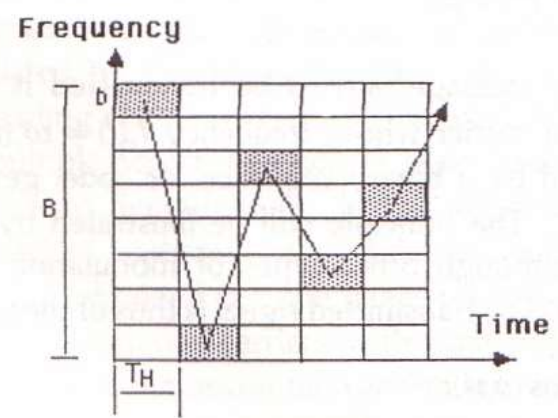
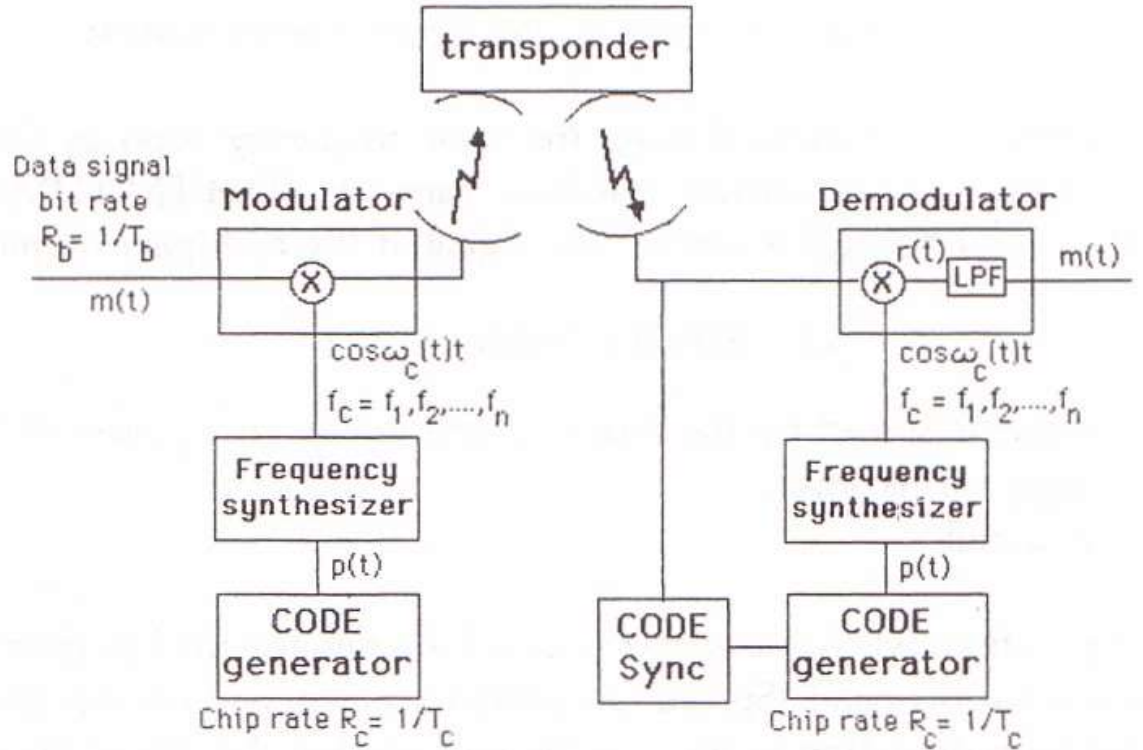
■ DS-CDMA

- Sinyal interferensi, multipath, atau jamming akan ikut tersebar pada saat pengalihan oleh kode (pada saat pengkorelasian)



