

OUTROS TRABALHOS EM:
www.projetoderedes.com.br



THADEU JOSÉ HÄRING BONANATO

SISTEMAS DE SATÉLITES

LONDRINA

2004

THADEU JOSÉ HÄRING BONANATO

SISTEMAS DE SATÉLITES

Esta monografia apresentada ao curso de Pós-graduação em Especialização em Redes de Computadores em Comunicações de Dados da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Especialista.

Orientador: Prof.: Fábio Cezar Martins, MsC

LONDRINA

2004

OUTROS TRABALHOS EM:
www.projetoderedes.com.br

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho à minha família, especialmente meus pais, que compreenderam e apoiaram na minha ausência, para a elaboração de meu trabalho, dando força para alcançar esse sucesso, que é a concretização de um desejo: concluir o curso de especialização.

Também aos professores, coordenadoras e todos que direta ou indiretamente colaboraram com esta pesquisa que contribuíram com seus depoimentos e pela disponibilidade que a mim dispensaram.

A Fernanda pela digitação.

AGRADECIMENTOS

Gostaria de salientar que nada fora em vão e reforça-se que temos ciência de que, de uma forma geral, tudo contribuiu para solidificar minha formação e crescimento. E por isso agradeço.

- **A Deus**

A Deus porque tudo está em Suas mãos e pela Sua infinita misericórdia que permitiu chegar até aqui. E confiante Nele tenho a certeza de um caminhar seguro e vitorioso, pois Ele prometeu nunca abandonar aqueles que o teme.

- **Aos Pais**

Vocês que não mediram esforços sacrificando até mesmo vosso ser, investindo tudo para que meu ideal fosse atingido. Pela paciência que tiveram nos dias que os deixamos.

- **Ao meu irmão**

Por estar sempre ao meu lado nas dificuldades para que eu pudesse estudar e também pelo incentivo sempre dado.

- **A meus amigos**

Aos amigos, companheiros, cúmplices que junto caminhamos, amparando e vencemos. A você, amigo, devemos a conquista que só fora possível pelo seu existir. Sei que nossos caminhos tendem a divergir, mas a certeza de que podemos contar, uns com os outros, nos impulsiona a continuar desafiando, lutando, vencendo e crescendo.

- **A nossos mestres**

Aos mestres, que com esmero e competência souberam cinzelar o meu ser.

“As mãos e os dedos são para nós instrumentos de trabalho. Mas o pensamento também o é. E se os dedos não fazem sempre um trabalho de precisão, o mesmo acontece com nosso cérebro”.

Georges Politzer

RESUMO

Comunicações via satélite possuem características bastante peculiares, entre elas são a alta capacidade e possibilidade de atender um elevado número de usuários a baixo custo. A viabilidade econômica desses projetos se concentra no atendimento de massa global, a custos reduzidos, competitivos, sem fronteiras e, principalmente, complementando os serviços já existentes. Nesta linha, cobrem regiões não atendidas por sistemas terrestres, pela baixa densidade populacional, pela baixa renda, ou por dificuldades geográficas, caracterizando os seus maiores segmentos de comunicação sem fio fixo, de extensão celular e de internacionalização dos serviços celulares. Este trabalho apresenta as principais características deste sistema de comunicações no âmbito global e brasileiro.

ABSTRAT

The means of communication is more and more advanced, so, it can attend a higher number of people to come near with better practice and quickness. It can count also with a perfection at the end of its execution with draw this machines that everybody talks about and want to acquire, because of the viability that it can do and being unlimited the options that offers. The computers are very important on educational systems too, because it is the innovation of the century, concentrating the work with people, providing a deeper practice and perfection on learning for teachers and pupils.

SUMÁRIO

Introdução.....	13
I - O QUE É VSAT(VERY SMALL APERTURE TERMINAL).....	16
1.1 – Configurações de uma rede VSAT	17
1.1.1- Rede em Estrela	17
1.1.2- Rede em Malha	17
2- Aplicação destas configurações	20
3- Necessidade dos Satélites Geoestacionários.....	21
3.1- Transportador do Satélite	22
4- Instalação de redes VSAT	22
4.1- Apontamento da Antena	23
4.2- Estações Terrenas de Redes	24
4.2.1- A unidade externa.....	26
4.2.2- A unidade interior.....	27
5- Aplicação das redes VSAT	28
5.1- Aplicação civis	28
5.2- Tipos de Tráfego.....	30
5.3- Exemplo de uma vídeo-Conferência.....	31
6- Satélites de Comunicações no Brasil	32
6.1- Satélite geoestacionário	32
6.2- Empresas Detentoras de Direitos de Exploração de Satélites Estrangeiros.....	33
6.3- Banda	35
6.4- Satélites Não-Geoestacionários	36
6.4.1- Empresas detentoras de direito de exploração de satélite estrangeiro.....	36
II - ESTAÇÃO HUB.....	37
2.1- Network Managenont System.....	38
2.2- Possíveis opções do HUB	39
III – PLANO DE FREQUÊNCIA	41
3.1- Faixas de frequência	41
3.2- Cobertura.....	42
3.3- Escolha da faixa de frequência a usar.....	42
3.4- Plano de frequência.....	43
IV – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UMA REDE VSAT	45
4.1- Vantagens	45
4.2- Desvantagens.....	47
4.3- Vantagens dos sistemas VSAT	48
4.4- Outras vantagens	51
4.5- Pressuposto de uma rede VSAT	52
4.6- Pressuposto de uma rede VSAT com 30 terminais	53

V – Tipos de Órbitas.....	55
5.1- Leo.....	56
5.2- Meo.....	59
5.3- Geo.....	60
VI – OS SATÉLITES DE COMUNICAÇÃO.....	63
6.1- Fatores críticos para transmissão.....	64
6.2-Métodos de acesso.....	68
6.2.1- Alaha	68
6.2.2- FDMA	70
6.2.3- TDMA	72
6.2.4- CDMA	74
6.2.5- SCPC.....	75
6.2.6- DAMA	75
VII – ANTENAS	76
7.1- Transponders.....	78
7.2- Transponders Transparentes	79
7.3- Transponders Regenerativos	82
7.4- On Boardig Processor	83
7.5- On Boardig Switch.....	84
VIII – SERVIÇOS.....	87
8.1- Fixed Satélite Services(FSS).....	87
8.2- Direct Broadcast Satellete Service (DBS).....	95
8.3- Mobile Satellite Service (MSS)	97
IX - SATÉLITE E CONSTELAÇÕES DE SATÉLITES.....	99
9.1- Satélite no Brasil.....	101
9.2- VSAT no Brasil	105
X – SEGMENTO ESPACIAL	106
10.1- Obtenção de Licença.....	106
10.2- Equipamento para VSAT e HUB.....	110
XI – REQUISITOS DE UMA REDE VSAT	115
11.1- Estrutura física e de Protocolo de uma rede VSAT	116
11.2- Diferenças entre ligações via Satélite e Terrestres.....	117
11.3- Conclusões sobre protocolo	117
11.4- Descrição dos métodos de acesso básico.....	118
11.5- Acesso ao meio em redes com configuração em malha	119
CONCLUSÃO.....	120
BIBLIOGRAFIA.....	140
ANEXO	141

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Tipos de Tráficos	30
Tabela 2 – Empresa detentoras de direito de exploração de Satélite Brasileiro.....	33
Tabela 3 – Empresa detentora de direito de exploração de Satélite Estrangeiro	35
Tabela 4 – Bandas e frequência.....	36
Tabela 5 – Satélite Não-Geoestacionário	36
Tabela 6 - Escolha de frequência: vantagens e desvantagens	43
Tabela 7 – Plano de frequência.....	44
Tabela 8 – Custo da rede VSAT unidirecional.....	50
Tabela 9 – Pressuposto de uma rede VSAT com 30 terminais	54
Tabela 10 – Bandas de comunicação utilizadas em satélite	64
Tabela 11 – Ganhos em antenas parabólicas dBi com $n=0,6$	77
Tabela 12 – Resposta de frequência de um filtro passa faixa	80
Tabela 13 – Esquema de filtragem em conversor	81
Tabela 14 – Capacidade de satélite que operam no Brasil	104
Tabela 15 – Referência ao ruído térmico	114
Tabela 16 – Comparação VSATs	119

