

## ■5群 (通信・放送) - 7編 (衛星通信)

---

# 2章 衛星通信システム

### 【本章の構成】

本章では以下について解説する.

- 2-1 多元接続方式
- 2-2 回線設計

## ■5群-7編-2章

### 2-1 多元接続方式

(執筆者：中平勝也) [2014年10月受領]

衛星通信システムでは、単一または複数の通信衛星の中継器を用いて多数の地球局に同時に通信回線を設定する。このとき、多元接続方式が必要となる。衛星通信システムに用いられる多元接続方式は、TDMA（時分割多元接続）、FDMA（周波数分割多元接続）、CDMA（符号分割多元接続）がある。また、多元接続方式を用い、各地球局に通信回線を割当てる回線割当方式にはプリアサイン（固定割当）とデマンドアサイン（要求時割当）がある。

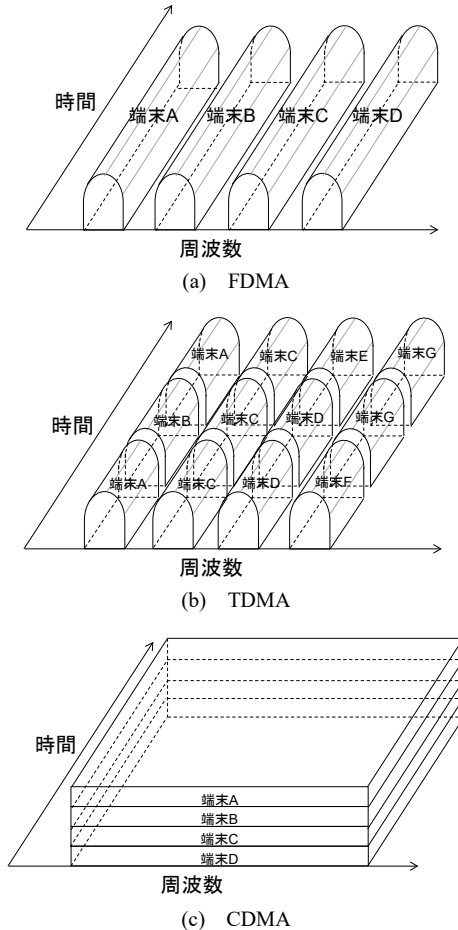


図 2・1 多元接続方式

### 2-1-1 TDMA

ある周波数帯域を時間軸方向で複数に分割し、各時分割された周波数帯域をタイムスロットと呼称して、異なる複数の端末に割り当てて通信を行う方式である。アップリンクとダウンリンクで同一の周波数帯域の使用（「端末 A→端末 B の通信」と「端末 B→端末 A の通信」が同一の周波数帯域を用いる）や、複数のタイムスロットをまとめて使用した伝送速度の向上などができる。また、基地局のように複数の無線局と通信する必要がある無線局において、対向する無線局の数だけ異なる端末が必要になる FDMA 方式と異なり、1 台の端末で済む利点がある。しかしながら、同一周波数帯域を共有する端末間でタイムスロットが重ならないように、時間同期を確立する必要がある。

### 2-1-2 FDMA

ある無線通信システムに割り当てられた周波数帯域を複数に分割し、分割された周波数帯域を各端末間の通信のアップリンクとダウンリンクに割り当てて通信を行う（「端末 A→端末 B の通信」と「端末 B→端末 A の通信」が異なる周波数帯域を用いる）方式である。各端末には、ベースバンドと割り当てられた周波数帯域との周波数変換に用いる周波数シンセサイザ、及び割り当てられた周波数帯域の信号のみ通過できる帯域通過フィルタが必要になるが、信号の帯域外成分を抑圧するため、隣接する周波数帯域への干渉を低減できる。また、分割された周波数帯域は割り当てられた端末が占有して使用するため、TDMA のように時間同期を確立する必要がない。しかしながら、対向する無線局の数だけ端末が必要になるため、基地局など複数の無線局と通信する無線局では多数の端末を設置する必要がある。

### 2-1-3 CDMA

送信側では送信する変調信号に符号系列を乗算し、元の変調信号の占有帯域と比べて広い周波数帯域に信号を拡散して伝送、受信側では送信側で使用した符号系列を用いて逆拡散を行い、拡散前の変調信号を復元、復調する通信方式である。端末毎に異なる符号系列を用いて送信することで、各端末からの送信信号を同一の周波数帯域に重畳して伝送できる特徴がある。主に第 3 世代携帯電話（W-CDMA、CDMA2000）で使用されている通信方式である。

