

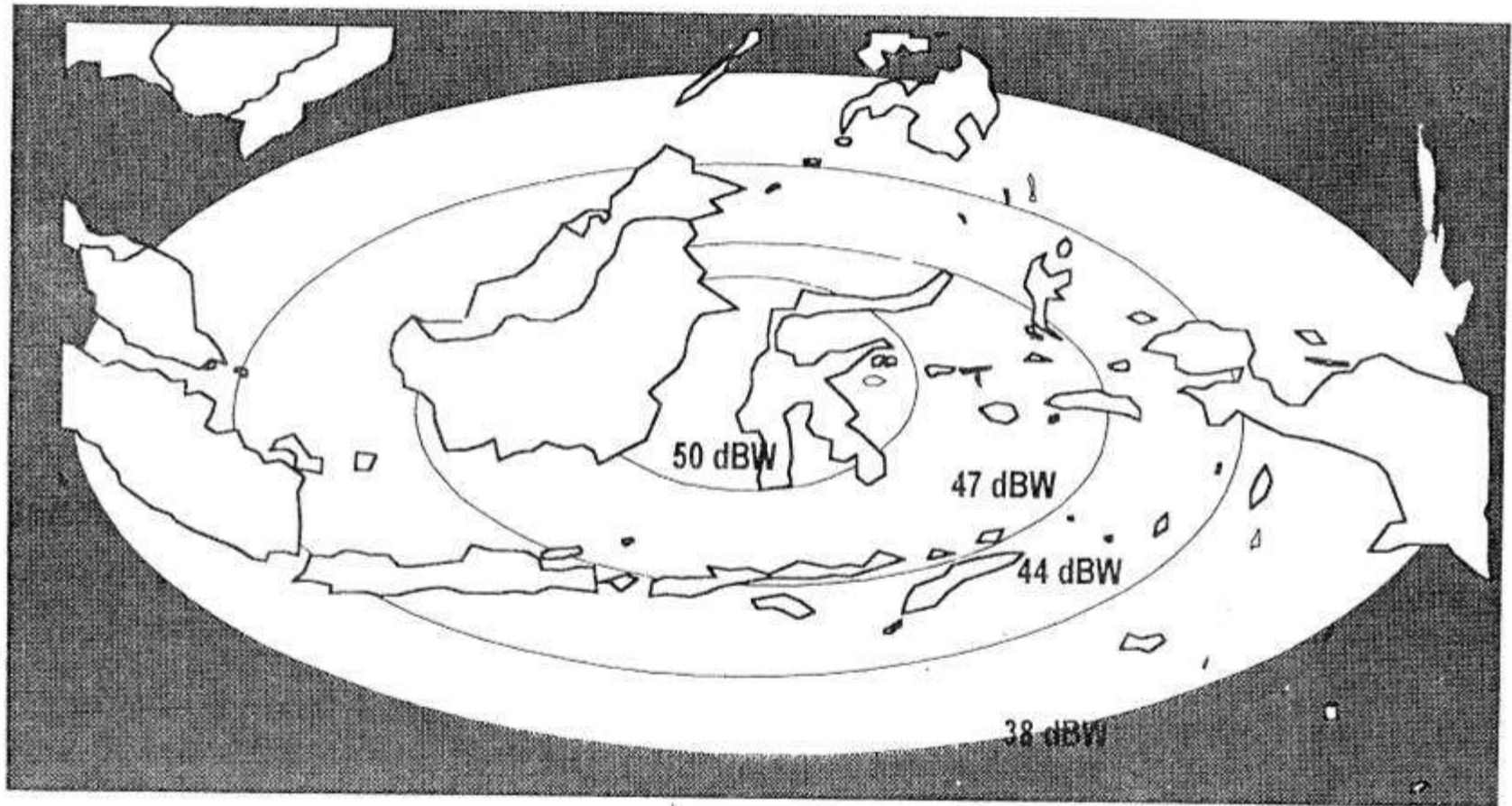
SISTEM GLOBAL BEAM DAN MULTI BEAM

1. *SISTEM KOMUNIKASI SATELIT*

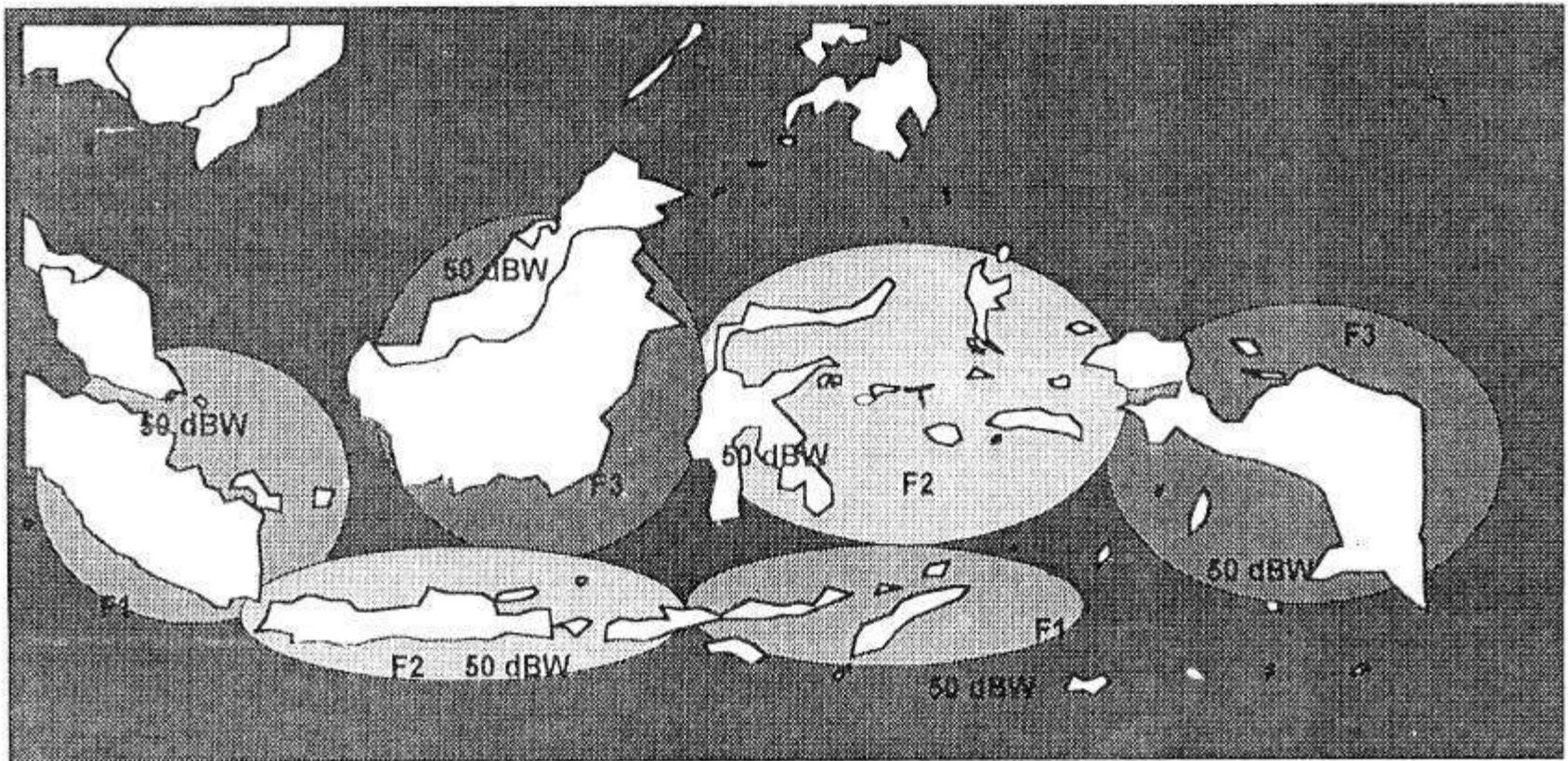
Agenda

- **Konsep Multi Beam dan Global Beam**
- **Pembentukan Beam**
- **Antena di space segment dan ground segment**
- **Dampak penggunaan multi beam**
- **Frekuensi reuse pada multi beam**
- **Interkoneksi antar beam**

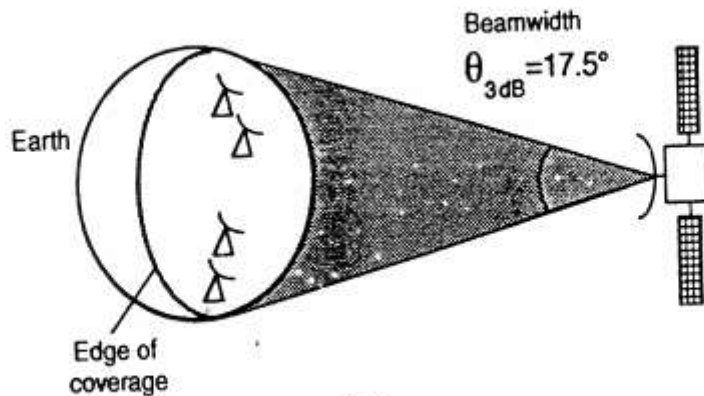
SISTEM GLOBAL BEAM



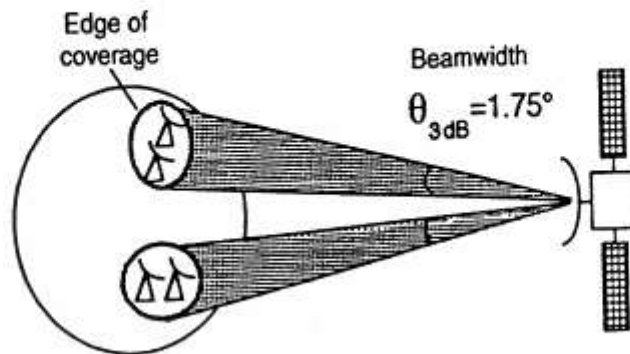
SISTEM MULTI BEAM



Global Beam dan Multi Beam



(a)



(b)

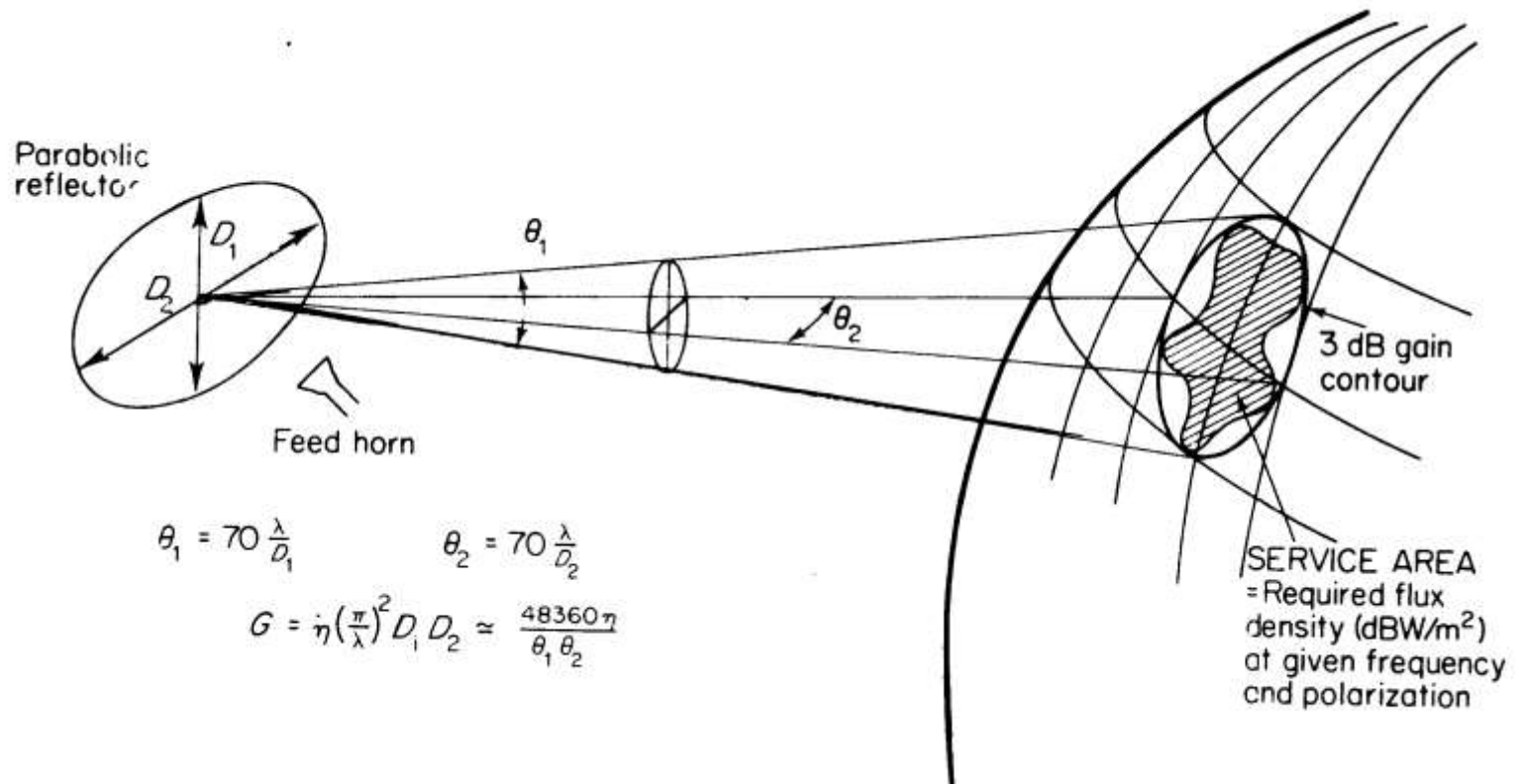
Global Beam :

- Cakupan 42.1 % permukaan bumi
- Long distance link
- Gain satellite rendah ($G = 20$ dB, $\theta_{3dB} = 17.5^\circ$)
- Dimensi stasiun bumi besar