LISTA DE FIGURA

Figura 1 – Rede em Estrela.....	18
Figura 2 – Rede em Malha	19
Figura 3 – Satélite Geoestracionário	21
Figura 4 – Diagrama de blocos de uma estação terrena.....	24
Figura 5 – Unidade externa	25
Figura 6 – Unidade interior	27
Figura 7 – Vídeo-Conferência.....	31
Figura 8 – Plano de freqüência.....	41
Figura 9 – Tipo de Órbita dos Satélites	56
Figura 10 – Cobertura proporcionada por satélites Geoestacionário	62
Figura 11 – Área de cobertura do Brasilsat	66
Figura 12 – Esquema do S-ALHOA.....	70
Figura 13 – Exemplo de TDMA em link de subida.....	72
Figura 14 – Exemplo de TDMA em link de descida.....	73
Figura 15 – Tipos de antenas	76
Figura 16 – Exemplo de antenas.....	78
Figura 17 – Alocação de freqüência em transponders de 36MHZ.....	79
Figura 18 – Diagrama de transponders transparentes	80
Figura 19 – Diagrama de um repetidor regenerativo	82
Figura 20 – Arquitetura funcional de OBP	86
Figura 21 – Componentes do sistema VSAT.....	90
Figura 22 – Exemplo de constelação	101
Figura 23 – Equipamento para VSAT e HUB	110
Figura 24 – Satélite e portadores	112
Figura 25 – Estrutura de uma rede VSAT	116

INTRODUÇÃO

Em outubro de 1945, Arthur C. Clarke, escreveu um artigo propondo a utilização dos foguetes V-2 para colocar em órbita um dispositivo que retransmitiria sinais de rádio enviados pela Terra, conseguindo uma cobertura fantástica. Este dispositivo funcionaria com energia solar e estaria localizado a 35.860 km da superfície terrestre, de onde se movimentaria de forma síncrona com a Terra.

Lançada a idéia tanto os EUA como a URSS realizaram vários experimentos que culminaram com o lançamento do primeiro satélite em 1957, o Sputnik 1, transmitindo, informações de telemetria nas faixas de 20 e 40 MHz e posteriormente em 1958 o Explorer I, cujas informações descobriram o cinturão de radiação de Van Allen.

O cinturão de Van Allen é constituído por prótons e elétrons que permanecem em órbita a 3.000 km da superfície da Terra. Existe uma segunda camada situada entre 10.000 e 20.000 km que é constituída principalmente por elétrons.

Atualmente os satélites são aplicados em diversas áreas como telecomunicações (telefonia, TV, dados, radiodifusão), navegação, previsão do tempo, sensoriamento remoto (obtenção de imagens.) e posicionamento (GPS).

Segundo consta na literatura, cerca de 75% dos satélites lançados a partir de 1957, tem finalidades militares. Desenvolvidos com os objetivos de telecomunicação, observação, alerta, ajuda navegação e reconhecimento, os satélites

militares, em função do objetivo a que foram concebidos, giram em diferentes altitudes e, por consequência órbita. Atualmente os EUA possuem tecnologia de altíssima resolução espacial, como o Big Bird, que podem identificar objetos de poucos centímetros de comprimento. Também no segmento bélico destaca-se o Key Hole, que espionam alvos e transmitem, com uma varredura igual a da televisão, em tempo real. Mais uma prova de que o segmento bélico é pioneiro na descoberta de novas tecnologias é o GPS (*Global Positioning System*). Utilizado em sistemas de navegação, a constelação de 16 satélites americanos fornece aos portadores de terminais a localização acurada de onde se encontram.

Os satélites científicos englobam os meteorológicos, os de exploração do universo e os de coletas de dados da Terra. Os meteorológicos visam a óbvia tarefa de identificação do clima, possibilitando a prevenção de mortes por desastres naturais como furacões ou chuvas de granizo. Já os de exploração do universo, tem seu alvo voltado justamente para a exploração do espaço a fim de obter mais conhecimento da Terra, do sistema solar e do universo como um todo para que, quiçá, um dia tenhamos a condição de entender um pouco mais o nosso passado e o futuro que virá.

Por fim, os satélites de comunicação que são utilizados na transmissão mundial de informações digitais, especificamente para o mundo civil. Os satélites de comunicação podem ter acessos múltiplos, isto é, servir simultaneamente a diversas estações terrestres de localidades ou mesmo de países diferentes. Como será visto a seguir sua utilização não é restrita a nenhuma órbita ou banda e é o foco deste trabalho.

Comunicações via satélites possuem características bastante peculiares, entre elas são a alta capacidade e possibilidade de atender um elevado número de usuários a baixo custo. A viabilidade econômica desses projetos se concentra no atendimento de massa global, a custos reduzidos, competitivos, sem fronteiras e, principalmente, complementando os serviços já existentes. Nesta linha, cobrem regiões não atendidas por sistemas terrestres, pela baixa densidade populacional, pela baixa renda, ou por dificuldades geográficas, caracterizando os seus maiores segmentos de comunicações sem fio fixo, de extensão celular e de internacionalização dos serviços celulares. Este trabalho apresenta as principais características deste sistema de comunicações no âmbito global e brasileiro.

I- O QUE É VSAT(VERY SMALL APERTURE TERMINAL)

As redes VSAT são redes privadas de comunicação de dados via satélites para intercâmbio de informação *ponto a ponto* ou *ponto-multiponto* ou *interativa*.

- ❖ Redes privadas desenhadas a medida das necessidades das companhias que as usam.
- ❖ O aproveitamento das vantagens do satélite pelo usuário de serviços de comunicação a um baixo custo e fácil instalação.
- ❖ As antenas montadas nos terminais necessários são de pequeno tamanho (menores de 2,4 metros, tipicamente 1,3 m).
- ❖ As velocidades disponíveis podem ser da ordem de 56 a 64 Kbps.
- ❖ Permite a transferência de dados, voz e vídeo.
- ❖ A rede pode ter grande densidade (1.000 estações VSAT) e está controlada por uma estação central chamada **HUB** que organiza o tráfego entre terminais, e propõe o acesso na capacidade do satélite.
- ❖ Ligações assimétricas.

Devido a isto, começa a competir diretamente com redes como a Rede Pública de Transmissão de pacotes X.25, ou a Rede Digital de Serviços Integrados.

Vale destacar sua rápida e extensa implantação na Europa, Ásia e USA, em que está facilitando uma proximidade sem precedentes das vantagens do satélite ao usuário de serviços de telecomunicação.

1.1- Configurações de uma rede VSAT

As configurações típicas para uma rede VSAT são:

- ✓ Estrela com Comunicação:
 - Bidirecional
 - Unidirecional
- ✓ Malha

1.1.1- Rede em Estrela

O uso de *Satélite Geoestacionários* impõe as seguintes limitações:

- ✓ Atenuações da ordem de 200 Kb em um salto de satélite;
- ✓ Potência de emissão do Satélite limitada a alguns watts.

Por outro lado, os terminais montam antenas de dimensões reduzidas e receptores com uma sensibilidade limitada.

No entanto, as ligações diretas entre VSAT' S não cumprem os mínimos requisitos de qualidade que necessita uma estação terrena que atue como retransmissor. O que temos são configurações tipo **ESTRELA**.

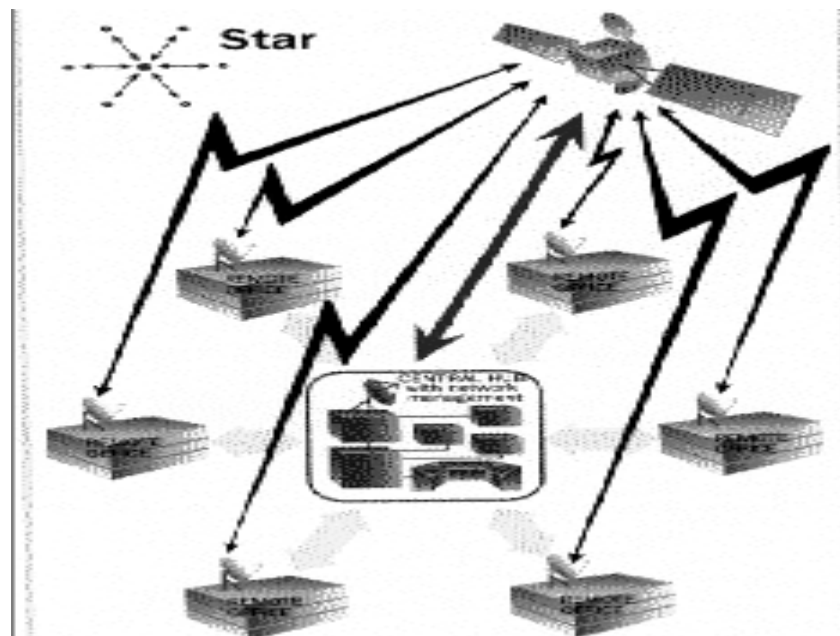


Figura 1 - Rede em Estrela

Lembremos que os termos *Inbound* e *Outbound* são aplicativos em redes estrelas.