### 2-1-4 プリアサイン

プリアサインは、各地球局のトラフィックの時間的な変化に関わらず、各地球局にあらかじめ定めた伝送速度となる通信回線を固定的に割り当てる方式である。地球局のトラフィックの変動が少ないネットワークに適した方式だと言える。

### 2-1-5 デマンドアサイン

デマンドアサインは、地球局がそのときのトラフィックに応じて、地球局が基地局に対して通信回線の割当を要求する方式であり、地球局のトラフィックの変動が大きいネットワークに適した方式だと言える。衛星通信システムでは、使用できる通信衛星の中継器の全帯域と全電力が限られているため、帯域と電力の有効利用がきわめて重要である。この有効利用の一環として、多くの衛星通信システムではデマンドアサインが採用されている。デマンドアサインでは、地球局の通信が終われば、回線は解放され、解放された回線の電力と帯域はほかの地球局

が利用することができる。このとき、通信回線に必要となる伝送速度の情報を基地局が地球局から制御回線を通じて受信し、基地局からの指示で地球局ごとに通信回線の帯域と電力を変える。このようなことで、各ユーザのトラフィックに対して、通信回線に必要な十分な帯域と電力を与え、中継器の帯域と電力の有効利用の効果を高めている。

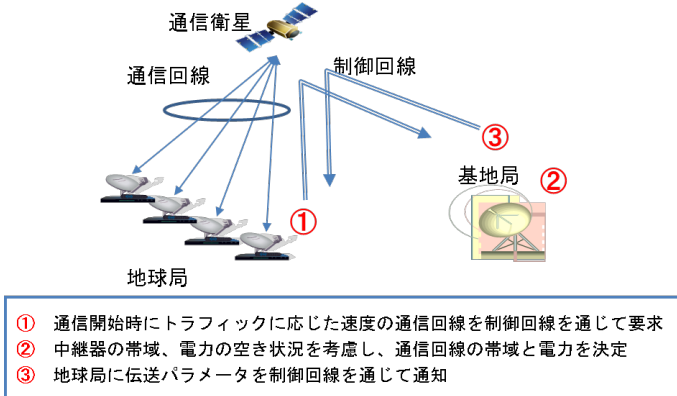


図 2・2 デマンドアサインによる通信回線の制御

## ■5 群-7 編-2 章

### 2-2 回線設計

(執筆者：高橋 卓) [2018年12月受領]

所望の通信を成立させるために必要な各種パラメータを決定するために、回線設計を行う。衛星通信における回線設計について説明する。図 2-3 のようなベントパイプ中継衛星通信システムを考える。送信局から送信された信号が衛星局で受信・周波数変換・増幅され、地球局へ向け送信される。この回線設計の各項目について紹介する。なお、ここで紹介する式は真数で表しているが、回線設計例 (表 2-1) ではデシベル表示である。

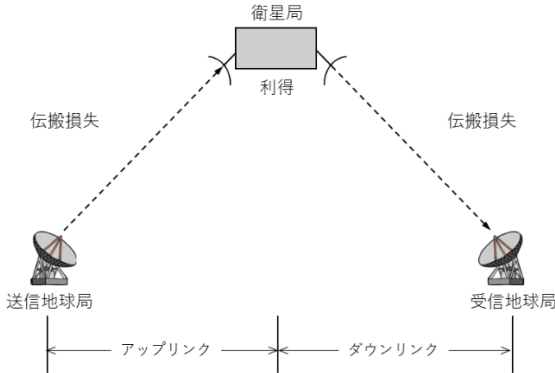


図 2-3 衛星回線の構成

表 2-1 回線設計例

アップリンク				ダウンリンク			
アップリンク周波数	[GHz]	28.1		ダウンリンク周波数	[GHz]	18.9	
				中継器利得	[dB]	130.0	
送信機出力	[dBW]	10.0	10W	送信機出力	[dBW]	5.8	2.6W
給電損失	[dB]	2.1		給電損失	[dB]	5.8	
送信アンテナ利得	[dBi]	60.1		送信アンテナ利得	[dBi]	3.2	
追尾損失	[dB]	0.5		追尾損失	[dB]	27.0	
EIRP	[dBW]	67.5		EIRP	[dBW]	29.6	
自由空間損失	[dB]	212.8	37186km	自由空間損失	[dB]	209.1	37186km
大気吸収損失	[dB]	1.5		大気吸収損失	[dB]	0.2	
降雨損失	[dB]	5.3		降雨損失	[dB]	2.1	
受信アンテナ利得	[dBi]	30.0		受信アンテナ利得	[dBi]	56.3	
追尾損失	[dB]			追尾損失	[dB]	0.5	