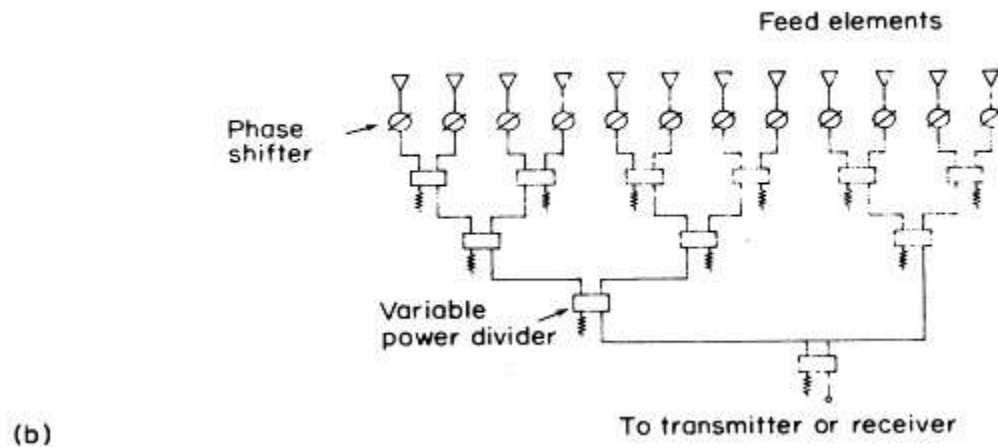
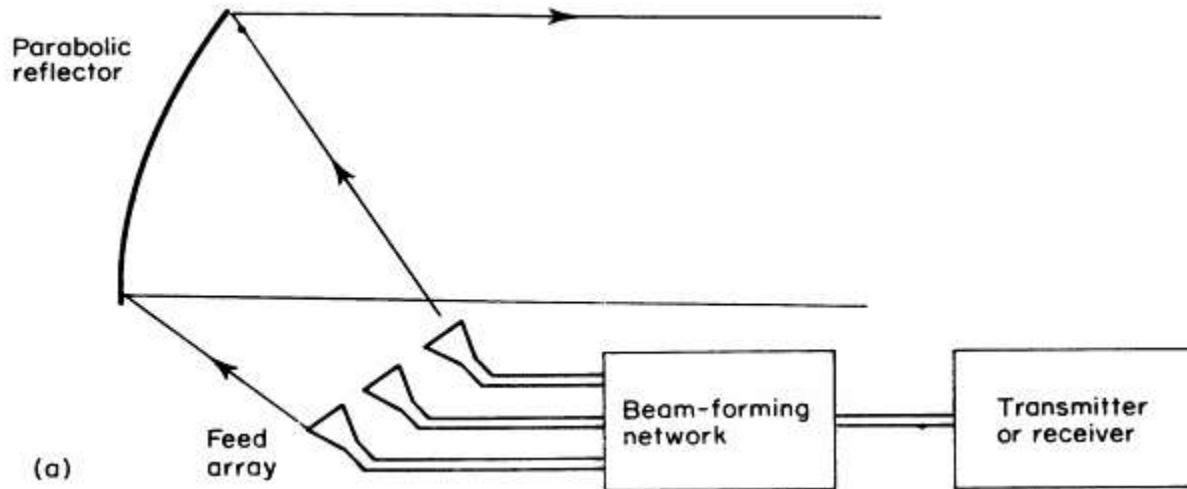
Multi Beam :

- Cakupan terbatas (tergantung coverage)
- Long distance link dengan ISL dengan jaringan terrestrial
- Gain satellite tinggi ($G = 40$ dB, $\theta_{3dB} = 1.75^\circ$)
- Dimensi stasiun bumi kecil

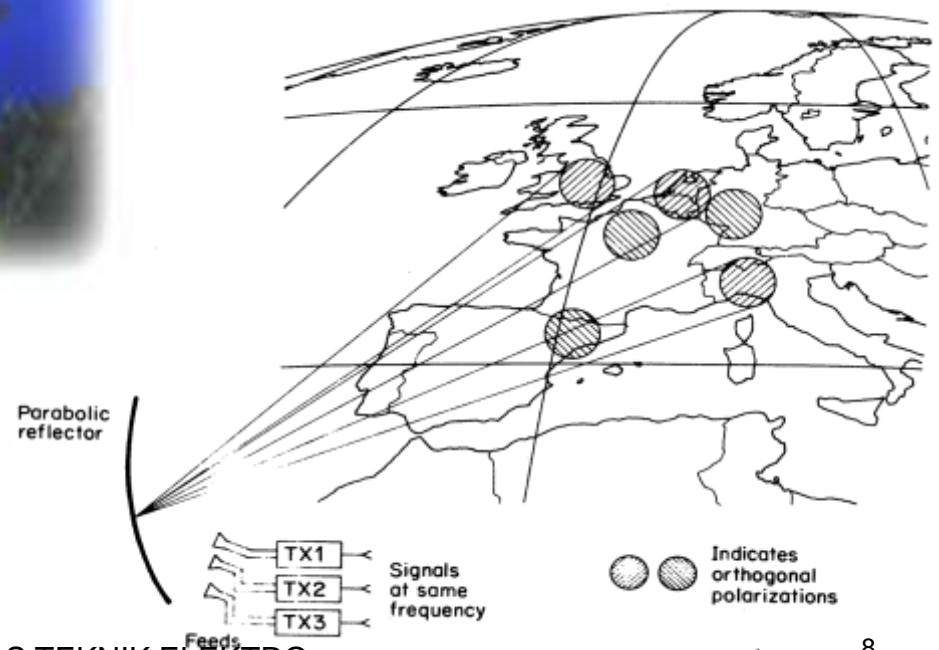
Pembentukan Beam Area



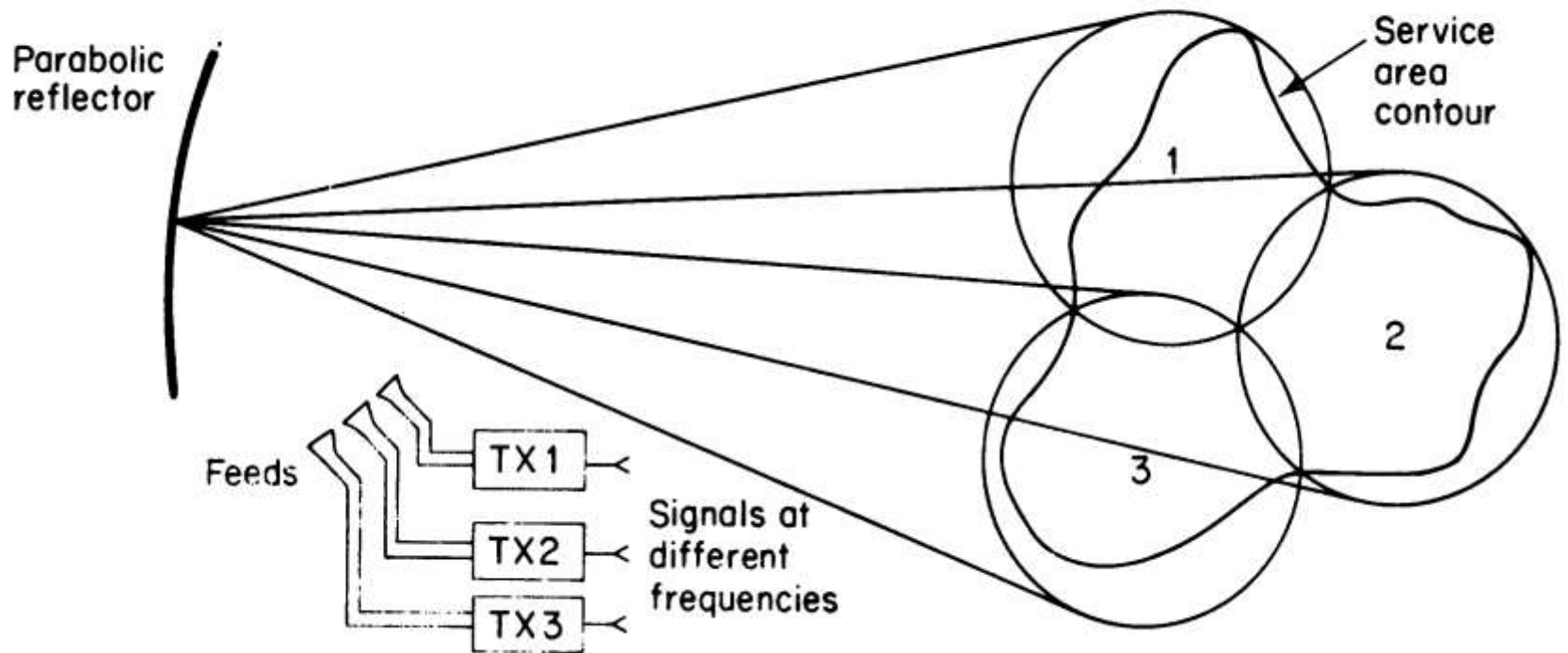
Pembentukan Beam Menggunakan Phased Array Antenna



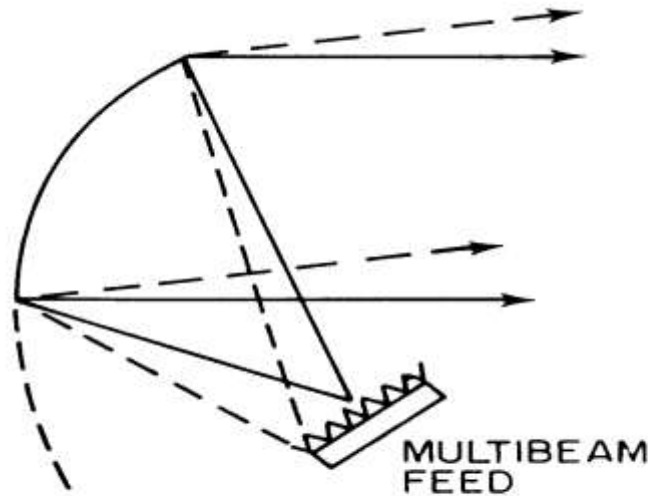
Multi Beam



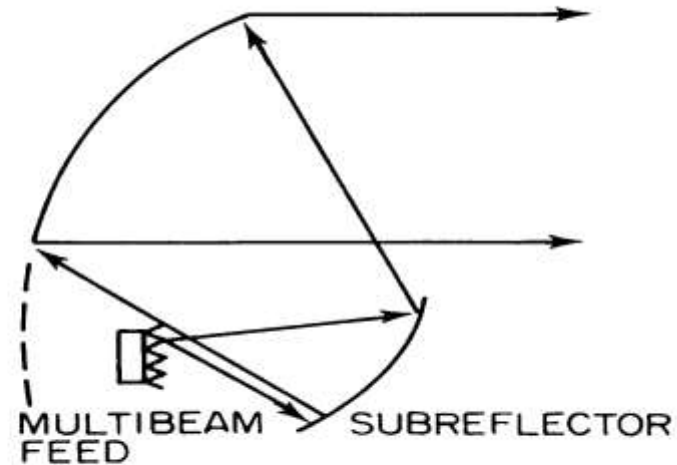
Multi Beam



Antena di Satelit



(a) SIMPLE OFFSET-REFLECTOR SYSTEM

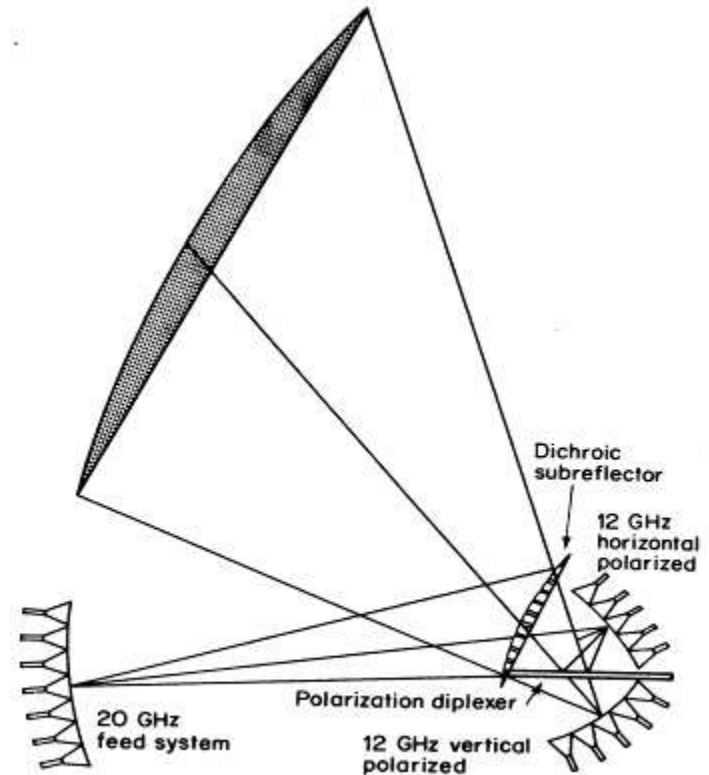


(b) DUAL OFFSET-REFLECTOR GREGORIAN SYSTEM

- Horn : used as feeder antenna, in addition for global coverage with $\theta_{3dB} = 17.5^\circ$ and gain arround 17 dBi.
- Parabolic antenna.