- ✓ *Inbound*: transfere informações em VSAT a um HUB,
- ✓ *Outbound*: transfere informações desde um HUB a um VSAT.

Falamos em redes estrelas bidirecionais quando as aplicações requerem que se comuniquem os VSAT'S com o HUB e vice versa (existem tanto *inbounds* como *outbounds*). Ao contrário, as redes estrela unidirecionais só mantêm comunicação de HUB para VSAT'S (há somente Outbounds).

1.1.2- Rede em Malha

Quando é possível estabelecer uma ligação direta entre dois VSAT'S (quando aumenta o tamanho da antenas ou a sensibilidade dos receptores) falamos das redes VSAT em Malha.

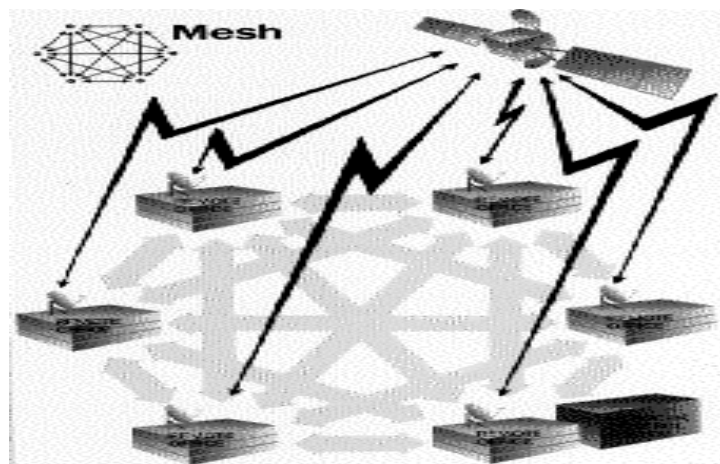


Figura 2 - Rede em Malha

Naturalmente com uma rede estrela bidirecional, pode-se implantar uma rede em malha, porém com problemas de atraso. (5s de devido ao inevitável salto duplo, enquanto que uma rede em malha pura seria só de 25 s).

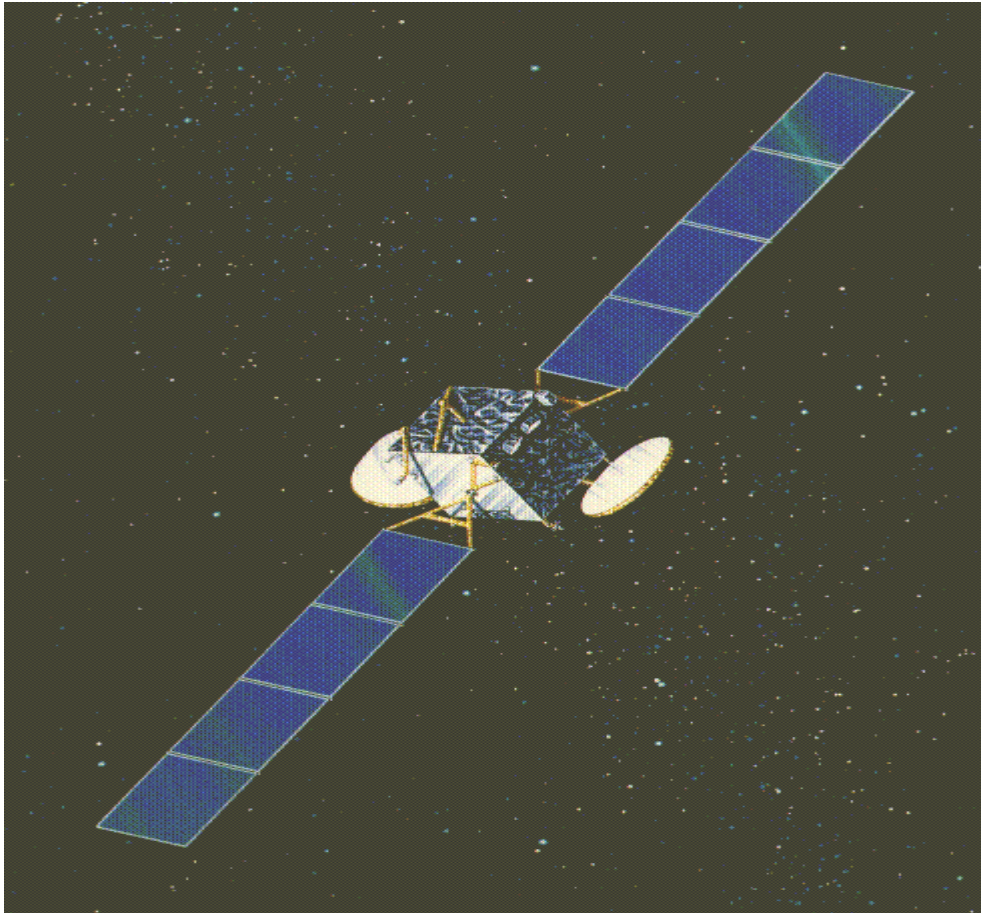
2- Aplicação destas configurações

Atualmente existem todas estas configurações. A mais usada é a rede em *Estrela bidirecional*. A configuração em malha não é muito usada devido a necessidade de melhores VSAT'S porque perde-se a principal vantagem das redes VSAT, Existem redes VSAT em malha usando faixa K, mas a nível de investigação (esta faixa permite ao ser de uma frequência maior, obter maior potência recebida a tamanhos iguais de antena).

✓ Eleição de uma configuração

A eleição de um tipo ou de outro de configuração, depende do tipo de aplicação que se venha a dar.

3- Necessidade dos Satélites Geoestacionários



Fonte: Communication a Julio de 1994 Magazine satellite

Figura 3 - Satélite Geoestacionário

Um satélite geoestacionário em uma órbita circular em um plano equatorial a uma altura de 35786 Km de período igual ao de rotação da terra desde que a terra se vá sempre na mesma posição.

No entanto, o uso de satélites geoestacionário é crucial para que o custo dos equipamentos VSAT sejam baixos. Aos serem geoestacionários não é

preciso que os equipamentos terrestres levem um sistema de seguimento. Durante a instalação do equipamento se realiza um *apontamento da antena*

3.1- Transportador do Satélite

O provedor do serviço fixo do satélite que se usa para implementar redes VSAT proporciona um certo número de canais dentro de um transportado. Um transportador pode chegar a manejar de 10 a 15 redes de tamanho típico de 500 VSAT'S. A preferência da faixa dedicado a rede VSAT depende de:

- ✓ As taxas de Bps que se deseje (tipicamente para o Inbound 128 ou 64 Kbps e para o Outbound: 128 ou 512 Kbps).

A eleição depende muito do tamanho da antena do VSAT.

- ✓ Do tipo de vencimento do canal (TDMA, FDMA, DA-TDMA, ...)

Convém destacar que é possível assimilar as faixas diferentes de Outbound e Inbounds ocorrendo ligações assimétricas.

4- Instalação de redes VSAT

❖ HUB

É estação central de uma rede VSAT. É relativamente grande e relativamente cara de instalar. Demora entre 1 e 4 semanas para instalar,

❖ VSAT

O maior problema é sua instalação que envolve potencialmente uma grande quantidade de ligação em todos os aspectos de sua instalação: localização, usuários, servidores de canais, condições de localização.

Uma antena para um terminal VSAT pode ser montada em um telhado, em um muro, ou no solo, se instalar no solo, se deve proteger com valas para prevenir danos ou roubos de pessoas e animais. De todas as formas, as valas não são de grande proteção contra vandalismo.

4.1 – Apontamento da Antena

Uma vez instalado o equipamento, a antena deve apontar para o satélite. As fórmulas para o cálculo dos ângulos de azimuth e elevação podem-se utilizar como primeira aproximação.