CDMA

- FH-CDMA
 - Synthesizer frek carrier dikendalikan oleh kode



■ Efisiensi

$$\eta = N_{\max} \frac{R_b}{R_c}$$

$$R_c = \frac{B_N}{\Gamma}$$

$$N_{\max} = 1 + \left(\frac{R_c}{R_b} \right) / \Gamma \left(\frac{E_b}{N_0} \right)$$

■ Contoh :

- $B_N = 36$ MHz
- $\Gamma = 1$ bit/sHz
- $R_b = 64$ Kbps
- $R_c = 36/1$ Mbps = 36000 Kbps
- Spreading ratio = $36000/64=563$
- $E_b/N_0 = 10,5$ dB
- $N_{\max} = 51 \rightarrow \eta = 9 \%$

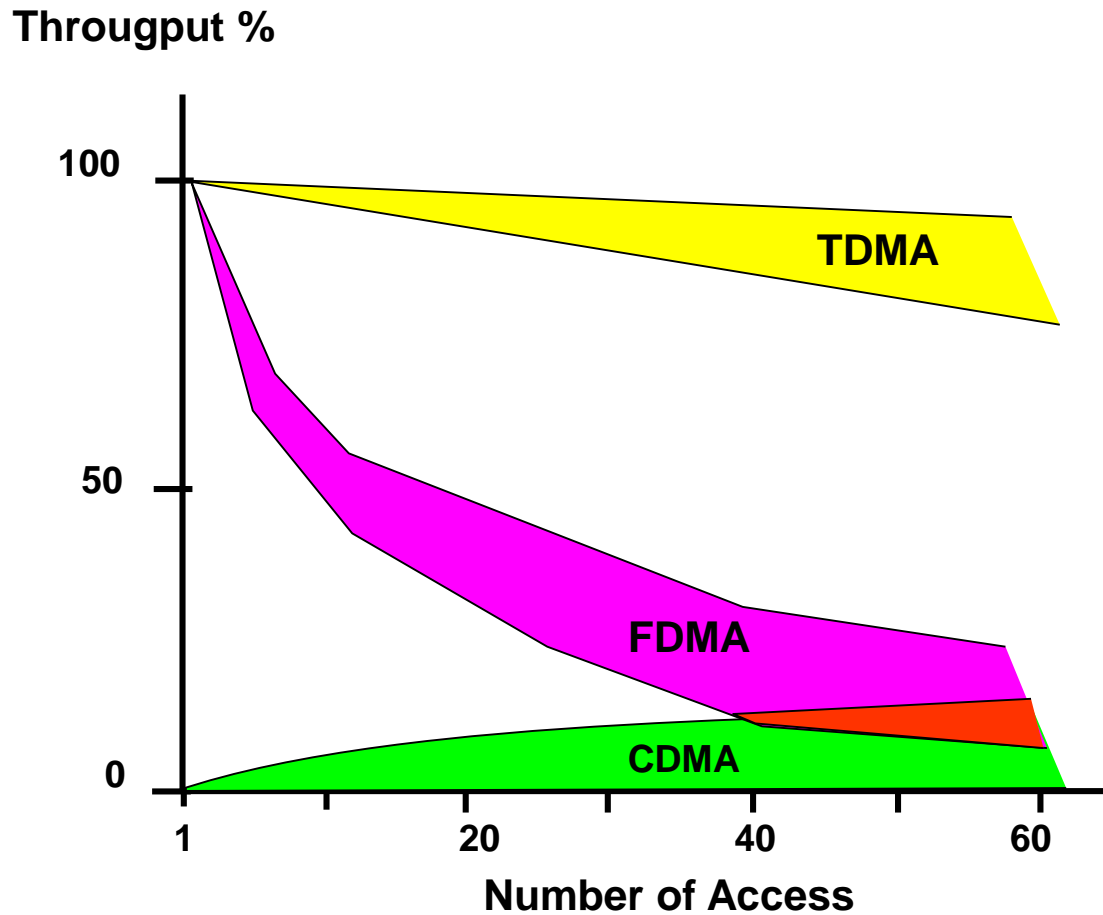
Table 4.1 The performance of a CDMA access network using a 36 MHz transponder and binary phase shift keying (BPSK). Each carrier has the capacity of one 64 kbit/s telephone channel