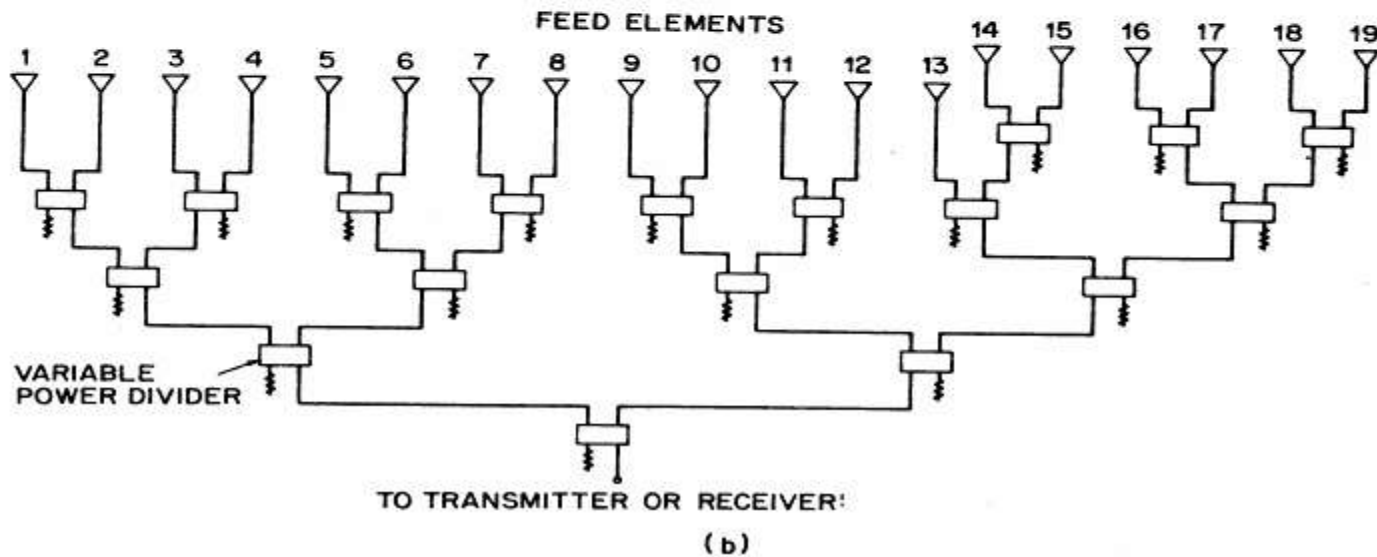
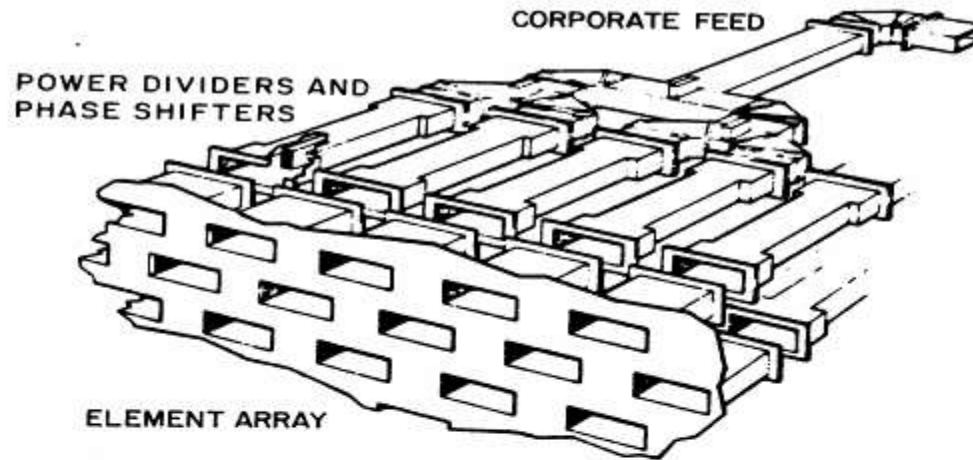
Antena di Satelite

- Parabolic with Dichroic sub-reflector
(memantulkan panj gelombang tertentu dan meneruskan lainnya)
- Dichroic reflector is arranged by an array of dipoles in substrate with its associated frequency
- Reflecting EM waves with given band and transparent outside the band.

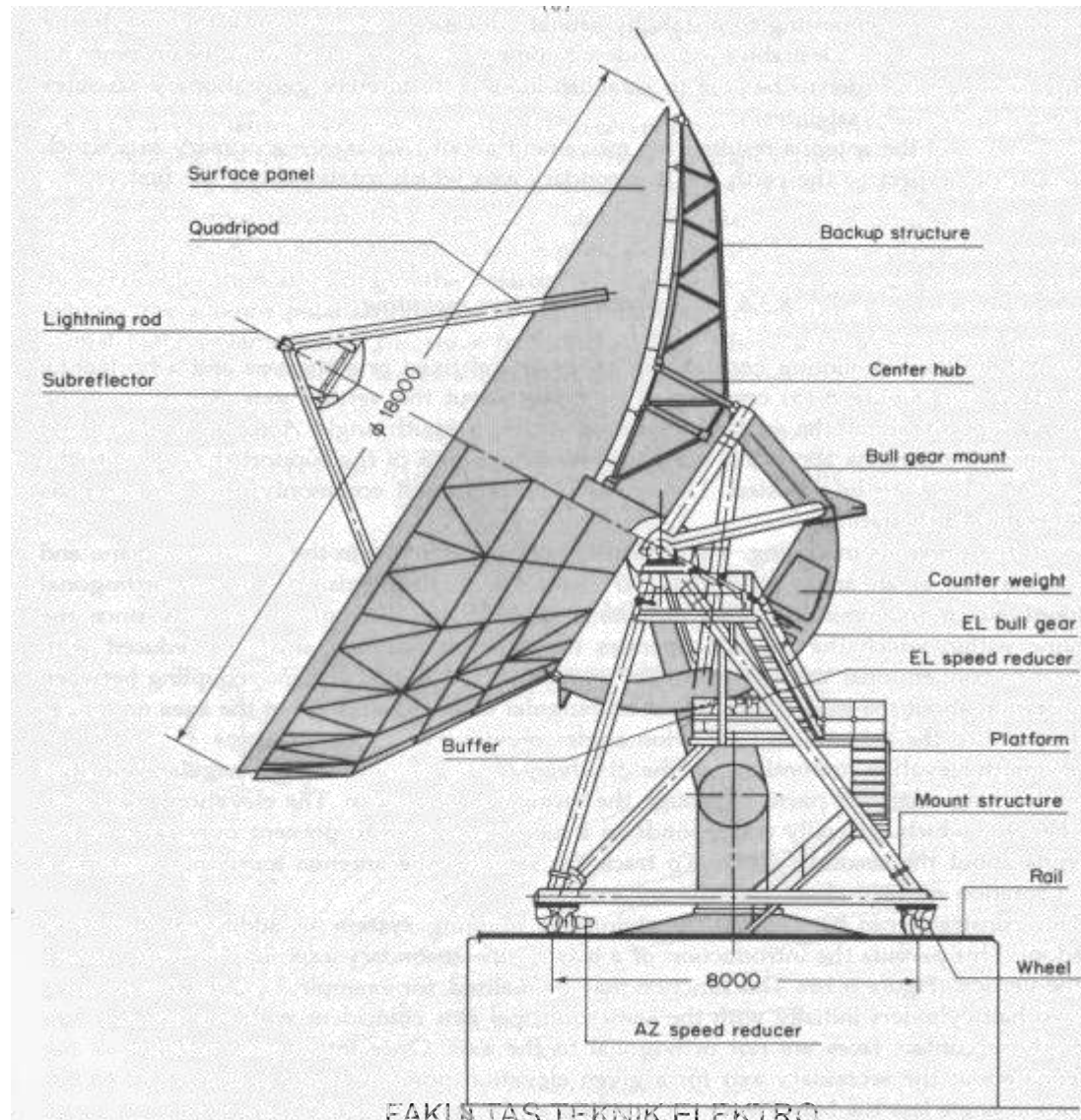


Dual frequency antenna with a dichroic surface.

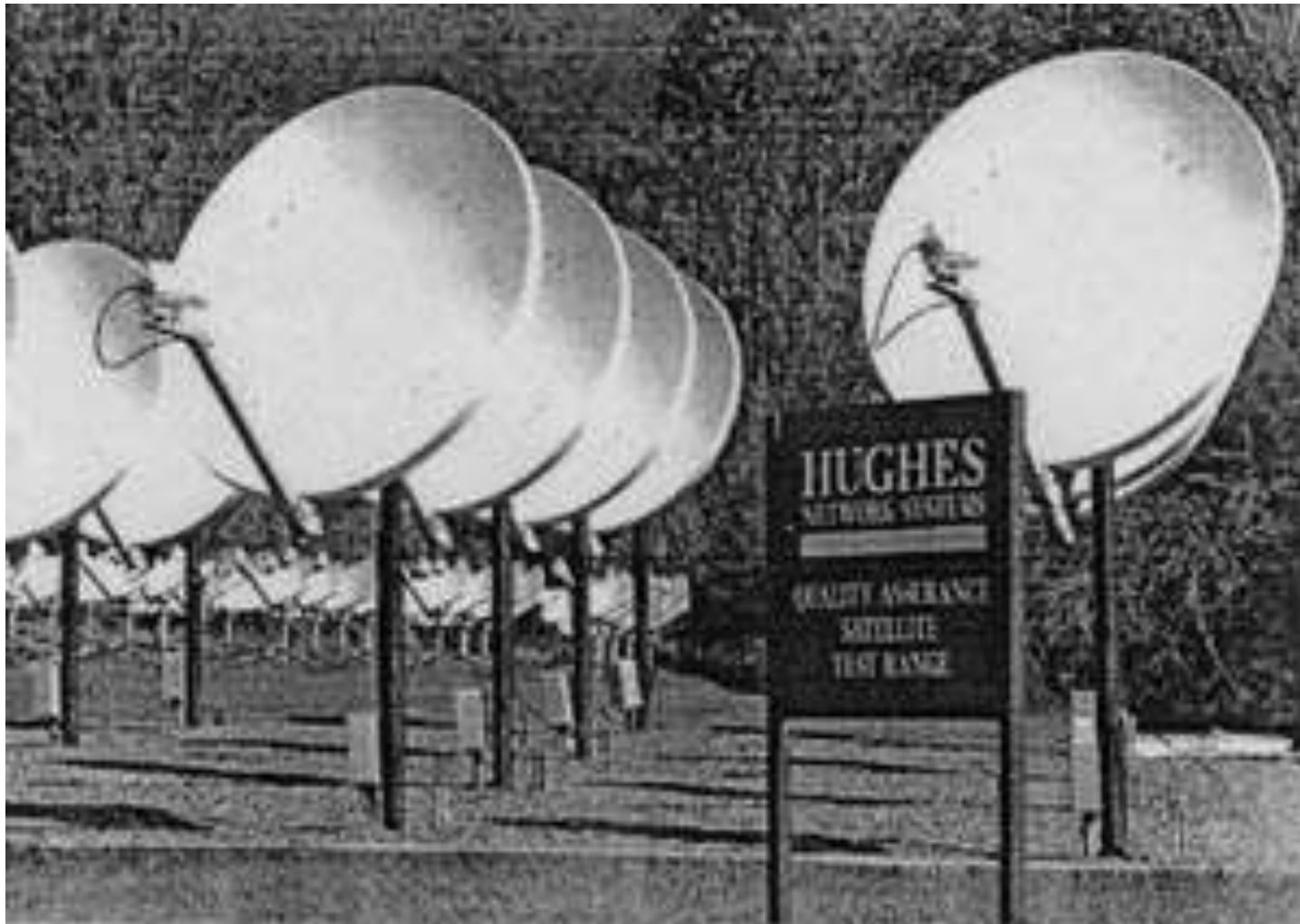
Antena di Satellite



Antena di Stasiun Bumi



Antena VSAT



(Courtesy of Hughes Network Systems)

Dampak Sistem Multi Beam pada Stasiun Bumi

■ Pada hub Uplink :

$$(C/N_o)_U = (EIRP)_{SB}(1/L_u)(G/T)_{Sat}(1/k) \quad (\text{hz})$$

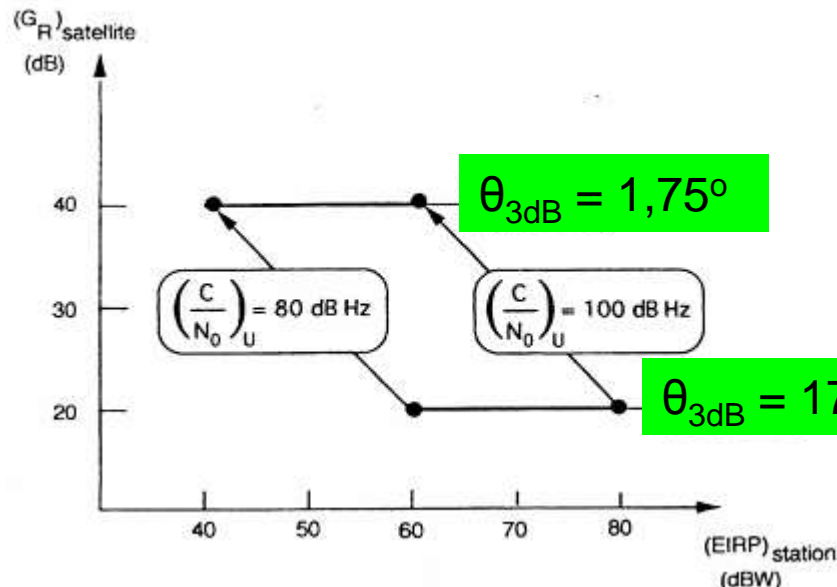
Jika diasumsikan $T_{sat} = 800 \text{ K} = 29 \text{ dBK}$; $L_u = 200 \text{ dB}$ maka :

$$(C/N_o)_U = (EIRP)_{SB} - 200 + (G_R)_{sat} - 29 + 228,6 = (EIRP)_{SB} + (G_R)_{sat} - 0,4 \text{ (dBHz)}$$

G_R = Gain terima antenna satelit

- Global beam : $\theta_{3 \text{ dB}} = 17.5^\circ \rightarrow (G_R)_{sat} = 29000/(\theta_{3 \text{ dB}})^2 = 20 \text{ dBi}$
- Multi beam : $\theta_{3 \text{ dB}} = 1.75^\circ \rightarrow (G_R)_{sat} = 29000/(\theta_{3 \text{ dB}})^2 = 40 \text{ dBi}$

Hubungan antara $(EIRP)_{SB}$ dan $(G_R)_{sat}$:



Dampak Sistem Multi Beam pada Stasiun Bumi

■ Pada hub Downlink :

$$(C/N_o)_D = (EIRP)_{sat}(1/L_D)(G/T)_{SB}(1/k) \quad (\text{hz})$$

Jika diasumsikan $PT_{sat} = 10 \text{ W} = 29 \text{ dBK}$; $L_D = 200 \text{ dB}$ maka :

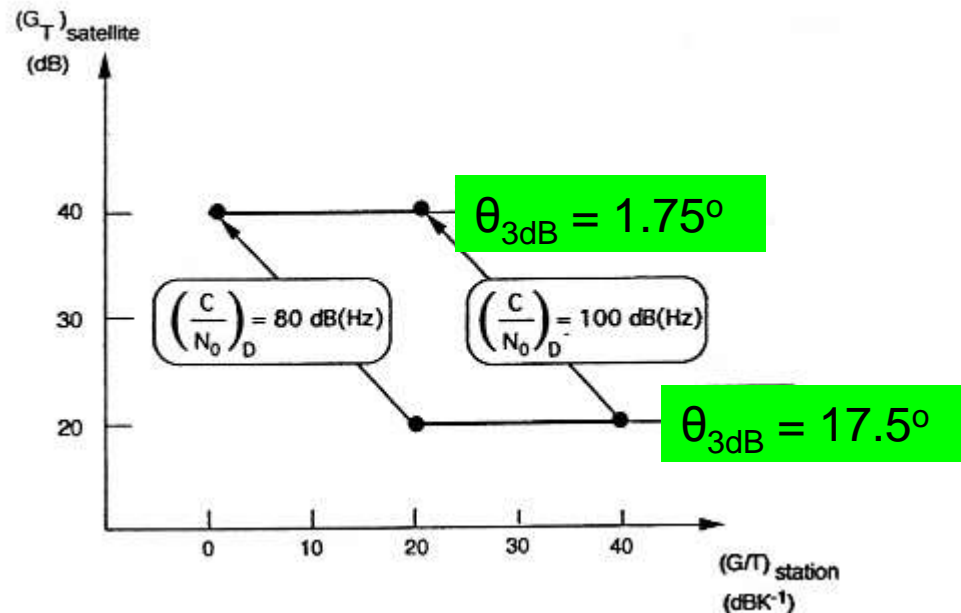
$$(C/N_o)_D = 10 - 200 + (G_T)_{sat} + (G/T)_{SB} + 228,6 = (G_T)_{sat} + (G/T)_{SB} + 38.6 \text{ (dBHz)}$$

G_T = Gain kirim antenna satelit

■ Global beam : $\theta_{3 \text{ dB}} = 17.4^\circ \rightarrow (G_T)_{sat} = 29000/(\theta_{3 \text{ dB}})^2 = 20 \text{ dBi}$

■ Multi beam : $\theta_{3 \text{ dB}} = 1.74^\circ \rightarrow (G_T)_{sat} = 29000/(\theta_{3 \text{ dB}})^2 = 40 \text{ dBi}$

Hubungan antara $(G_T)_{Sat}$ dan $(G/T)_{SB}$:

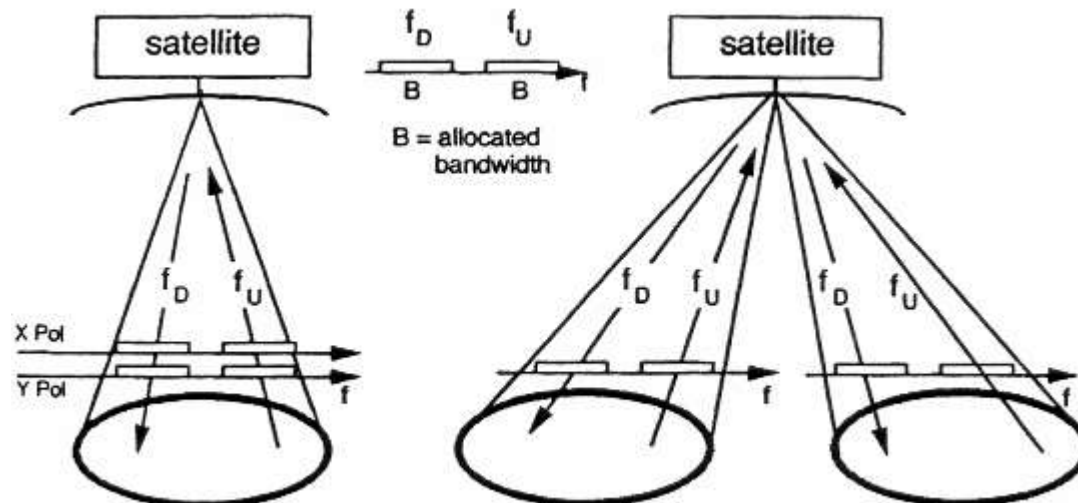


Dampak Sistem Multi Beam pada Stasiun Bumi

- Pada hubungan Uplink terjadi reduksi $EIRP_{SB}$ sebesar 20 dB
 - Pada hubungan downlink terjadi reduksi G/T_{SB} sebesar 20 dB
- Akan terjadi reduksi diameter antenna SB (30 m ke 3 m) atau reduksi biaya (\$10 juta ke \$50.000)

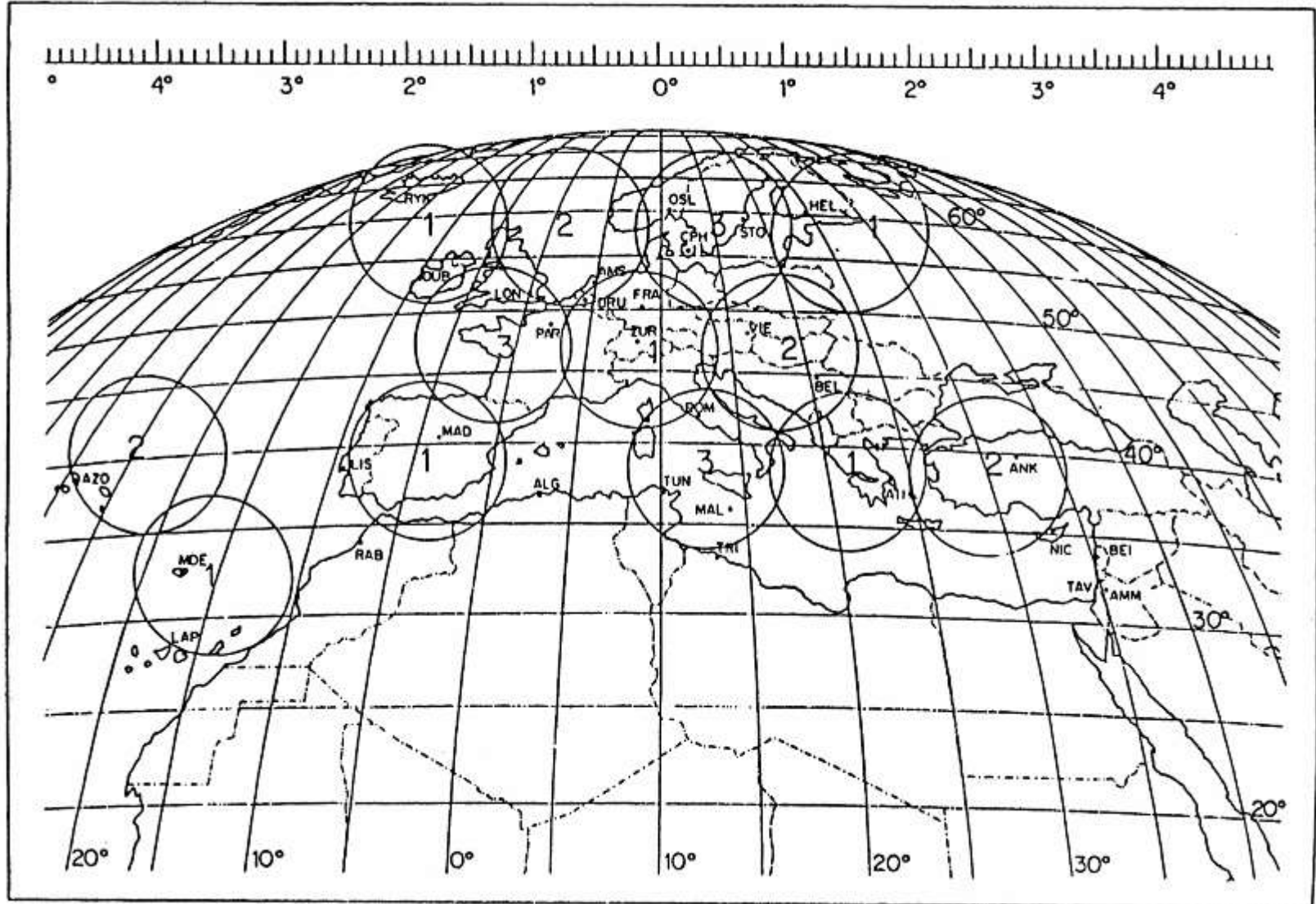
Dampak Sistem Multi Beam

- Dapat menggunakan sistem Frequency Reuse
 - Frequency Reuse : Pengulangan penggunaan frekuensi untuk meningkatkan kapasitas tanpa menambah alokasi bandwidth
 - Prinsip frekuensi reuse :
 - Menggunakan polarisasi ortogonal
 - Menggunakan beberapa beam (multi beam)



- Pada masing – masing skema frekuensi reuse, bandwidth total yang dialokasikan adalah B
- Pada skema frekuensi reuse menggunakan polarisasi ortogonal, penggunaan bandwidth B hanya bisa diulang 2 kali
- Pada skema frekuensi reuse menggunakan beberapa beam, bandwidth total B dapat diulang sebanyak beam yang dibatasi oleh faktor interferensi
- Kedua skema frekuensi reuse dapat digabungkan
- Didefinisikan Faktor frekuensi reuse yaitu jumlah pengulangan penggunaan bandwidth B
- Frekuensi reuse maksimum pada global beam = 2 dan pada multi beam = $2M$ dimana M = jumlah beam

Contoh Penggunaan Frekuensi Reuse



Contoh perhitungan :

- BW yang dialokasikan = $B = 300$ Mhz ; jumlah beam $M = 13$
- Menggunakan 3 group frekuensi (3 sub band) yaitu : F_1, F_2, F_3
- BW tiap group frekuensi adalah sama = $300/3$ Mhz
- $F_1 = 6$ beam; $F_2 = 4$ beam ; $F_3 = 3$ beam

Maka BW total sistem menggunakan 13 beam tanpa polarisasi ortogonal :

- $BW_T = 6 \times (300/3) + 4 \times (300/3) + 3 \times (300/3) = 1.3$ Ghz
- Faktor frekuensi reuse = 1.3 Ghz / 0.3 Ghz = 4.3

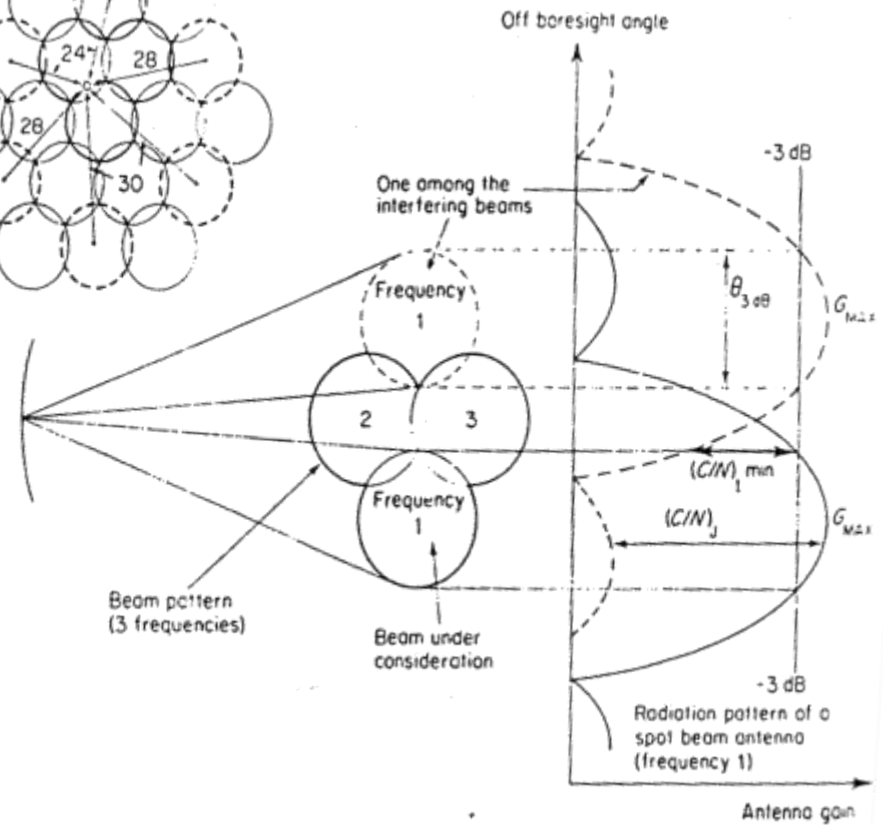
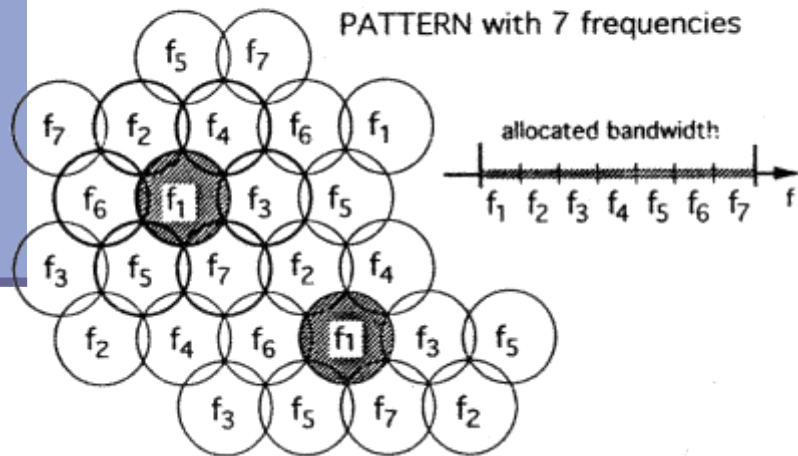
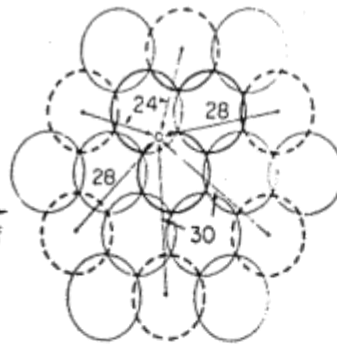
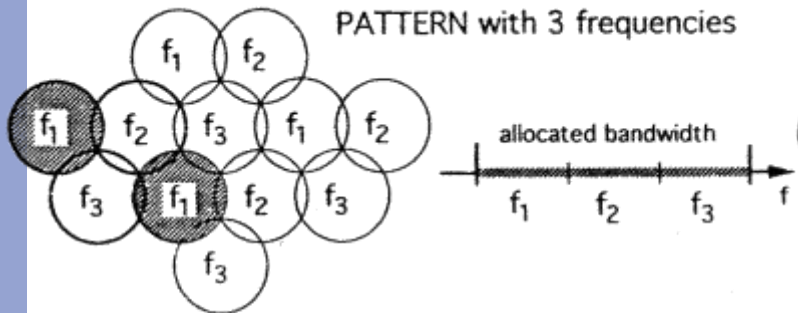
BW total sistem menggunakan 13 beam dengan polarisasi ortogonal :