O azimuth é instalado desde o norte geográfico enquanto que a norte magnético é feito por uma bússola colocada neste lugar.

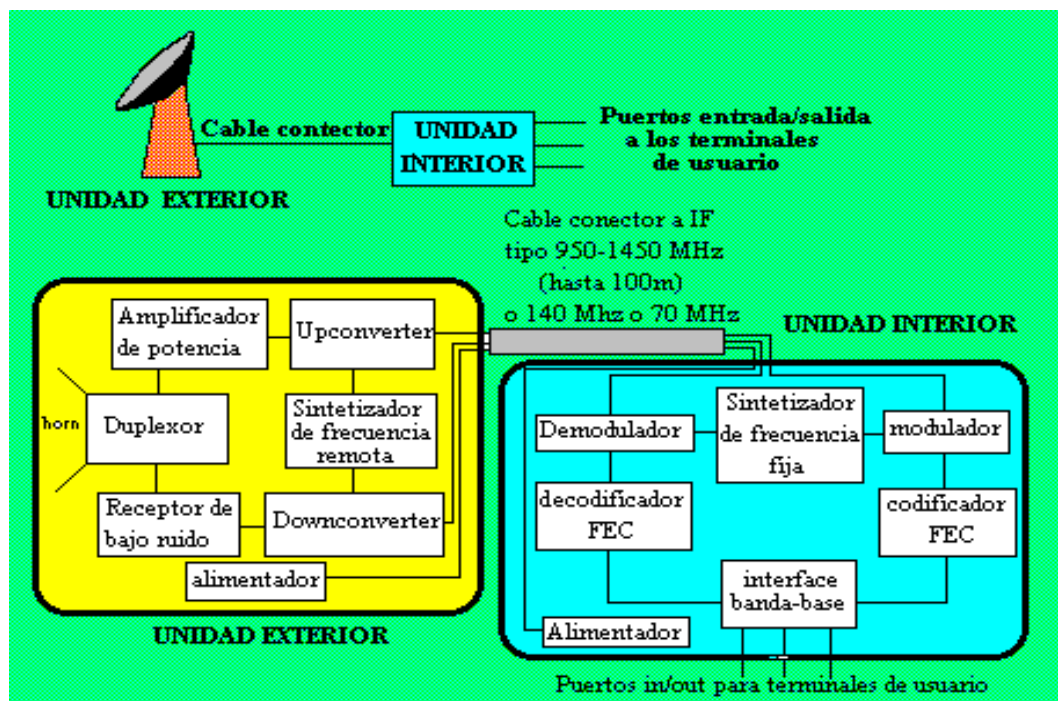
A diferença é a declinação magnética cujo valor depende da localização e do ano.

O ângulo de elevação deve ser medido o horizonte, que é definido por um plano horizontal local, e é facilmente determinado por uma (spirit level). Uma

vez que se for realizado a primeira aproximação, necessita colocar o apontamento para aumentar a potência recebida desde o satélite. Em alguns HUBs pode-se incluir antenas de seguimento. Este equipamento pode ser até ativado e a orientação da antena se manterá na direção do satélite qualquer que seja seu movimento dentro da janela de procura de estação, com a precisão dada pelo equipamento.

4.2 – Estações Terrenas de Redes

Diagrama de blocos de uma estação terrena:



Fonte: Communication a Julio de 1994 Magazine Satellite

Figura 4 - Diagrama de blocos de uma estação terrena

Uma estação VSAT está formada por 2 elementos:

- ✓ Unidade exterior (Outdoor Unit) que liga o satélite com o VSAT;
- ✓ Unidade interior (Indoor Unit) que liga o VSAT com o terminal do usuário ou LAN.

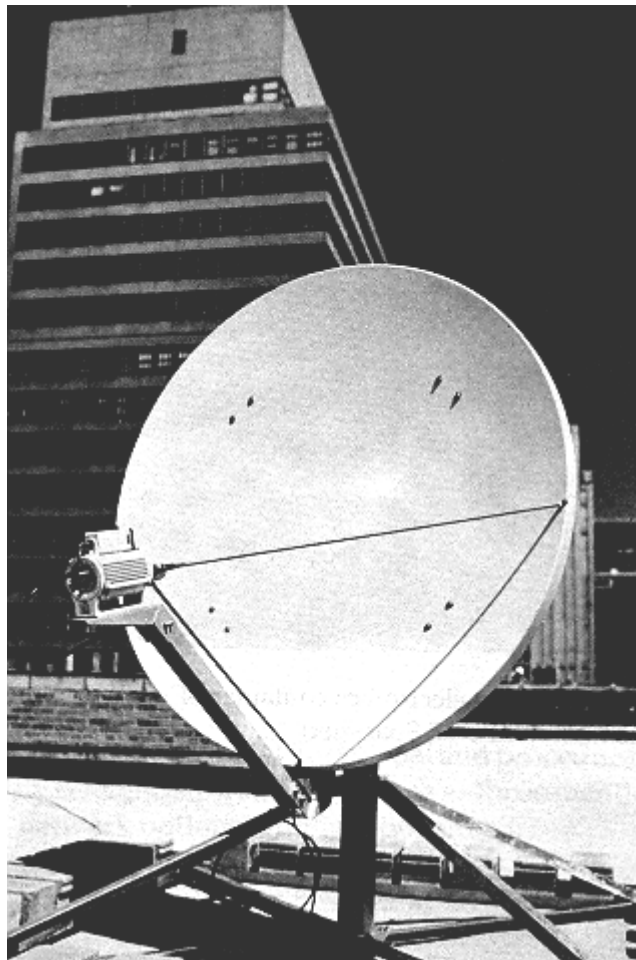


Figura 5 – Unidade externa

4.2.1 – Unidade externa

Basicamente se compõe dos seguintes elementos:

- ✓ Sistemas eletrônicos
- ✓ Amplificados de transmissão
- ✓ Receptor de baixo ruído
- ✓ Sintetizador de frequência
- ✓ Osciladores para variar a frequência
- ✓ Duplexor
- ✓ Amplificador de potência
- ✓ Métodos para avaliar a unidade exterior
- ✓ A astúcia espectral do transmissor e do receptor para o ajuste da portadora de transmissão e para sintonizar adequadamente a portaria na recepção.

O diagrama de radiação da antena, já que a amplitude dos lóbulos secundários (principalmente das laterais), condiciona a níveis de interferência recebida e produzida.

- ✓ Temperatura do ambiente de operação;
- ✓ Outros fatores ambientais como umidade.

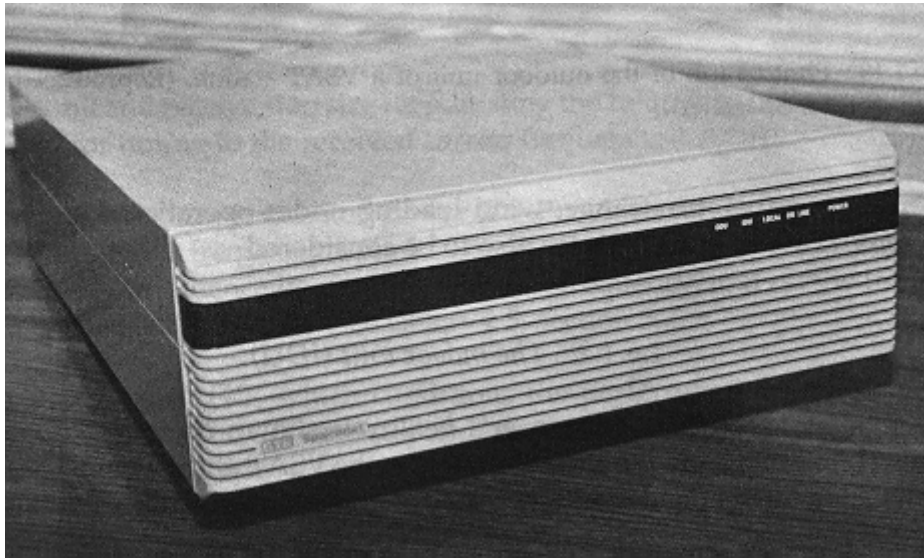


Figura 6 – Unidade interior

4.2.2 –Unidade interior

Os métodos necessários para definir a unidade interior são:

- ✓ Número de portos (locais)
- ✓ Tipo de portos (locais)
- ✓ Mecânicos
- ✓ Elétricos
- ✓ Funcionais
- ✓ Velocidade dos portos. É a máxima velocidade do fluxo de dados entre o terminal do usuário e a unidade interior VSAT em um dado porto.