Required error probability	E_b/N_0	Maximum number of accesses N_{\max}	Maximum total capacity	Efficiency (%)
10^{-4}	8.4 dB	82	5.3 Mbit/s	15
10^{-5}	9.6 dB	62	4 Mbit/s	11
10^{-6}	10.5 dB	51	3.3 Mbit/s	9

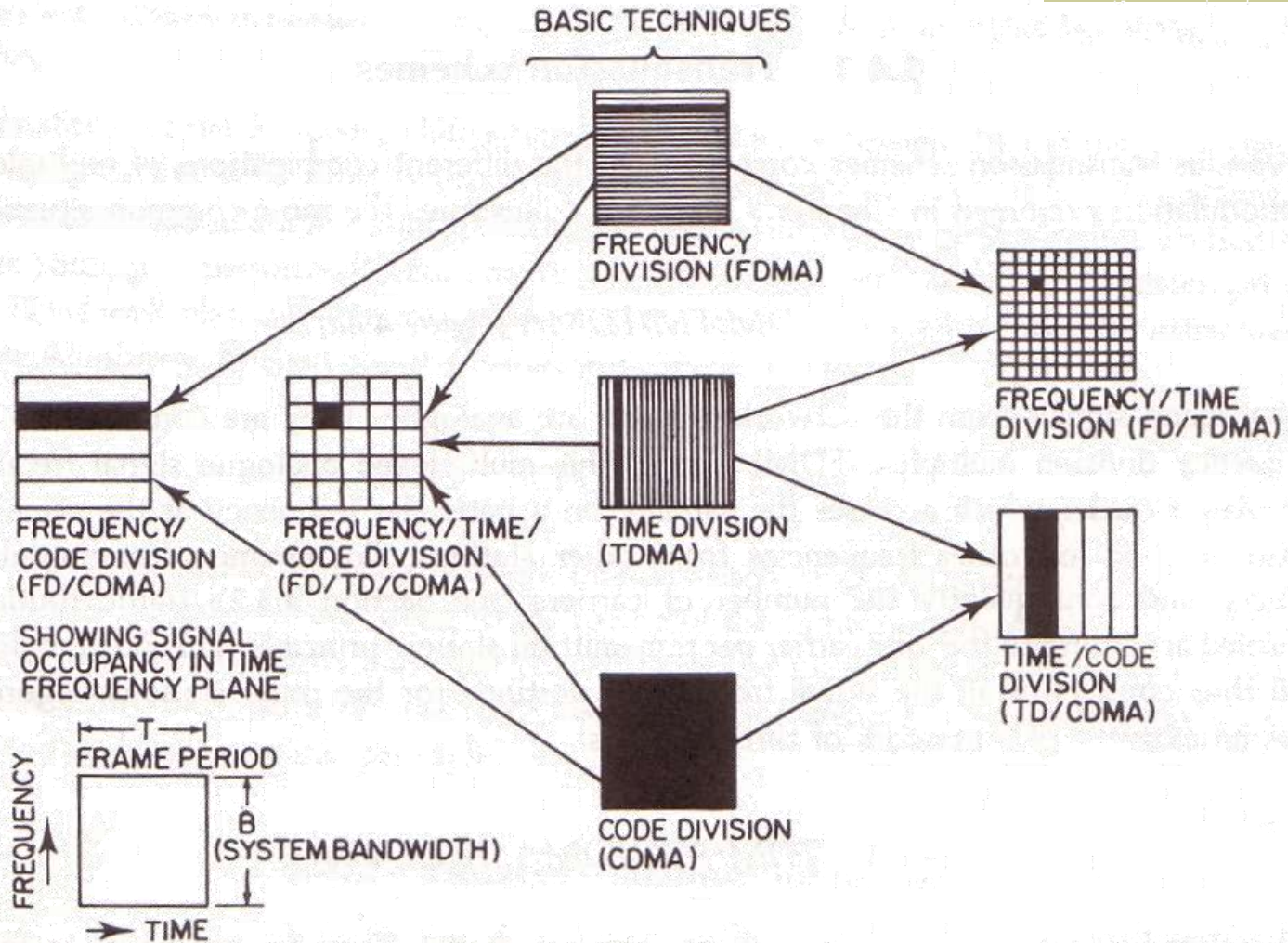
- Keuntungan
 - Pengoperasian cukup sederhana
 - Handal terhadap interferensi, multipath, jamming