- $BW_T = 2 \times 1.3$ Ghz = 2.6 Ghz
- Faktor frekuensi reuse = 2.6 Ghz / 0.3 Ghz = 8.6

Contoh perhitungan kapasitas :

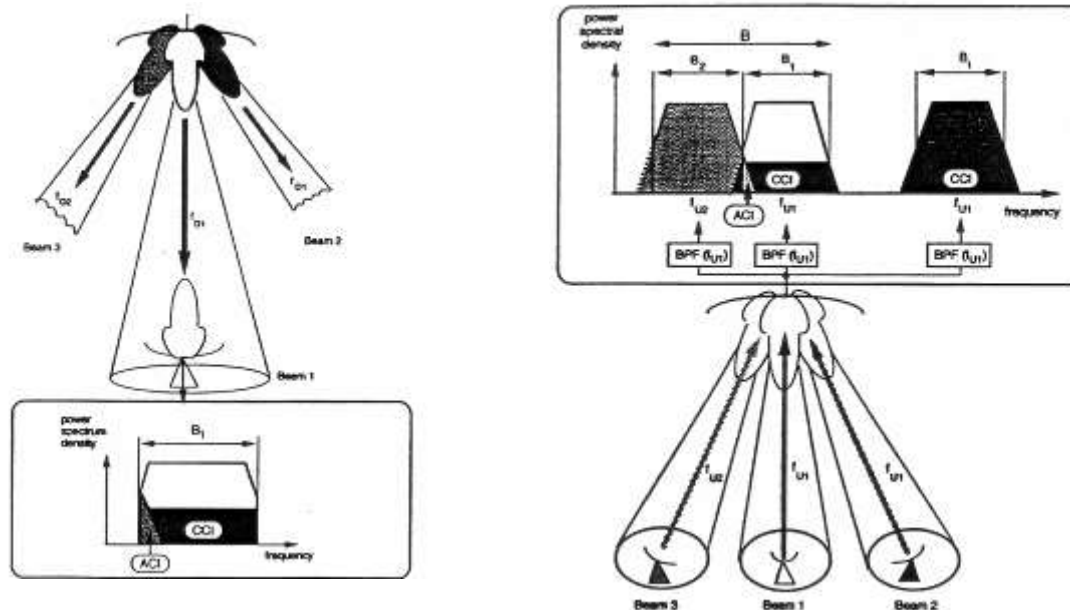
- Misal BW 300 MHz menggunakan transmisi digital, modulasi QPSK dengan efisiensi spektral = 1.5 bit/s/hz maka :
 - Untuk global beam tanpa polarisasi ortogonal :
 $R = \text{efisiensi spektral} \times \text{BW} = 1.5 \times 300 \text{ Mhz} = 450 \text{ Mbps}$
 - Untuk global beam dengan polarisasi ortogonal :
 $R = 2 \times 1.5 \times 300 \text{ Mhz} = 900 \text{ Mbps}$
 - Untuk multi beam faktor re-use 1.3, tanpa polarisasi ortogonal : $R = 1.5 \times 1.3 = 1.95 \text{ Gbps}$
 - Untuk multi beam factor re-use 1.3, dengan polarisasi ortogonal : $R = 2 \times 1.5 \times 1.3 = 3.9 \text{ Gbps}$

Frekuensi Reuse



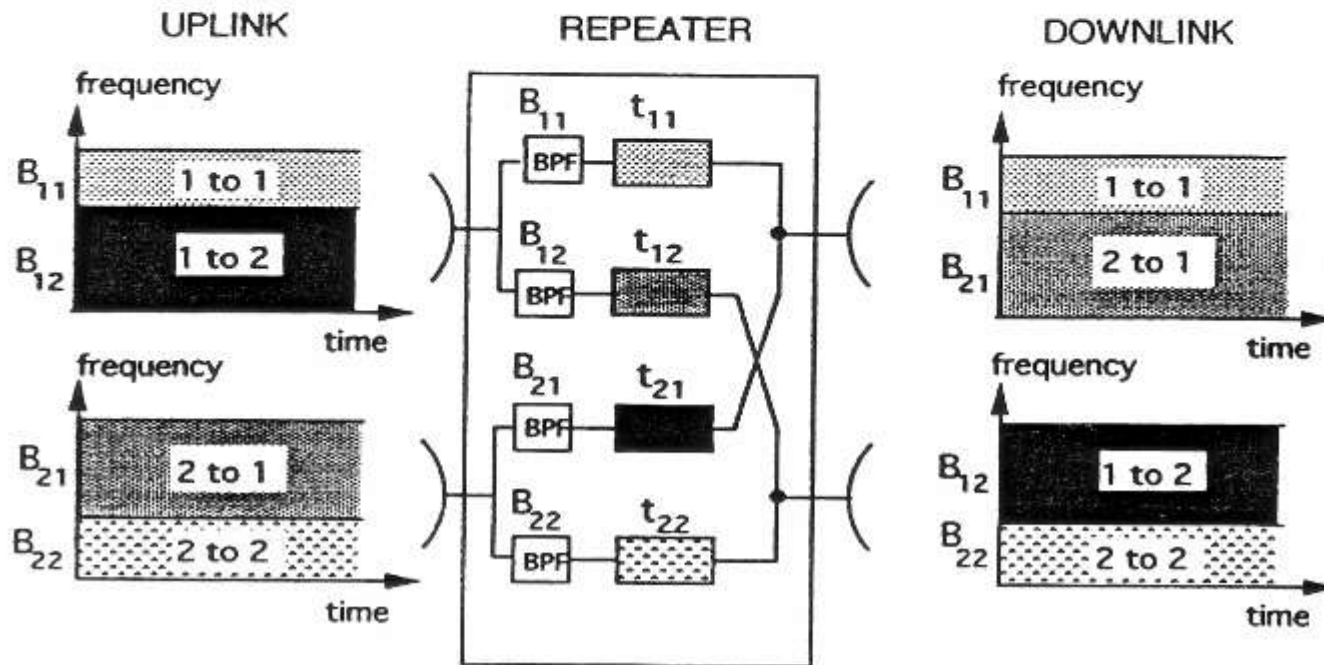
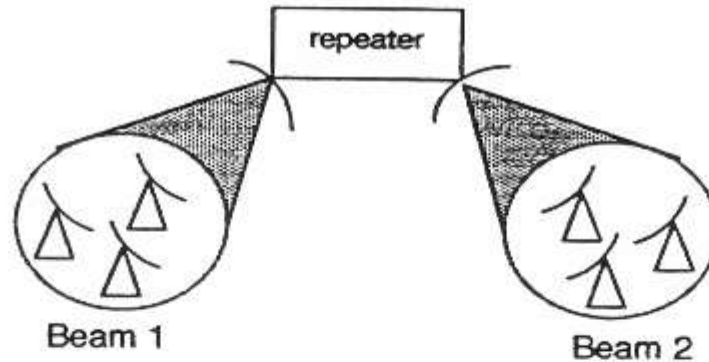
Dampak Negatif Multibeam

- Interferensi antar beam pada arah uplink dan downlink



- Interkoneksi antar beam (antar coverage area) akan menyebabkan payload menjadi lebih kompleks dibanding global (single) beam. Teknik interkoneksi antar beam :
 - Transponder Hopping
 - On board switching (Satellite Switch/TDMA)
 - Beam scanning

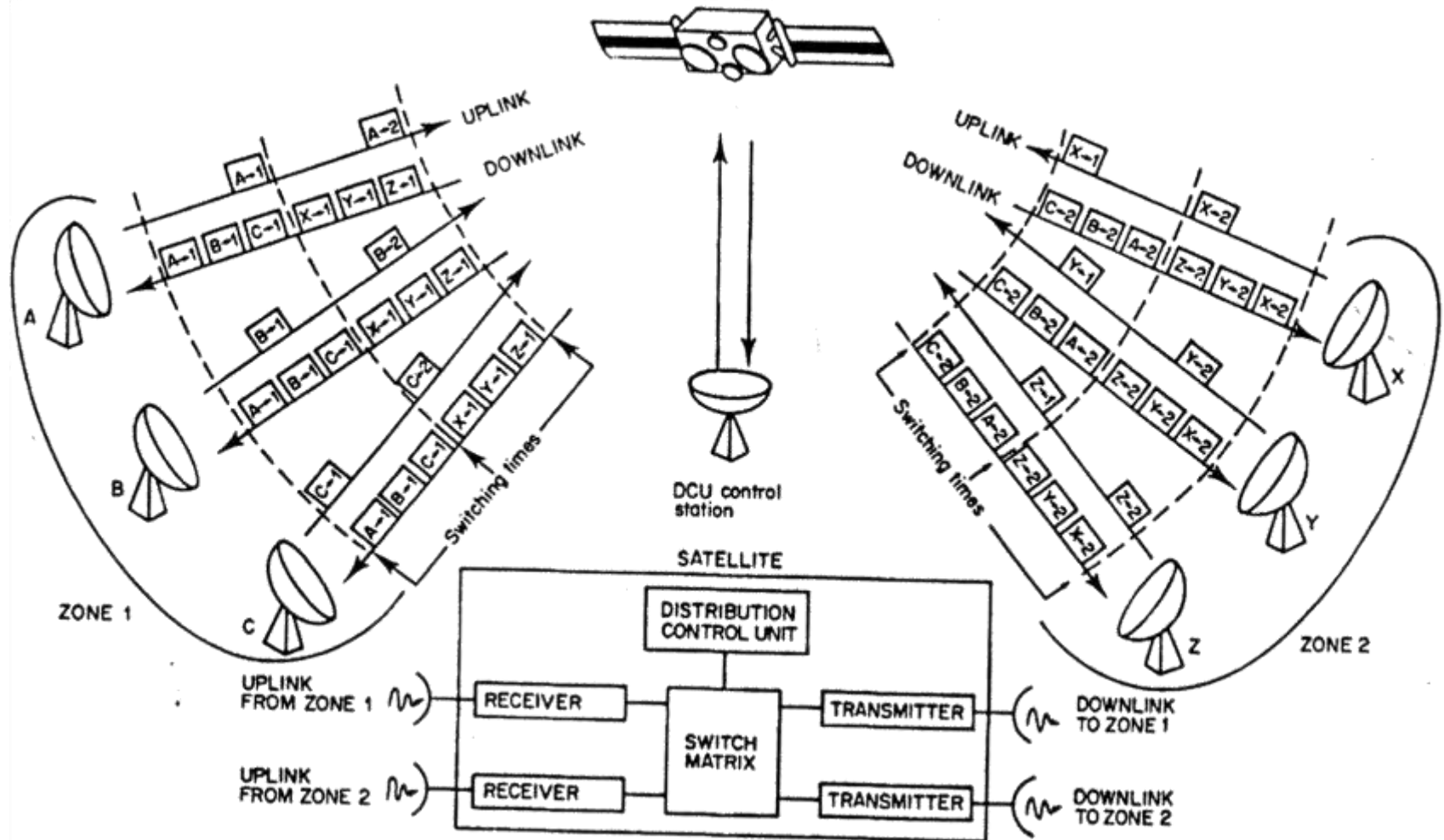
Interkoneksi Menggunakan Transponder Hopping



Interkoneksi Menggunakan Transponder Hopping

- Interkoneksi ini digunakan jika jumlah beam sedikit
- Bandwidth total sistem dibagi menjadi beberapa sub-band sebanyak jumlah beam
- Terdapat sejumlah filter secara onboard di satelit untuk memisahkan carrier yang berhubungan dengan jumlah sub-band yang digunakan
- Output dari tiap filter terhubung ke antena beam tujuan melalui transponder
- Jumlah filter dan transponder minimal sama dengan kuadrat dari jumlah beam
- Stasiun bumi harus mampu mengirimkan/menerima dalam beberapa frekuensi dan beberapa polarisasi agar proses interkoneksi di satelit dapat melompat dari transponder satu ke transponder lainnya (transponder hopping)
- Jika jumlah beam banyak maka penggunaan interkoneksi transponder hopping tidak lagi optimal karena jumlah transponder minimum sama dengan kuadrat dari jumlah beam → satelite mjd berat

Interkoneksi Menggunakan On Board Switching (SS/TDMA)