5 – Aplicação das redes VSAT

Classificação de acordo com o âmbito:

- ❖ Aplicação civis
- ❖ Unidirecionais
- ❖ Bidirecionais
- ❖ Aplicação militares
- ❖ Classificação de acordo com o tipo de tráfico

5.1 – Aplicações civis

❖ Unidirecionais

- ✓ Transmissão de dados da bolsa de Valores
- ✓ Difusão de notícias
- ✓ Educação a distâncias
- ✓ Estilo musical
- ✓ Transmissão de dados de uma rede comercial
- ✓ Distribuição de tendências financeiras e análises
- ✓ Detecção de incêndios e prevenção de tragédias naturais.

❖ **Bidirecional**

- ✓ Tele ensino vídeo-conferência de baixa qualidade
- ✓ E- mail
- ✓ Serviços de emergência
- ✓ Comunicação vocal
- ✓ Telemetria e tele-controle de processos distribuído
- ✓ Consulta a base de dados
- ✓ Monitorização de vendas e controle de estoque
- ✓ Transações bancárias e controle de cartões de crédito
- ✓ Jornalismo eletrônico
- ✓ Televisão corporativa

❖ **Aplicações militares**

As redes VSAT tem sido adotados por vários exércitos. Graças a sua flexibilidade, são idôneas para estabelecer, ligações temporais entre unidades de frente e o HUB que estaria situado perto do quartel geral. A topologia mais adequado é a *estrela*. Se usa a faixa X, com ligação de subida e faixa de 7.9-8.4 GHz com o de baixa e a faixa de 7.25-7.75 GHz.

5.2 – Tipos de Tráfego

Tipo de Tráfego	Extensão do pacote <u>Inbound</u>	Extensão do pacote <u>Outbound</u>	Tempo de resposta requerida.	Modo de uso	Exemplos
Transferência de dados e difusão.	Não relevante.	1 a 100 Mbytes.	Não relevante, mas requer integridade total de dados	-	Distribuição de dados e software a lugares remotos.

Dados interativos	50 a 250 bytes.	50 a 250 bytes.	Em poucos segundos.	Varias transações por minuto e terminal.	Transações bancárias. Transferencia electrónica de fundos a pontos de venda.
Perguntas/Resposta	30 a 100 bytes.	500 a 2000 bytes.	Alguns segundos.	Varias transações por minuto e terminal.	Reservas de billetes. Consultas a bases de dados. Comprovação de cartões de crédito.
Controle de supervisão e adequação de dados (SCADA).	100 bytes.	10 bytes.	Alguns segundos/minutos.	Uma transação por segundo/minuto e terminal.	Monitorização e controle de recursos espalhados(sensores de infra vermelho contra incêndios, oleodutos ...)

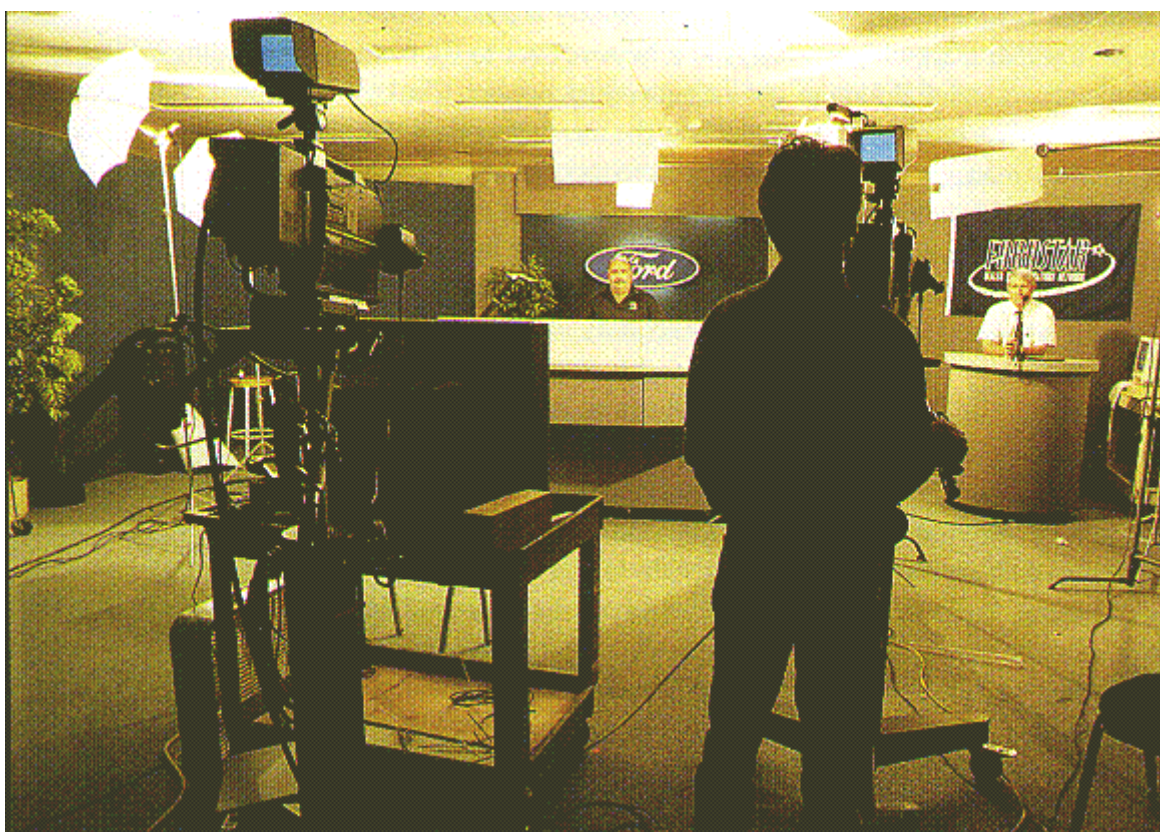
Tabela 1 – Especificação de dados de tráfego

As redes VSAT têm sido adotadas por vários exércitos.. Graças a sua flexibilidade, são idôneas para estabelecer ligações temporais entre unidade, de

frente e o *HUB* que estaria situado perto do quartel geral. A topologia mais adequada é a *estrela*. Usa-se o de baixa e a faixa de 7.25-7.75 GHz.

5.3 – Exemplo de uma Vídeo-Conferência

Aqui apresentamos um exemplo de comunicação de voz via VSAT.



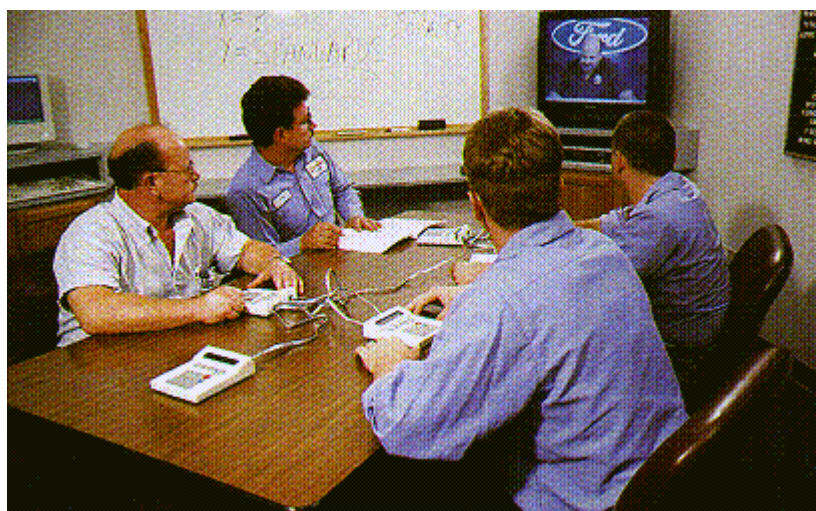


Figura 7 – Vídeo-Conferência

6 – Satélites de Comunicações no Brasil

O satélite Amazonas da Hispamar, joint venture da Telemar e da Hispasat foi lançado em 04/08/2004. Para detalhes acesse o site da Hispamar.