- Kerugian
 - Throughput rendah

Perbandingan Throughput



Kombinasi Multiple Akses



- Masalah pada FA
 - Sering terjadi suatu saluran kosong, sementara saluran lain blocking
 - Dengan DA, penggunaan saluran dapat dioptimasi
- DA sejauh ini hanya dilakukan pada FDMA & TDMA
- Pendudukan saluran dilakukan dengan pemesanan
 - Implisit : sekali duduk terus duduk : reservation – ALOHA
 - Eksplisit : pesan dulu : R – TDMA (Ranking-TDMA), C-PODA (Contention based Priority Oriented DA), SPADE (Scpc Pcm mA Da Equipment)
- Contoh layanan DA di FDMA
 - SPADE intelsat

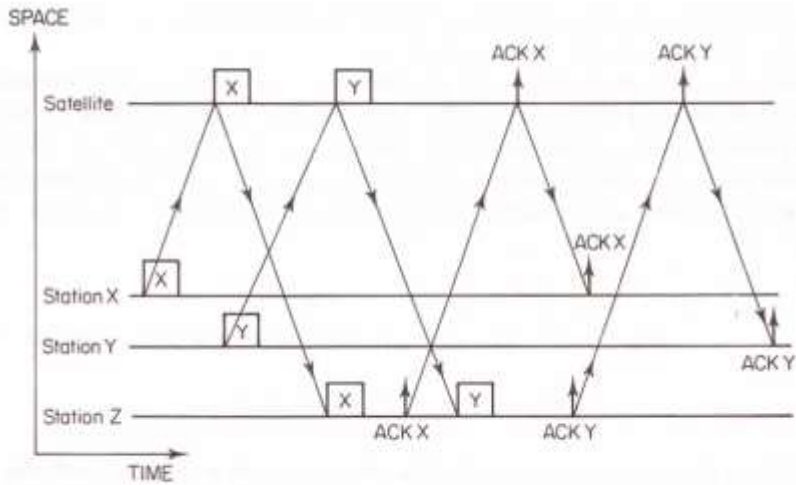
Fixed & Demand Assignment

■ SPADE (FDMA-DA)

- Pada intelsat BW = 36 MHz, $R_b = 64$ kbps, QPSK, 800 saluran, signaling pada saluran khusus CCS secara TDMA
- Prinsipnya seperti penggunaan saluran trunking pada SLJJ
 - Pemanggil menggunakan saluran signaling untuk menduduki saluran yang tersedia (sepasang)
 - Jika permohonan sambungan dikabulkan penerima, pendudukan sepasang saluran tadi dikonfirmasi
 - Setelah selesai, sepasang saluran tadi dikembalikan
- Perbandingan
 - FDMA 336 – 420 saluran
 - SPADE 800 saluran
- Konsekuensi
 - Peralatan lebih rumit dan mahal