給電損失	[dB]	2.1	給電損失	[dB]	0.9
受信電力	[dBW]	-124.2	受信電力	[dBW]	-125.0
G/T	[dB/K]	8.0	G/T	[dB/K]	30.7
[C/No] <sub>up</sub>	[dBHz]	84.5	[C/No] <sub>dn</sub>	[dBHz]	77.5
[C/No] <sub>total</sub>	[dBHz]	76.7			
[C/No] <sub>req</sub>	[dBHz]	71.0			
回線マージン	[dB]	5.7			

### 2-2-1 アンテナ利得

衛星通信でよく使用されるパラボラアンテナでは円形の開口面アンテナの特性で近似され、アンテナ利得は以下のように表わされる。

$$G = \eta \left( \frac{\pi D}{\lambda} \right)^2 \quad (2 \cdot 1)$$

ただし、D はアンテナ直径、 $\lambda$  は波長、 $\eta$  は開口能率で通常 0.5~0.7 である。

### 2-2-2 等価等方輻射電力 (EIRP : Equivalent Isotropically Radiated Power)

送信局では送信機からの出力が給電部を通り、アンテナへ供給され、衛星局へ向け放射される。送信局の送信能力を表す指標として、アンテナへ供給される電力  $P_t$  とアンテナ利得  $G_t$  の積で表される等価等方輻射電力 (EIRP : Equivalent Isotropically Radiated Power) を使用する。

$$\text{EIRP} = \frac{P_t G_t}{L_{\text{feed}}} \quad (2 \cdot 2)$$

ただし、 $L_{\text{feed}}$  は給電部の損失である。

### 2-2-3 伝搬損失

送信局から送信された信号は空間中を伝搬する間に減衰する。この減衰の主なものとして自由空間損失、大気吸収損失、降雨減衰がある。

#### (1) 自由空間損失

自由空間損失  $L_{\text{bf}}$  は以下の式で表される。

$$L_{\text{bf}} = \frac{(4 \pi d)^2}{\lambda^2} \quad (2 \cdot 3)$$

ただし、d は送信局と受信局との距離、 $\lambda$  は波長である。

#### (2) 大気吸収損失

大気中を信号が伝搬する際、大気中の酸素や水蒸気による共鳴吸収により信号が減衰する。大気吸収は降雨減衰と比較すると小さい。

#### (3) 降雨減衰

周波数が 10 GHz を超えるような信号を使用する衛星通信では降雨による減衰が大きくなり、回線設計を行う上で無視できない影響を与えることになる。

ITU では衛星通信システムの回線設計用の降雨減衰累積分布推定法を勧告している。

[ITU-R Recommendation P.618]

### 3-2-4 G/T (gain to noise temperature ratio)

受信アンテナの感度を表す指標として G/T を使用する。アンテナの受信利得と受信系の総合雑音温度の比である。

アンテナ利得は式(2・1)で与えられ、また総合雑音温度は下記の式で与えられる。

$$T = \frac{T_a}{L} + \left(1 - \frac{1}{L}\right) T_0 + T_{LNA} \quad (2 \cdot 4)$$

ここで  $T_a$  はアンテナ雑音温度、 $L$  は伝送損失、 $T_0$  は周囲温度、 $T_{LNA}$  は低雑音増幅器の雑音温度である。

### 3-2-5 C/No の算出

回線の品質を評価する際、受信局での搬送波電力対雑音電力密度比 C/No を使用する。

送信局から送出された信号が伝搬損失を受け、受信局アンテナに入力し、LNA で増幅され、あとの C/No は下記のように表される。

$$(C/N_0) = \frac{(EIRP)(G_r)}{(L_p)(L_{feed})(N_0)} \quad (2 \cdot 5)$$

ここで、 $L_p$  は伝搬損失、 $G_r$  は受信アンテナ利得、 $L_{feed}$  は受信アンテナの給電損失、 $N_0$  は受信器雑音電力密度である。

### 3-2-6 総合 C/No

上り回線 C/No と下り回線 C/No を算出し、それらを使用して衛星通信回線の総合 C/No を下記の式から求められる。

$$\frac{1}{(C/N_0)_{total}} = \frac{1}{(C/N_0)_{up}} + \frac{1}{(C/N_0)_{dn}} \quad (2 \cdot 6)$$

### 3-2-7 回線マージン

使用する通信方式でのビット誤り率、伝送速度等を考慮して所望の C/No を求める。回線計算で求めた総合 C/No と所望 C/No の差が回線マージンとなる。