6.1 - SATÉLITE GEOESTACIONÁRIO

Empresa	Satélite	Banda	Posição Orbital	Em Operação
Hispemar	Amazonas	C e Ku	61,0° W	Lançado em testes
Loral Skynet	Estrela do Sul	Ku	63,0°W	Sim
	Brasilsat-A2	C	63,0°W	Retirado de órbita
	Brasilsat-B1	C e X	70,0°W	Sim
	Brasilsat-B2	C e X	65,0°W	Sim
	Brasilsat-B3	C	84,0°W	Sim
	Brasilsat-B4	C	92,0°W	Sim
	Star One-C1	Ku e Ka	65,0°W	Não
	Não Definido	Ku	70°W	Não

Tabela 2 - Empresas Detentoras de Direito de Exploração de Satélite Brasileiro

6.2 - Empresas Detentoras de Direito de Exploração de Satélite Estrangeiro.

Empresa	Satélite	Banda	Posição Orbital	Em Operação
Astrolink	Usasat 310	Ka	97,0°W	Não
Embratel	Nahuel 1	Ku	720,°W	Sim
	W1	Ku	10,0°W	Sim

Euutelsat	Atlantic Bird 1	Ku	12,5°W	Sim
	Atlantic Bird 2	Ku	8,0°W	Sim
	Atlantic Bird 3	C e Ku	5,0°W	Sim
Galaxy	Galaxy II R	Ku	95,0°W	Sim
	Galaxy III C	Ku	95,0°W	Sim
Hispamar	Hispasat-1C	Ku	30,0°W	Sim
	Hispasat-1D	Ku	30,0°W	Sim
Hugles	Galaxy VIII (I)	Ku	95,0°W	Sim
Inmarsat	Inmarsat-3			Sim
	AOR EAST	L e C	15,5°W	
	Inmarsat-3AOR WEST-2	L e C	54,0°W	Sim
Intelsat	Intelsat 705	C e Ku	50,0°W	Sim
	Intelsat 707	C	1,0°W	Autorizado até 29/02/04
	Intelsat 706	C e Ku	53,0°W	Sim
	Intelsat 805	C	55,5°W	Sim
	Intelsat 901	C	18,0°W	Sim
	Intelsat 801	C	31,5°W	Sim
	IS 903	C	34,5°W	
	IS 905	C	24,5°W	
	IS 907	C	27,5°W	Sim

Key TV	PAS-3	C e Ku	34W	Sim
Loral Skynet	Telstar 12	Ku	15,0°W	Sim
Nahuelsat	Nahuel 1	Ku	72,0°W	Sim
New Skies	NSS-7	C e Ku	21,5°W	Sim
	NSS-806	C e Ku	40,5°W	Sim
	NSS-8	C e Ku	105,0°W	Não
Panamsat	PAS 1R	C e Ku	45,0°W	Sim
	PAS-9	Ku	58,0167W	Sim
Satmex	Solidaridad 2	Ku	113,0°W	Sim
	Satmex 5	C e Ku	116,8°W	Sim
SES	AMC - 4	Ku	101,0°W	Sim
SKY	PAS – 3 R	Ku	43,0°W	
	PAS – 6 B	Ku	43,0°W	Sim
Star one	ANIK F1	Ku	107,3°W	Sim

Tabela 3 - Empresas Detentoras de Direito de Exploração de Satélite Estrangeiro

6.3 - BANDAS

As denominações para Bandas utilizadas correspondem às faixas, ou partes, apresentadas na tabela a seguir:

Banda	Terra-espço	Espço-terra
C	5.850.6.425MHz	3.625 – 4200 MHz
Ku	13,45 – 14,50 GHz	10,7 – 11,2 GHz 11,45 – 12,20 GHz
X	7,965 – 8,025 MHz	7,315 – 7,357 MHz
Ka	29,5 – 30,0 GHz	19,7 – 20,2 GHz
L	1.626,5 – 1.645,5 MHz 1.646,5 – 1.652,5 MHz	1,525 – 1,544 MHz 1,545 – 1,551 MHz

Tabela 4 – Bandas de frequência

6.4 - Satélites Não-Geoestacionários

6.4.1 - Empresas Detentoras de Direito de Exploração de Satélite Estrangeiro

Empresa	Sistema	Em Operação
Telespazio	ORBCOMM	Sim
Globalstar	GLOBALSTAR	SIM
Indium	IRIDIUM	SIM

Tabela 5 – Satélite Não-Geoestacionário

II – ESTAÇÃO HUB

A HUB é uma estação mais dentro da rede, mas com a particularidade maior (a antena tipicamente é de 4 a 10 metros e trabalha mais potência de emissão – PIRE). Habitualmente a HUB está situado na sede central da empresa que usa a rede ou o seu centro de cálculo.

Este ponto supõe um maior desembolso para uma empresa no que se tem a sensibilidade de ter um HUB em propriedade ou aluguel.

Diagrama de blocos de uma estação HUB.

O HUB está composto por:

- ✓ Unidade de RF;
- ✓ Unidade interna.

UNIDADE DE RF:- A unidade de RF se encarrega de transmitir e receber os Senhos. Seu diagrama de blocos completos seria igual a da ODU ou terminal VSAT.

UNIDADE INTERNA:- A diferença da IDU do VSAT, aqui esta unidade pode estar conectada ao computador que se encarrega de administrar a

rede corporativa. Esta conexão pode ser direta ou bem através de uma rede pública comunitária ou uma linha privada dependendo se o HUB é próprio ou compartilhada.

2.1- NetWork Management System

Desde a HUB se monitorizar toda a rede de VSAT: dele se ocupa o network management system (NMS) . O NMS é um computador ou estação de trabalho que realiza diversas tarefas como:

- ✓ Configurar a rede (pode desejar funcionar como uma rede de broadcast, estrela ou malha);
- ✓ Controle e alarme;
- ✓ Monitorização do tráfico;
- ✓ Controle dos terminas;
- ✓ Habitação e desativação de terminais existentes;
- ✓ Inclusão de novos terminais;
- ✓ Atualização do software da rede dos terminais;
- ✓ Tarefas administrativas;
- ✓ Inventário dos terminais;
- ✓ Manutenção;
- ✓ Proteção de notícias;

✓ Tarificação (em caso de ser uma HUB Compartilhada).

Pelo que se vê grande parte do êxito de uma rede VSAT tem grande qualidade do NMS responde as necessidades do seu usuário.

2.2- Possíveis opções do HUB

Dentro das arquiteturas que fazem uso do HUB, podemos encontrar as seguintes opções.

- ❖ HUB dedicado (próprio)
- ❖ HUB compartilhado
- ❖ Mini-HUB

Configuração com HUB dedicado:- O uso de um HUB dedicado permite uma rede VSAT com milhares de estações conectadas a ele. Pode estar situado em um lugar de uma empresa cliente de VSAT, com o host de controle diretamente conectado a ele. Oferece ao cliente um completo controle da rede. A eleição desta configuração está condicionada a necessidade de uma rede de grandes dimensões ou com um grande ritmo de expansão para pagar aos poucos os custos. O custo típico desta configuração gira em torno de 1 milhão de reais.

Configuração com HUB compartilhado:- Diversas redes independentemente podem compartilhar um HUB comum a todas elas. Desta forma os serviços que provêm a HUB estão ligadas ao provedor de serviços (operador da rede VSAT). Estes tipos de redes são acessíveis para redes de pequeno tamanho 150 VSAT's (ou menos).

Porém, o fato de compartilhar uma HUB tem suas desvantagens:

- ✓ Necessidade de conexão desde a HUB ao host.

Normalmente o host do cliente está fisicamente distanciado do HUB, assim é necessário ter uma linha adicional para conecta-los, mediante a uma linha ligada ou através de uma rede de comunicação terrestre. Isto causa um custo extra para a operação da rede.

- ✓ Possível limitação em uma futura expansão.

É evidente que o lado da faixa está delimitada devido ao número de redes independentes que fazem uso da HUB, assim é possível uma ampliação que requer mais capacidade que deverá ser renegociada com todas as partes.

Configuração com uma HUB de pequena capacidade:- O uso de uma mini-HUB com uma antena de 2 ou 3m tem um custo de mais ou menos 1 milhão de reais. Esta configuração é de uma recente pesquisa devida a uma melhora da potência de emissão dos satélites e dos equipamentos receptores de

grande sensibilidade. É uma solução atrativa já que apresenta as vantagens de uma HUB feita para um baixo custo. Suporta uma ordem de 300 ou 400 VSAT's.