Random Access

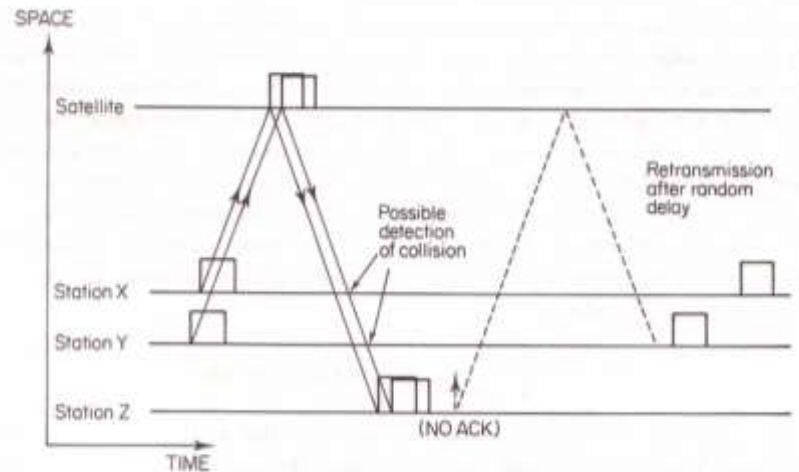
■ ALOHA (protokol asinkronus)



(a)

Tanpa tabrakan

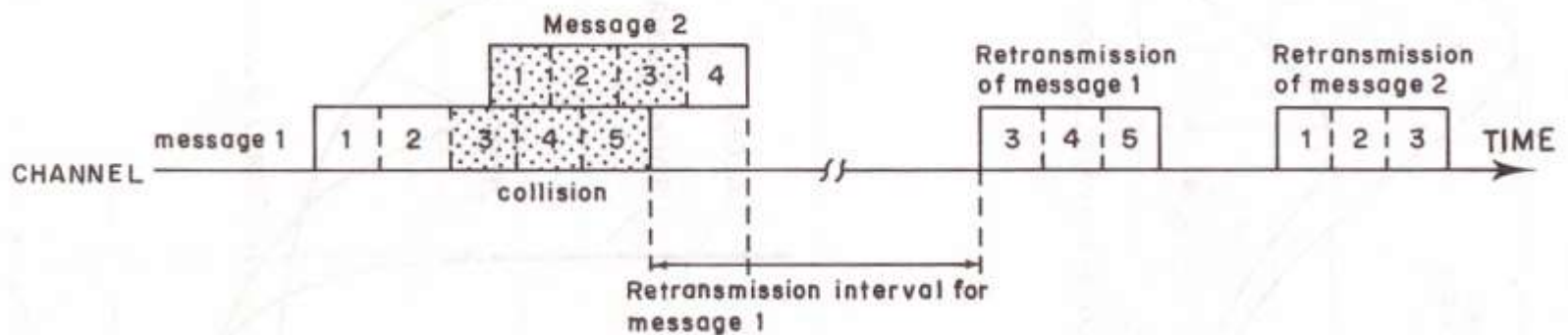
Throughput = 18 %



(b)