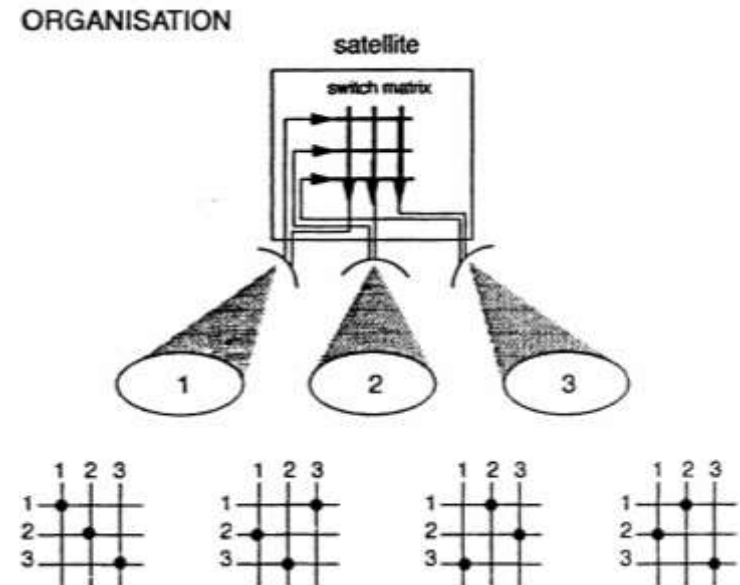
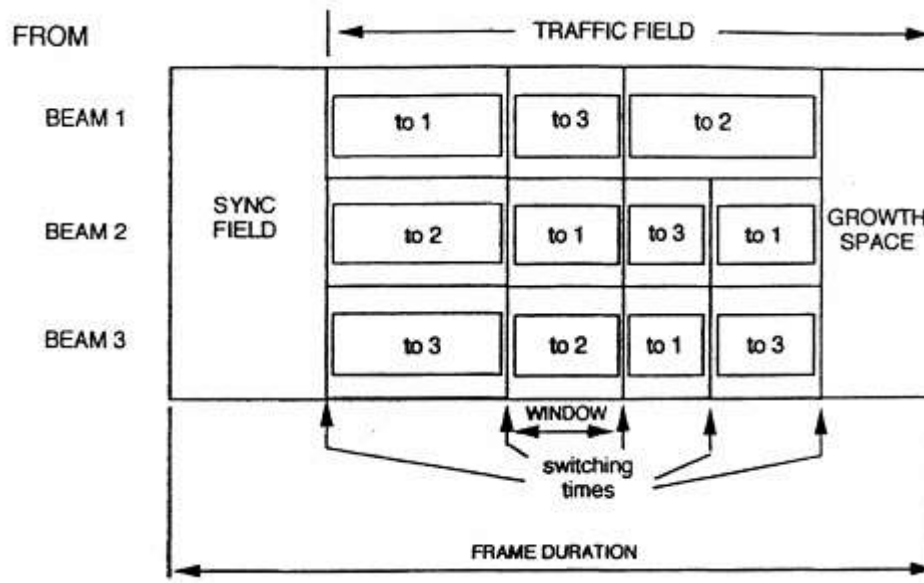


Interkoneksi Menggunakan On Board Switching (SS/TDMA)

- Pada payload terdapat programable switch matrix yang mempunyai jumlah input = jumlah output = jumlah beam
- Switch matrix ini menghubungkan tiap upbeam ke downbeam dan jumlah repeater sama dengan jumlah beam
- DCU (Distribution Control Unit) berfungsi untuk mengatur switch matrix pada proses pembangunan koneksi
- Jika koneksi antar 2 beam adalah cyclic (berulang) maka stasiun DCU akan menyimpan trafik dari banyak user dan mengirimkan trafik dalam bentuk burst jika interkoneksi antar beam telah selesai
- Jenis interkoneksi ini digunakan pada transmisi digital dan jenis multiple access TDMA → SS-TDMA (Satellite Switched Time Division Multiple Access)

Organisasi Frame pada On Board Switching (SS/TDMA)

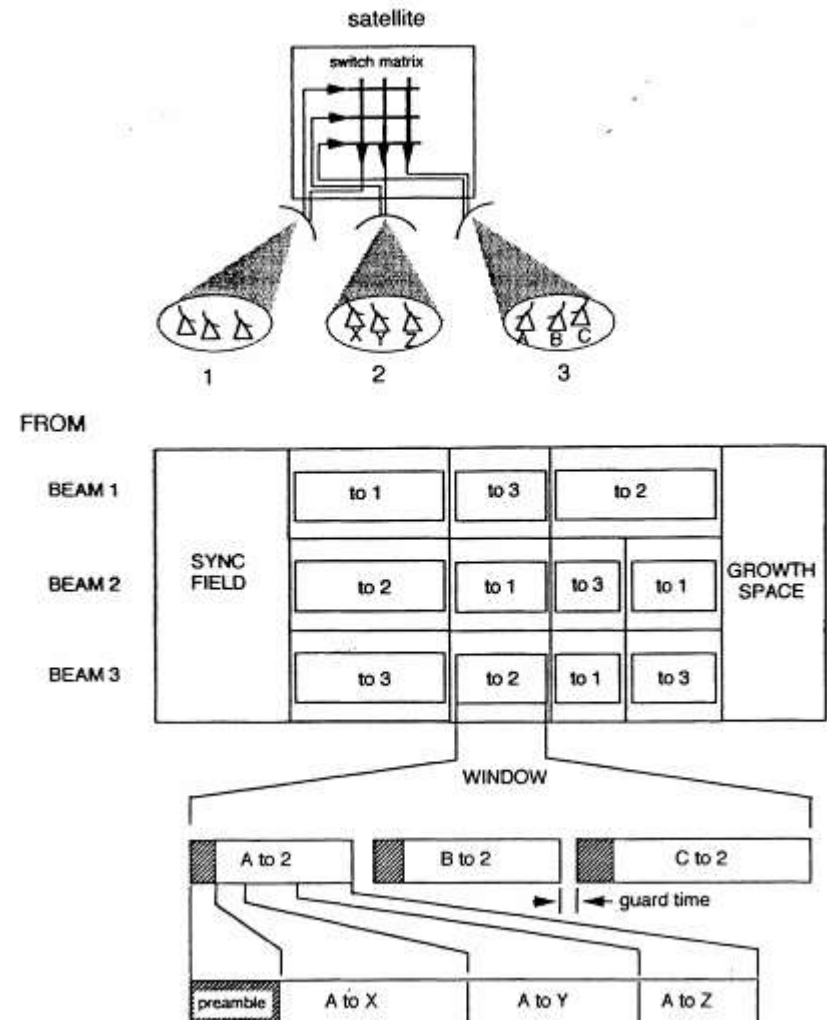
- Tiap frame berisi field sinkronisasi dan field trafik
- Contoh organisasi frame untuk 3 beam :



- Window : durasi (lama) waktu koneksi dari satu up beam ke satu down beam

Organisasi Window Pada On Board switching SS-TDMA

- Pengaturan burst pada interval waktu satu window
- Gambar disamping menunjukkan burst – burst yang akan ditransmisikan oleh stasiun A, B dan C pada window yang berhubungan dengan koneksi dari beam 3 ke beam 2
- Masing – masing burst yang ditransmisikan oleh stasiun pada selang waktu window berisi beberapa subburst yang berisi informasi stasiun ke stasiun



Sinkronisasi pada On board Processing SS-TDMA

- Ada 2 aspek sinkronisasi :
 - Sinkronisasi antar stasiun bumi
 - Sinkronisasi antara stasiun bumi dengan satelit
- Sinkronisasi antar stasiun bumi :
 - Sinkronisasi antar stasiun bumi menggunakan single beam TDMA. Ada 2 teknik :
 - Sinkronisasi closed loop
 - Sinkronisasi open loop

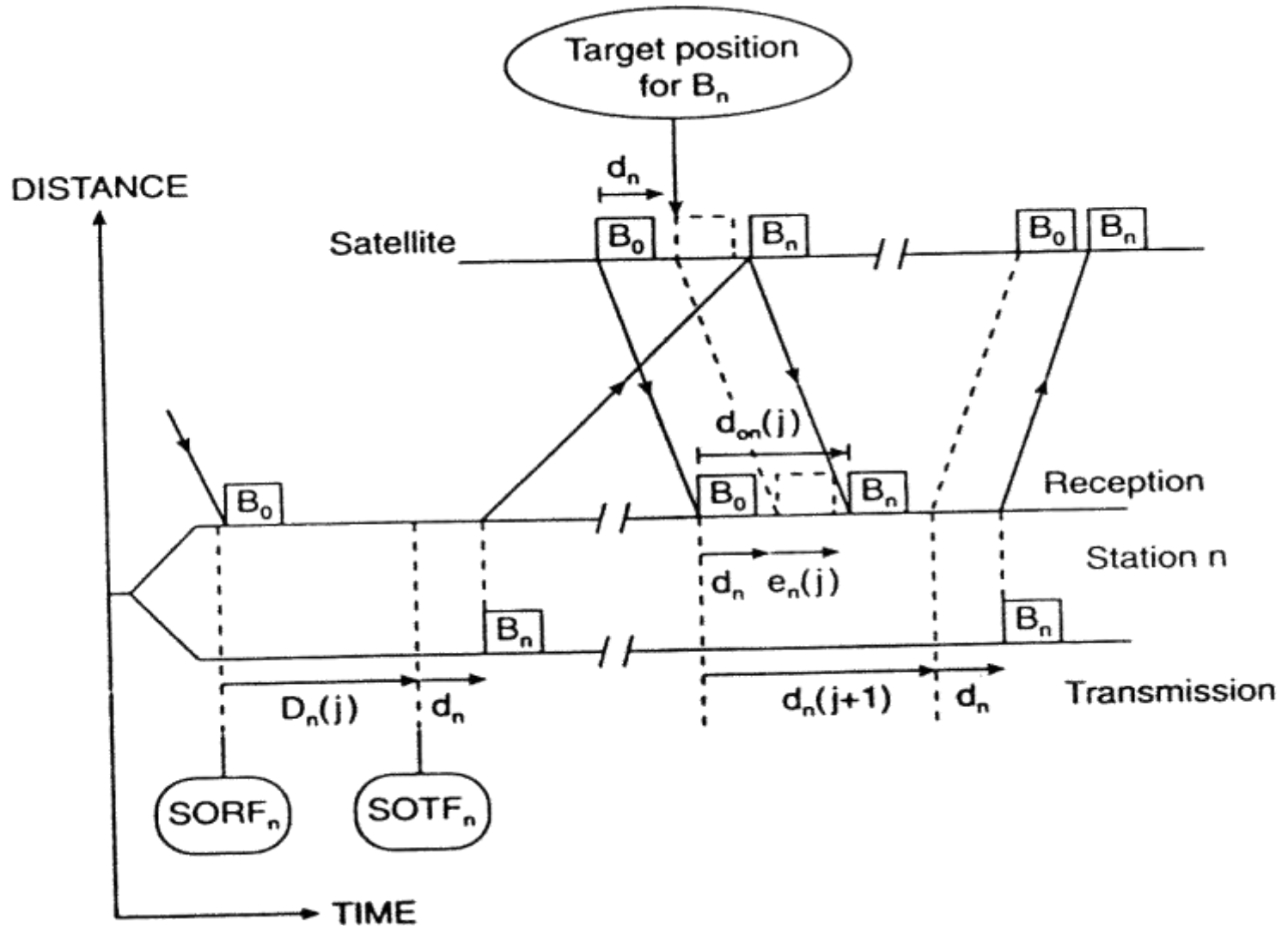
Sinkronisasi pada On board Processing

SS-TDMA

Sinkronisasi Close loop

- Stasiun n mengobservasi posisi burst pada frame relatif terhadap burst referensi dengan cara mengukur waktu antara unique word pd burst referensi dengan unique word pd burst stasiun n
- Misal $d_{on}(j)$ adalah hasil ukur waktu antara unique word pd burst referensi dengan unique word pd burst stasiun n ketika waktu transmisi stasiun n adalah $D_n(j)$
- Didefinisikan $e_n(j) = d_{on}(j) - D_n(j)$ sbg burst position error.
- Stasiun ke n akan menambah nilai d_n berdasarkan formula :
$$D_n(j+1) = D_n(j) - e_n(j)$$
- Stasiun ke n akan menggunakan nilai D_n yang baru ini
- Waktu minimum utk mengkoreksi adalah sama dengan waktu round trip propagation dari stasiun ke satelit sebesar 280 ms