III - PLANO DE FREQUÊNCIA

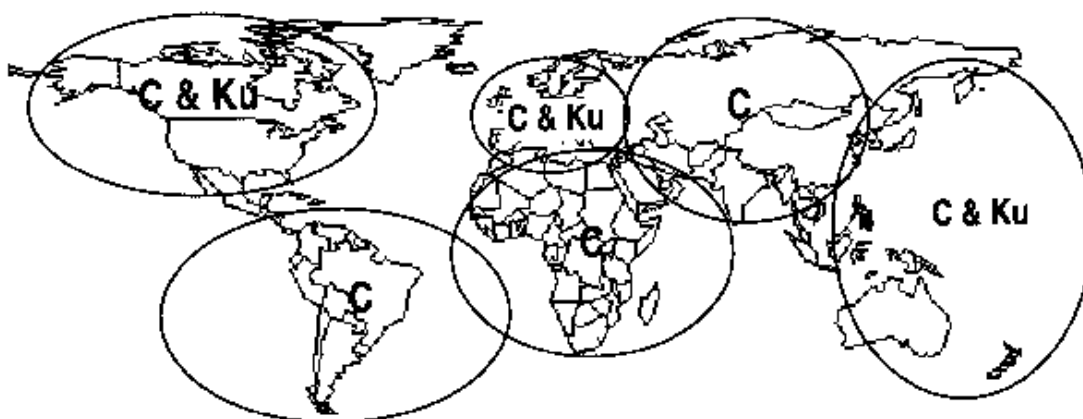


Figura 8 – Localização das faixas de frequências

3.1- Faixas de Frequências

O plano de frequência tem sido estabelecido pela ITU.

Estabeleceu-se que se usem as faixas de frequência:

- ✓ Faixa C ou faixa Ku para aplicação civis;
- ✓ Faixa X para aplicação militares;
- ✓ Faixa Ka para sistemas experimentais.

3.2- Cobertura

Existe também a limitação de cobertura. Nem todas as zonas da terra tem acesso as faixas Ku (somente Europa, Norte da América e zona Pacífica). Também destacamos que o satélite que oferece serviços pode tentar fazer com cobertura global.

3.3 – Escolha da faixa de frequência a usar

A escolha de uma frequência ou outra depende de:

- ✓ A disponibilidade de um satélite que cubra a zona de onde irá instalar a rede e que disponha da faixa desejada (ver cobertura);

✓ Problemas de interferências. O lado da frente de uma antena é inversamente proporcional ao produto de diâmetro da antena e frequência. Tanto que ao usar antenas de pequeno diâmetro de lado da frente é grande e o perigo de receber interferência de outros satélites (e também de interferência neles) é também grande. Para a faixa C (e partes da faixa Ku) existe o perigo agregado dos sistemas nos aparelhos de microondas.

	Vantagens	Desvantagens
Banda C	<ul style="list-style-type: none"> ● Disponibilidade mundial ● Tecnologia barata ● Forte contra chuvas pesadas 	<ul style="list-style-type: none"> ● Antenas grandes (1 a 3 metros) ● Susceptível de receber e causar interferências desde satélites adjacentes e sistemas terrestre que comportam a mesma banda (Se necessitaria em alguns casos recorrer a técnicas de espectro ensanchado e CDMA).
Banda Ku	<ul style="list-style-type: none"> ● Usos mais eficiente da capacidade do satélite já que, por não estar tão influenciado pelas interferências, se pode usar técnicas de acesso mais eficientes como FDMA o TDMA frente a CDMA que faz um uso menos eficaz de lado da faixa. ● Antenas mas pequenas (0.6 a 1.8 m) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Há regiões que estão disponíveis. ● Mais sensível as chuvas pesadas. ● Tecnologia mais cara.

Tabela 6 – Escolha de frequência: vantagens e desvantagens

3.4 - Plano de Frequência

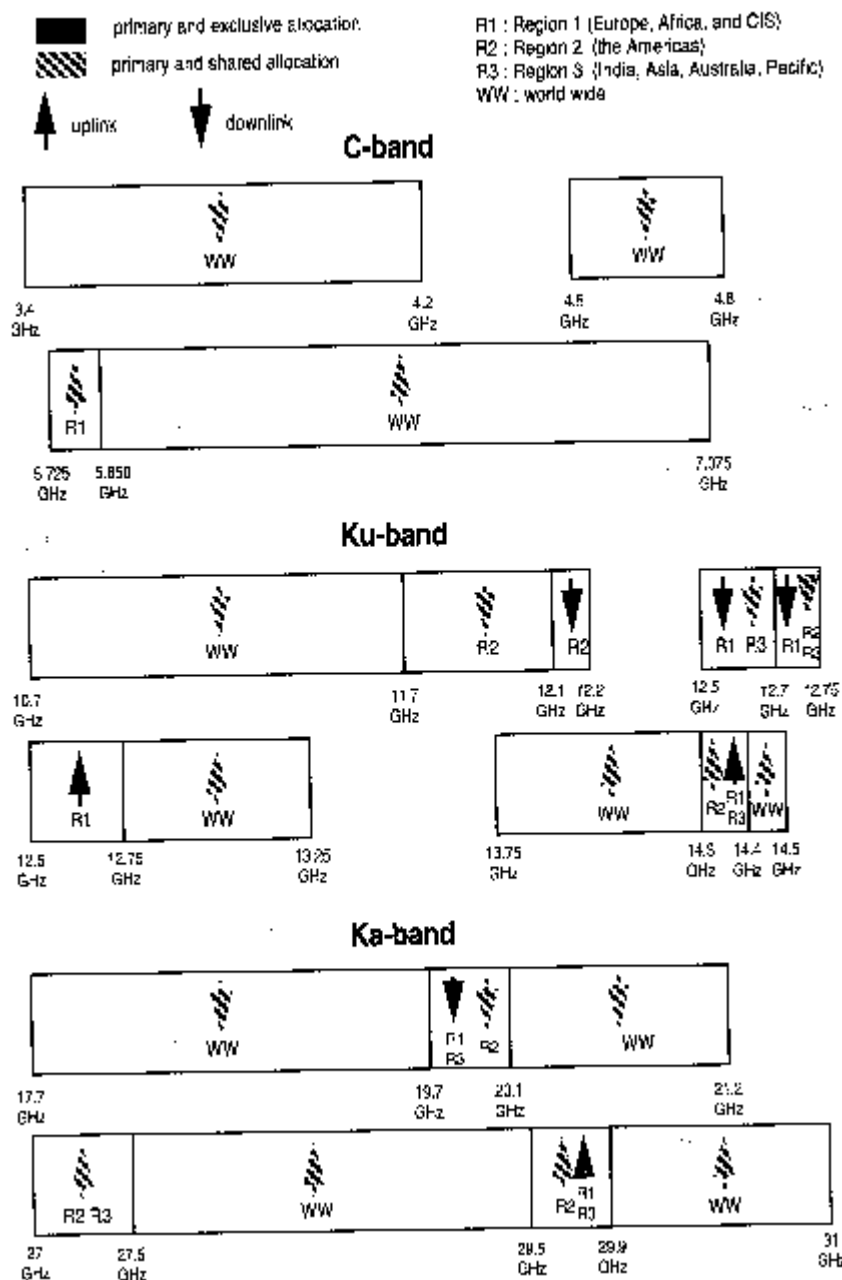


Tabela 7 – Plano de frequência

V – VANTAGENS E DESVANTAGENS DE UMA REDE VSAT

4.1 – VANTAGENS

❖ FLEXIBILIDADE

- ✓ Fácil administração da rede;
- ✓ Serviço independente da distância;
- ✓ Instalação fácil e rápida em lugares de difícil acesso.;
- ✓ Devido a grande variedade de configurações que podem ter uma rede VSAT, estas podem ser adaptadas as necessidades próprias de cada empresa;
- ✓ As ligações assimétricas se adaptam aos requerimentos de transferência de dados entre uma estação central que transmite muita informação a estações distantes que respondem com pouca informação (si responderem);

- ✓ Facilmente de reconfiguração e de ampliação da rede. O uso de um satélite faz com que se possa estabelecer com qualquer ponto dentro de sua área de cobertura para que os receptores possam trocar seus trabalhos sem tocar de posição sua antena. Do mesmo modo, a introdução de um novo terminal não afeta o funcionamento dos demais.