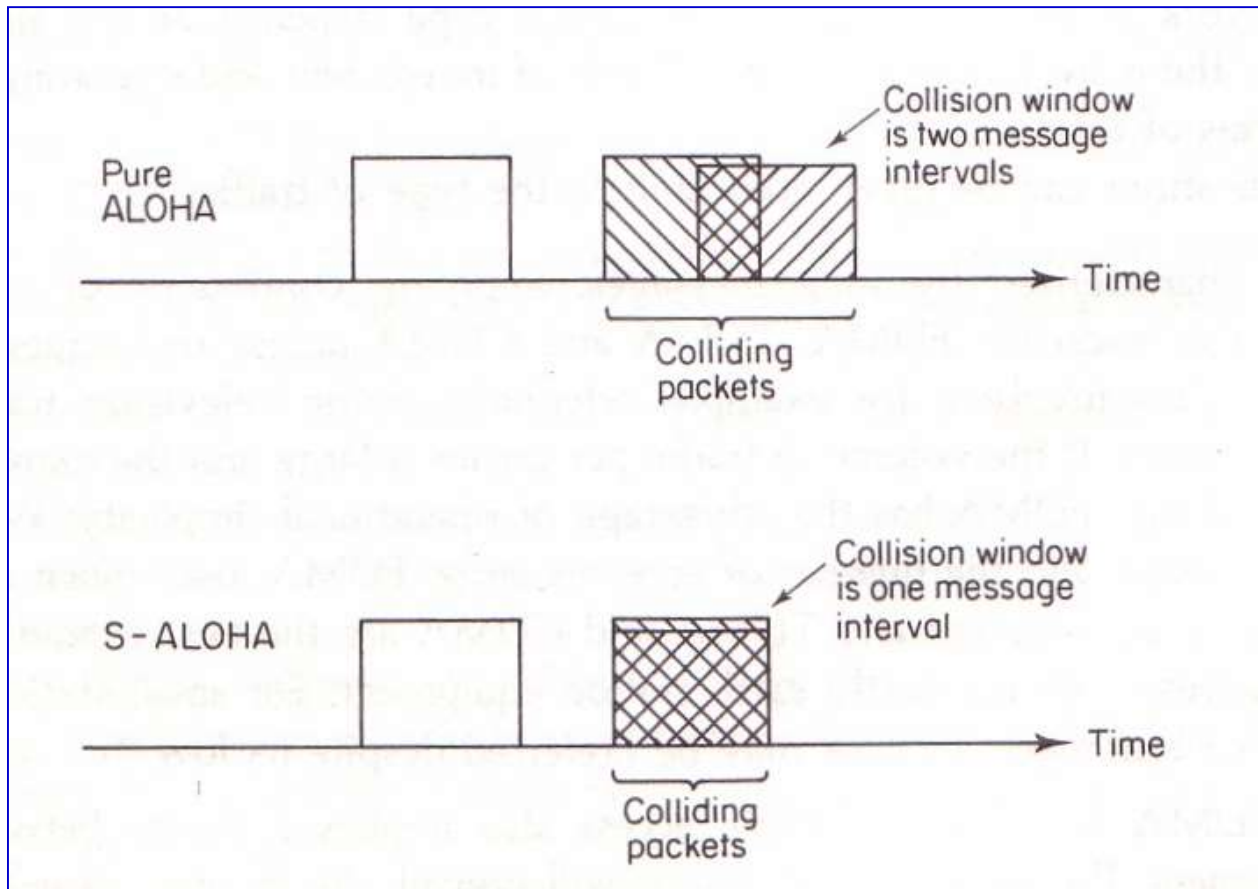
Dengan tabrakan

- SREJ ALOHA (Selective Reject ALOHA)
 - Frame dibagi menjadi beberapa subframe
 - Jika terjadi tabrakan, hanya subframe yang rusak yang dikirim lagi
 - Efisiensi maksimum 30 %