Sinkronisasi Close Loop pada On board Processing SS-TDMA

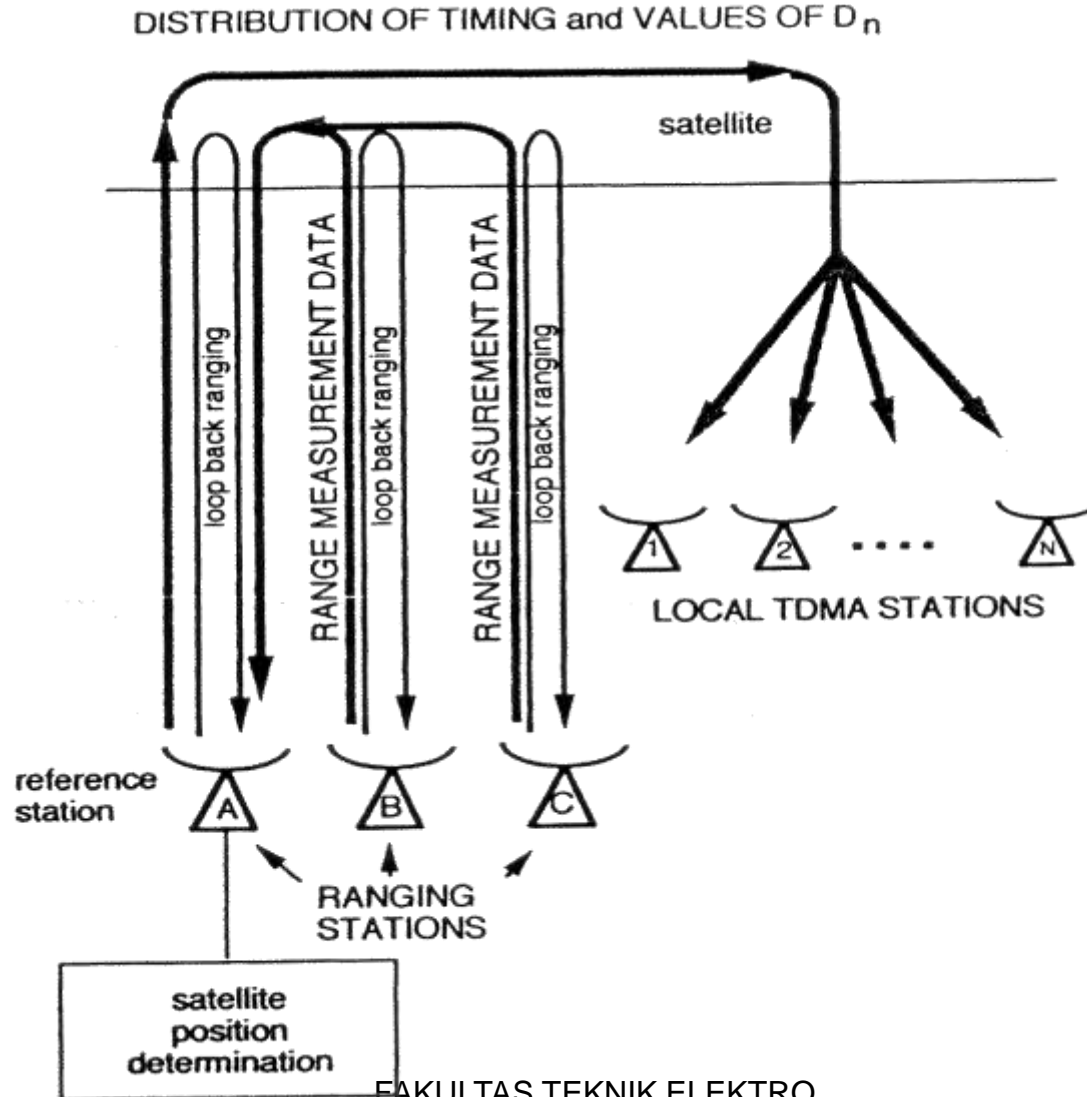


Sinkronisasi pada On board Processing SS-TDMA

Sinkronisasi Open Loop

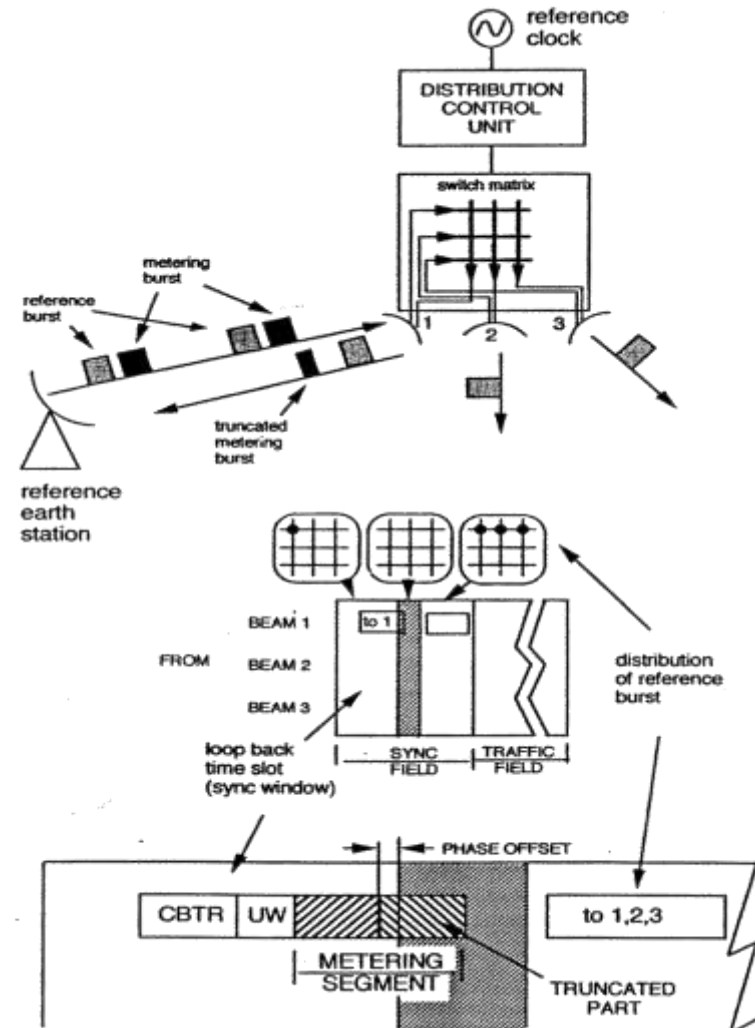
- Pada metoda ini posisi burst dari stasiun dikontrol oleh stasiun referensi
- Posisi dari satelit dan jarak antar satelit ke tiap stasiun bumi harus diketahui. Posisi satelit diketahui dari orbit control stasion (space segment) dengan menggunakan 3 stasiun bumi. Satu stasiun sebagai stasiun referensi dan dua stasiun sebagai stasiun auxiliary ranging. Penentuan posisi dapat diketahui dari waktu propagasi pengiriman Burst

Sinkronisasi Open Loop pada On board Processing SS-TDMA



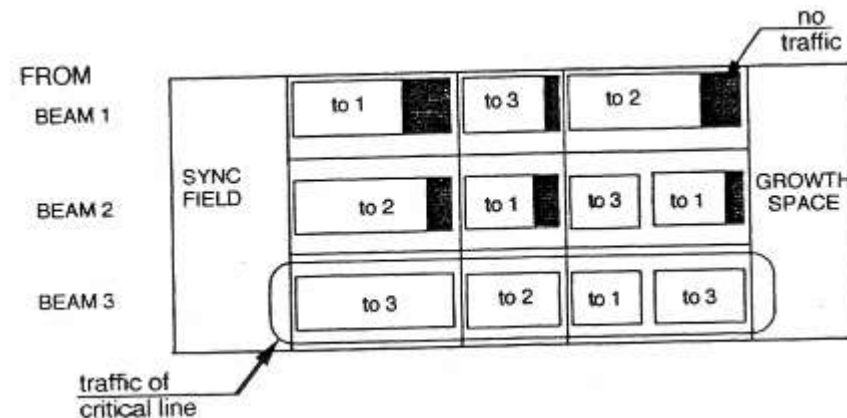
Sinkronisasi Antara Stasiun Bumi Dengan Satelit

- Terdapat clock DCU (Distribution Control Unit) sebagai clock jaringan
- Clock jaringan tersebut diidentifikasi oleh stasiun referensi. Stasiun referensi juga mengirimkan burst *metering* sebelum burst referensi
- Burst *metering* berfungsi untuk mensinkronkan stasiun bumi dengan clock DCU jaringan



Troughput Frame pada On Board Processing

- Contoh format frame SS-TDMA untuk distribusi trafik yang tidak uniform :

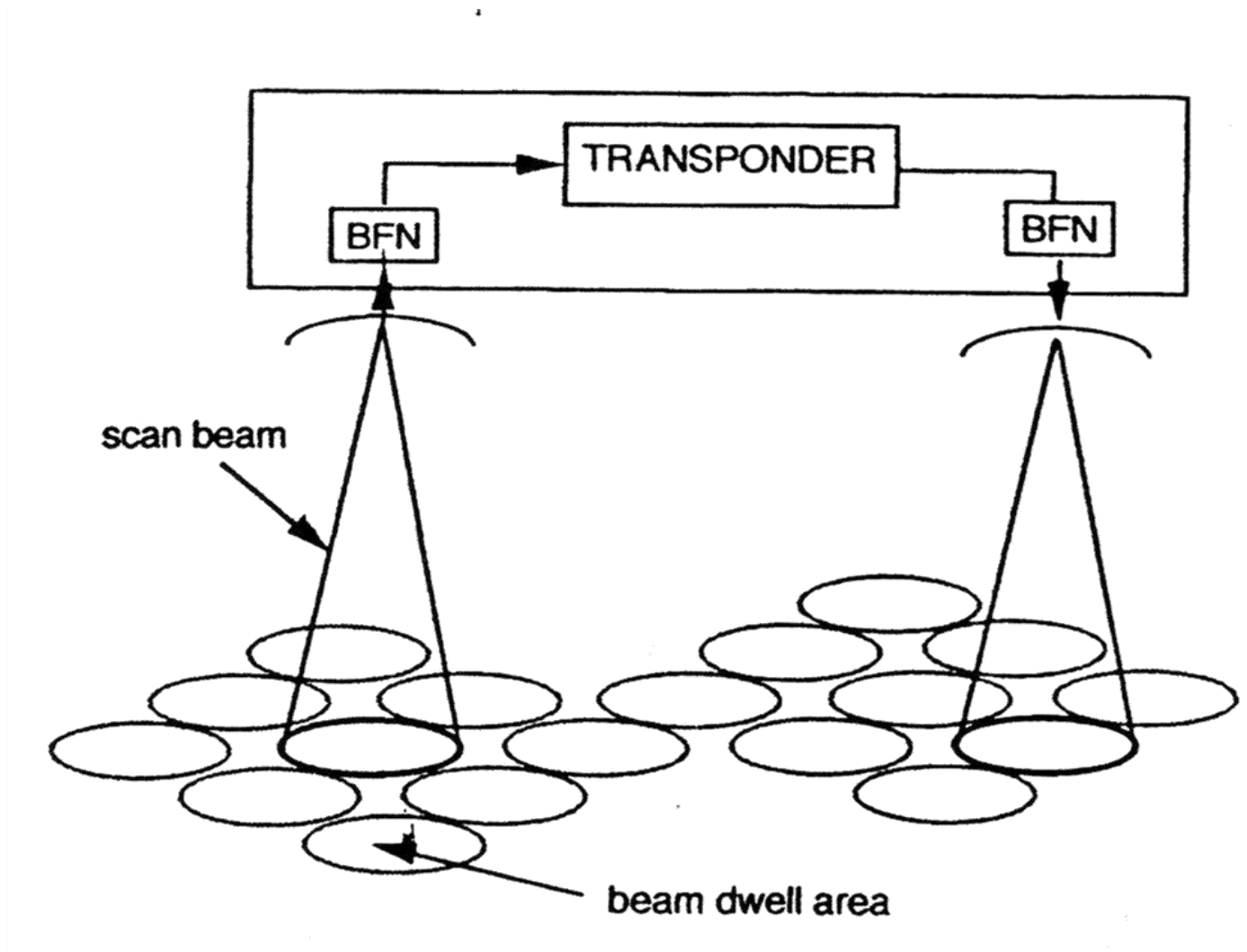


- Definisi throughput : $\eta = 1 - \sum t_i / t_F$
- $\sum t_i$ = waktu total yang tidak berisi informasi ; t_F = waktu total frame
- Dari hasil simulasi, throughput frame SS-TDMA sekitar 75-80% dan lebih kecil dibanding sistem global beam

Interkoneksi Menggunakan Beam Scanning

- Masing2 daerah coverage diiluminasi secara siklik oleh beam antenna yang orientasi beamnya dikontrol oleh *beam forming network* (jaringan beam forming)/BFN
- Beam forming network adalah bagian dari sub sistem secara on board di satelite
- Masing – masing coverage akan mengirimkan/menerima burst ketika areanya di iluminasi oleh sebuah beam
- Jika tidak tdpt perangkat on board maka diperlukan 2 beam. 1 beam utk uplink dan1 beam utk downlink. Lama waktu iluminasi bergantung pada volume trafik yang dibawa oleh 2 area

Interkoneksi Menggunakan Beam Scanning



Proses yang terjadi secara on board di satelit :

- Downlink Coding
- Baseband switching
- Rate Conversion
- Beam Scanning
- Proses FDMA/TDM

- Pada arah downlink encoder ditempatkan secara on board di satellite dan diaktivasi oleh telecommand
- Akan menghasilkan decoding gain dan laju transmisi akan bertambah (sebanding dg $1/\text{code rate}$)
- Sehingga pd arah downlink dibatasi oleh power bukan bandwidth
- Jika link dibatasi oleh bandwidth maka laju transmisi harus dimaintained sehingga laju informasi akan turun
- Akibat penggunaan encoder pd arah downlink adalah akan terdapat margin C/N_0 yang dapat digunakan untuk mengantisipasi redaman hujan

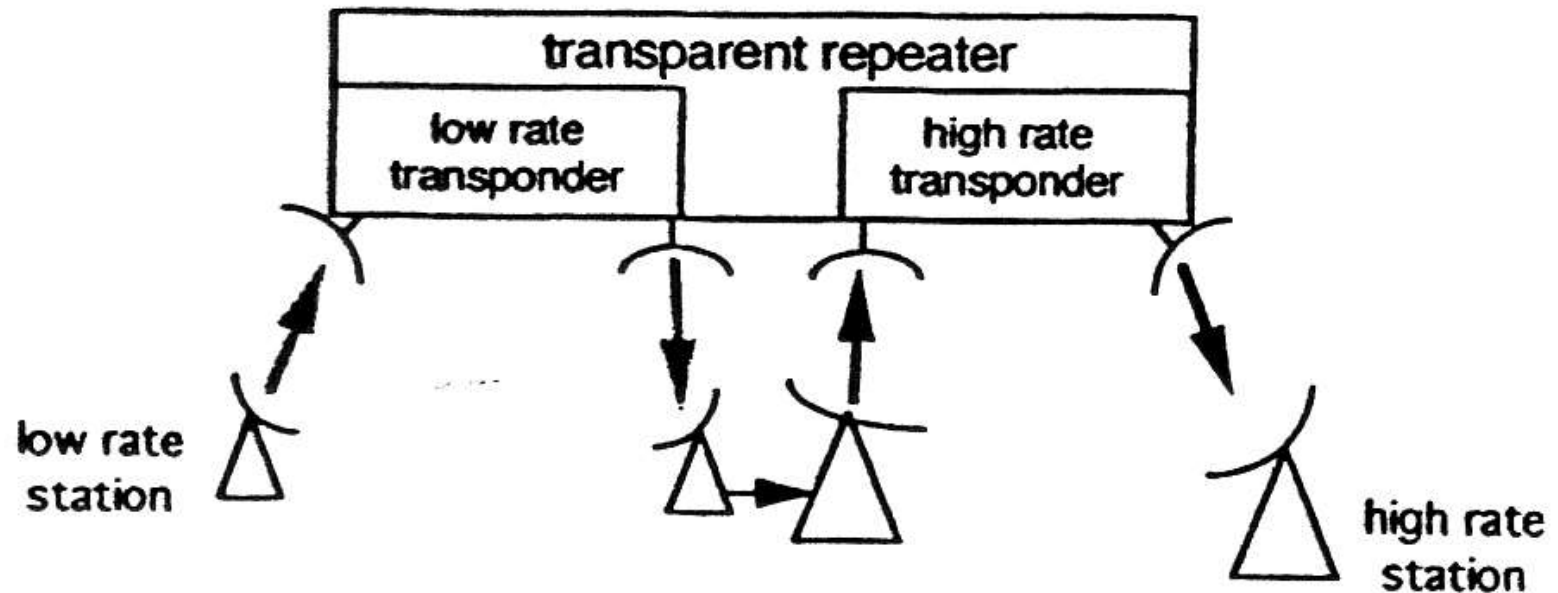
Baseband Switching

- Proses switching antara antenna kirim dan antenna terima dilakukan di level baseband setelah proses modulasi dan demodulasi
- Dilakukan pada data rate yang rendah

Rate Conversion

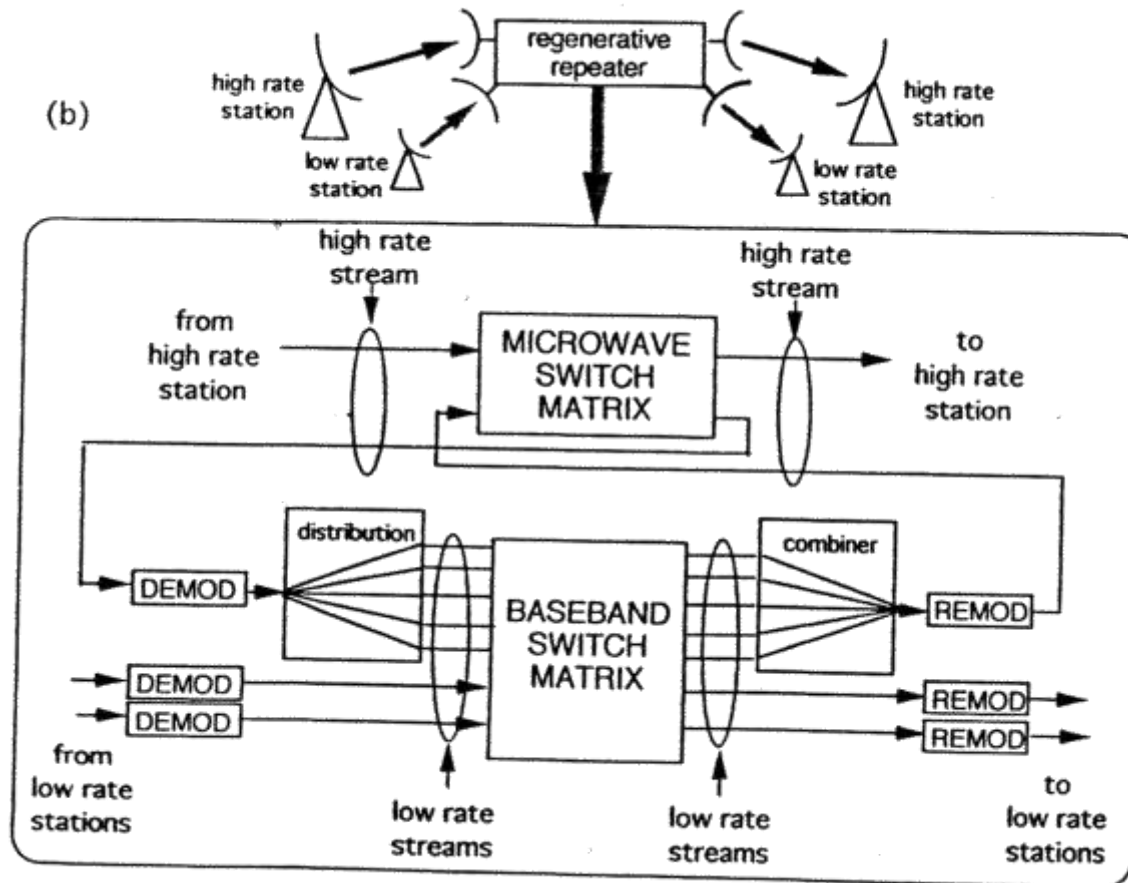
- Satelit tipe transparent repeater :

Terdapat link terestrial dan terjadi 2 hop



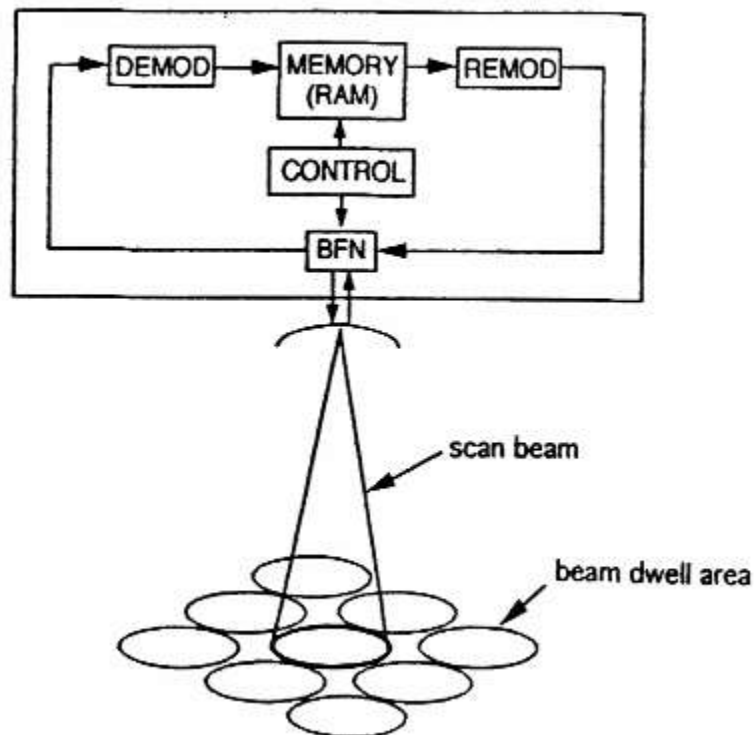
Rate Conversion

- Satelit tipe regenerative repeater :



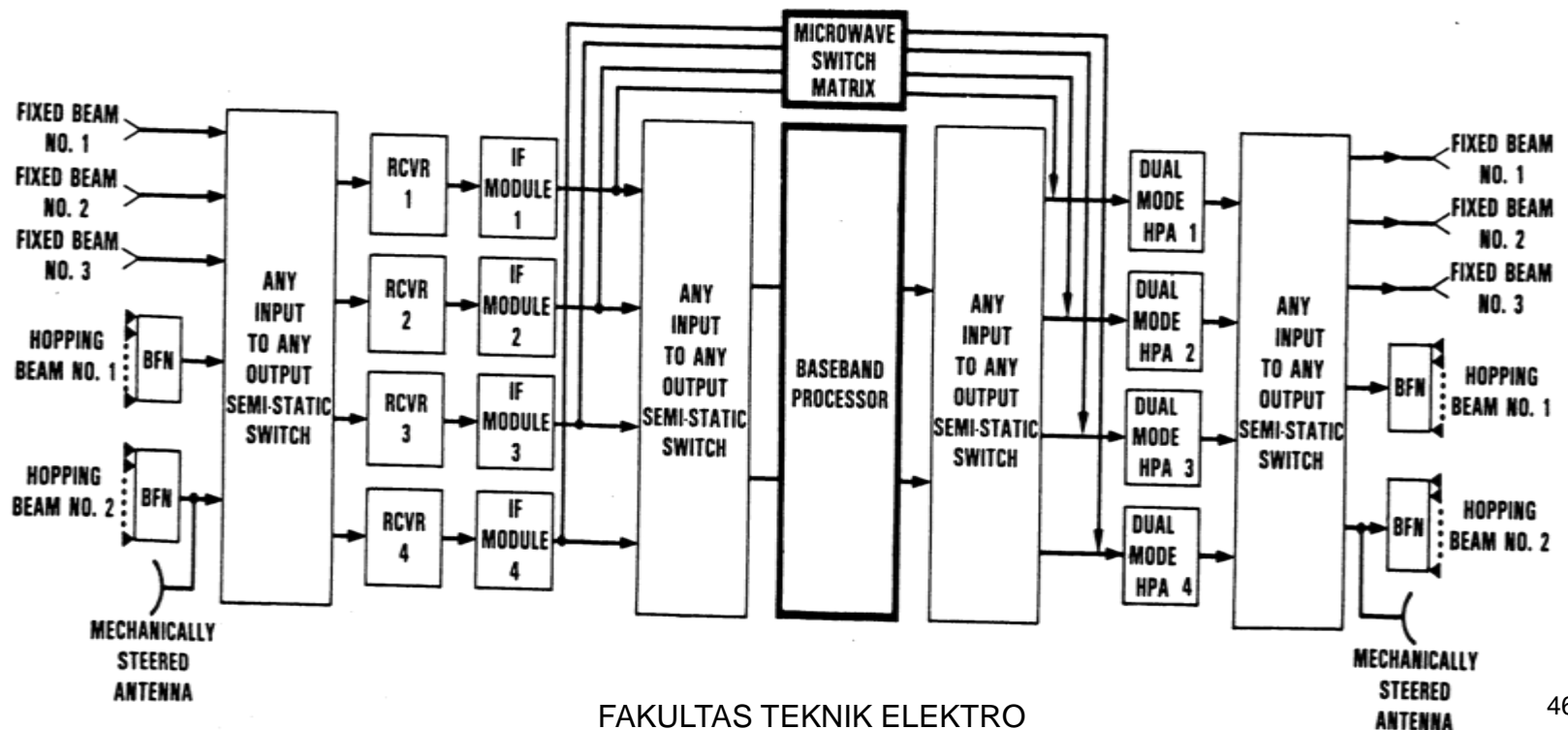
Beam Scanning Satellite

- Single beam yg dihasilkan satelit akan melakukan scan terhadap area servis secara sekuensial
- Keuntungan : Akan mengurangi Co-channel interference karena pengalokasian beam yang dinamik

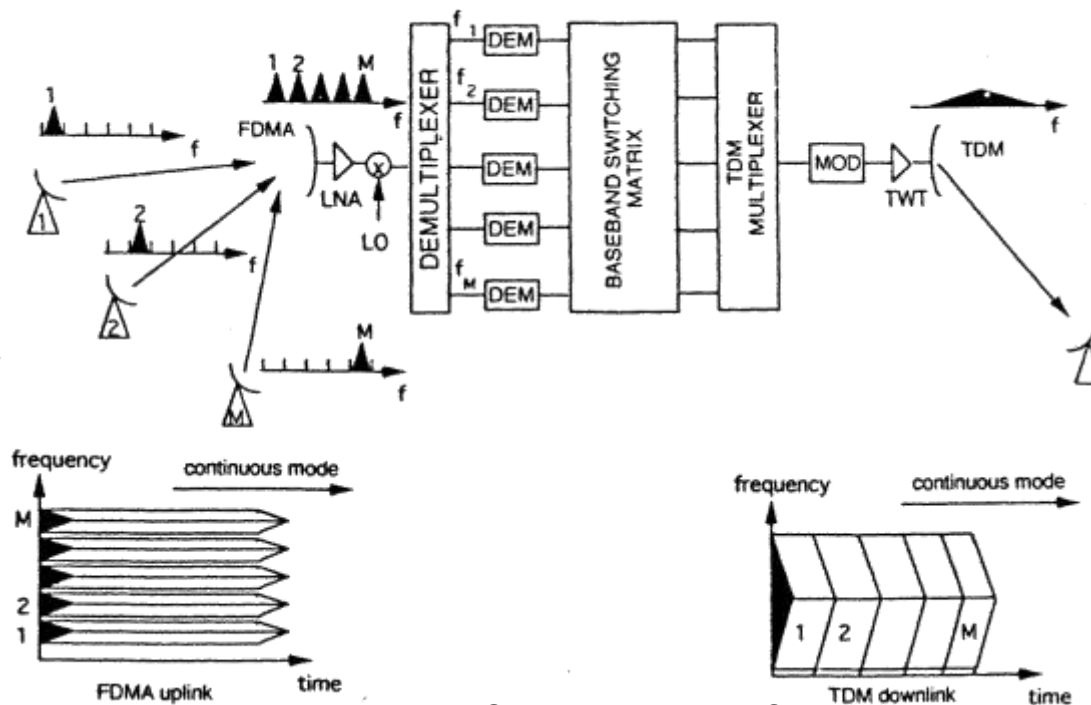


Beam Scanning Satellite

- Contoh : NASA ATCS(Advance Technology Communication Sattelite) Satellite; Menggunakan 2 beam untuk scanning (uplink dan downlink)
- Payload :



- Satelit tipe regenerative mempunyai kelebihan :
 - Dapat mereduksi EIRP stasiun dan G/T stasiun bumi
 - Dapat mengimplementasikan FDMA pd arah uplink dan TDM pd arah downlink



- Sistem multibeam dapat mereduksi dimensi stasiun bumi dan costnya
- Penerapan frekuensi reuse pada multibeam dapat meningkatkan kapasitas dan proporsional terhadap jumlah beam
- ACI dan CCI membatasi faktor reuse frekuensi
- Kompleksitas payload dan beratnya meningkat dengan makin banyaknya beam

Referensi

- Satellite Communications System ; G Maral, M Bousquet ; Wiley - 2002