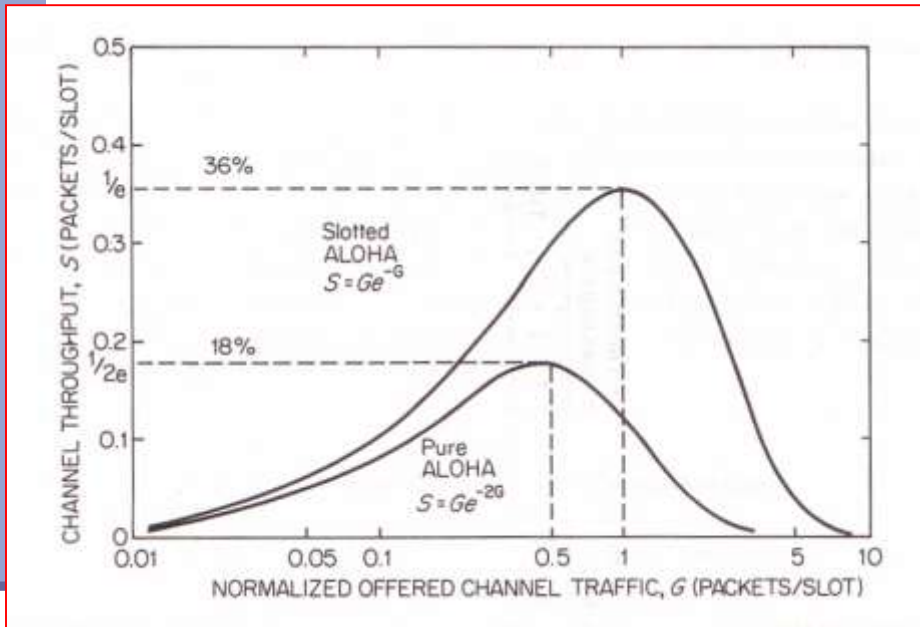


Random Access

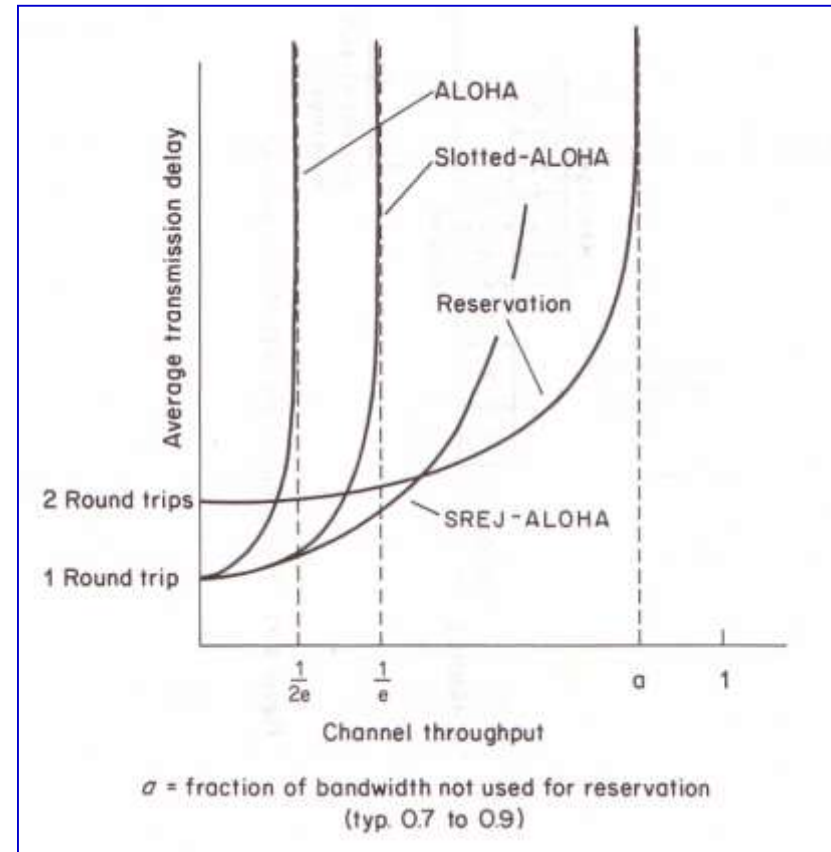
- Slotted ALOHA (protokol dengan sinkronisasi)



Random Access



Efisiensi transmisi



Waktu transmisi rata-rata

- Pemilihan MA ditentukan oleh faktor ekonomi dan teknologi
 - Kompromi antara efisiensi (keuntungan) dengan teknologi/kompleksitas dan investasi
 - Indikasi Umum
 - Trafik yang kontinyu (telepon, TV, video) : FDMA, TDMA, CDMA
 - Trafik per stabum besar dan jumlah stabum kecil : FDMA
 - Jumlah akses banyak : TDMA
 - Komunikasi bergerak dan lingkungan terinterferensi : CDMA
 - Trafik yang jarang, pendek, acak : random multiple access