❖ **Grande Confiança**

Pode-se desenhar para ter uma disponibilidade da rede de 99,5%, do tempo.

❖ **Vantagens Econômicas**

- ✓ Estabilidade nos custos de operação da rede durante um longo período de tempo. Uma empresa pode ser proprietária de todos os segmentos da rede. Isto se faz que o preposto dedicado a comunicação possa se estabelecer com grande exatidão. O único segmento de que a empresa não pode ser dona é do segmento espacial, pois seus preços são muito altos;
- ✓ Evitar as restrições que impõe uma rede pública quanto ao custo e postos de acesso;

- ✓ Aumento da produtividade da organização. Ao fazer um centro de monitorização e controle da rede o tempo entre falhas da rede aumenta consideravelmente e as durações das falhas podem ser curtas. No entanto, a organização pode responder rapidamente as questões de seus clientes graças a um meio de comunicação confiável, o que repercute em um aumento de satisfação das mesmas e o aumento das vendas.
- ✓ Pode-se implantar uma rede corporativa que não sofre tantas tarifas.

4.2 – Desvantagens

Problema econômico:

As primeiras invenções são caras e em alguns países não são claramente competitivas diante de redes baseadas em recursos terrestres. Este problema pode ser amenizado recorrendo a qualquer HUB.

Problemas rádio-eletrônicos:

- ✓ O atraso da propagação típica de 0,5s (duplo salto) pode ser um problema para certas aplicações como telefônica e vídeo-

conferência, mas também existem aplicações insensíveis a ele como a atualização de software, e-mail, transferência de arquivos;

- ✓ O ponto mais crítico da rede está no satélite. Toda a rede depende da disponibilidade do satélite. Se este cair, toda a rede cai com ele. De qualquer maneira o problema não é muito grave, pois se no problema esta em um transportador uma simples troca de frequência ou/e polarização o soluciona. No caso de ser em todo o satélite bastaria reverter às antenas de outro satélite;
- ✓ Como todo sistema baseado em satélites é sensível a interferência vinda tanto da terra quanto do espaço.

Problemas de privacidade:

O uso de um satélite geoestacionário como reprodutor faz com que qualquer usuário não autorizado possa receber uma portadora e confundir a informação. Para previr o uso não autorizado da informação pode-se protege-la.

4.3 – Vantagens dos sistemas VSAT diante de redes digitais terrestres

As redes de transmissão via satélite VSAT começam a competir diretamente com o sistema de transmissão digital terrestre como rede compactuada

de pacotes ou redes de fibra óptica. A implantação das redes telemáticas VSAT começa a ser rentável a medida que aumenta o número de nódulos (terminais terrestres) da rede.

Seu uso é muito significado na interconexão dos nódulos com difícil acesso geográfico.

- ✓ Sistemas de monitorização de estação dispensa, como por exemplo, sensores de infra-vermelhos para detector de incêndio. Estes são muito numerosos e estão muito dispersa. Um exemplo é o programa espanhol VIGIA 2000;
- ✓ Corporação muito dispersa no espaço geográfico que queiram manter conectadas todas suas filiais que de outra maneira teriam que alugar linhas de dados caras. A agência EFE é um exemplo de distribuir as notícias aos centros jornalísticos. Outro jornal “El Pais”, que elabora a página no centro de Madrid as transmitem via satélite às demais cidades espanholas programando as pranchas de impressão remotas;
- ✓ Países sem infra-estrutura em redes de dados. Um exemplo são as várias universidades latino americanas conectadas entre só via INTERNET através do satélite.

Custo da Rede VSAT unidirecional

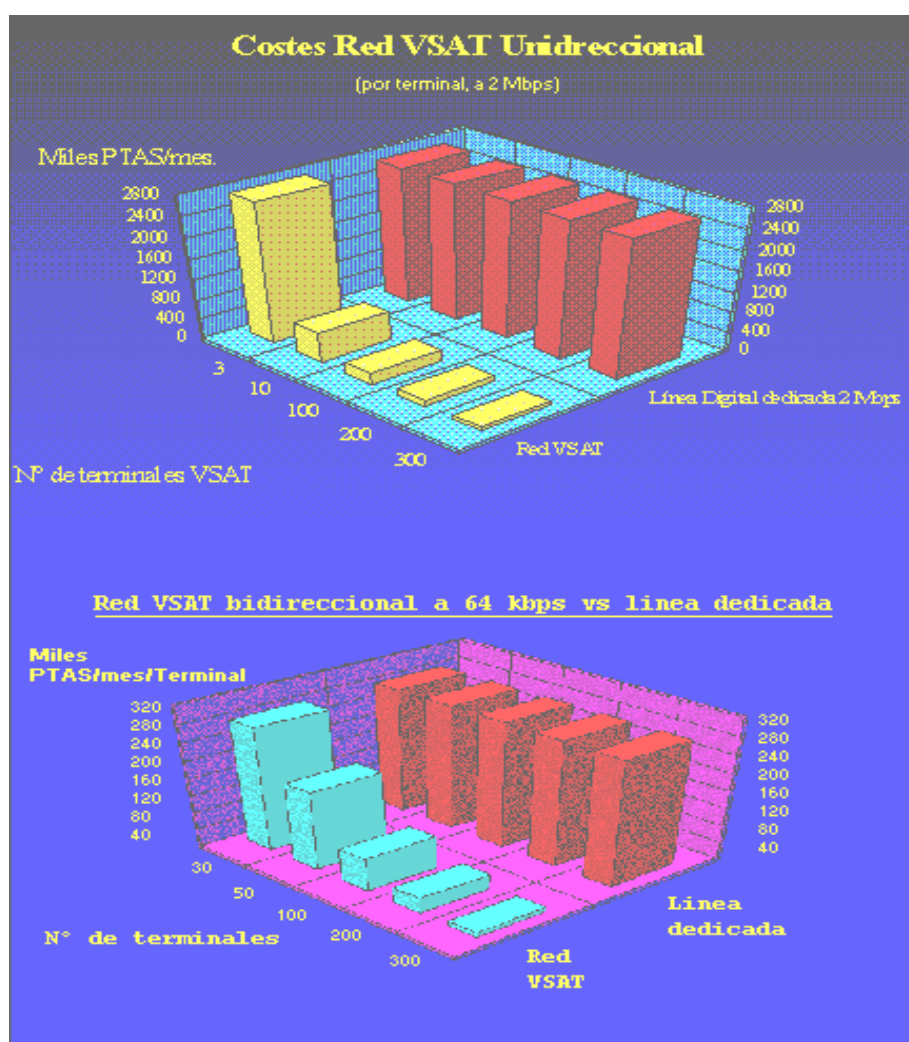


Figura 9 – Custo da rede unidireccional

Também se aproveita a potência do satélite de cobertura global com disponibilidade de 99,8% ao ano. Deve-se considerar a rápida implantação da rede já que o chão necessita instalar os equipamentos e apontar as antenas ao satélite.

4.4 - Outras vantagens

- ✓ Custo indiferente da distância;
- ✓ A rede é facilmente ampliável diante de redes terrestres que requerem muita infra-estrutura para incorporar novos nódulos;
- ✓ Os terminais são facilmente instalados;
- ✓ Baixa potência de emissão já que a antena é de pequena dimensão fazendo com que exista um baixo custo por terminal (nódulo da rede);
- ✓ Velocidades parecidas com as outras redes;
- ✓ Atualmente a expansão das redes vias satélite permitem a incorporação de serviços não incorporada em redes terrestre: como tele-conferência interativa e TVC a grande distância;
- ✓ Possibilidade de estabelecer assimétrica (VSAT a HUB: baixa velocidade; HUB a VSAT: alta velocidade) desde que as redes terrestres estabeleçam ligações assimétricas com que o usuário pago por algo que talvez seja infra-utilizado;
- ✓ O provedor do segmento do satélite garante preços estáveis desde que os preços das redes de dados terrestres mudem muito.

Atualmente e em futuro próximo, os principais competidores do sistema VSAT serão sistemas de comunicação digital com RDSI de faixa estreita, rede de interconexão de redes X.25, e de X.75 e sistemas como a novidade FRAME RELAY

4.5 – Pressuposto de uma rede VSAT

30 VSAT's com HUB compartilhado

1000 VSAT's com HUB próprio

Considerações

- ✓ O motivo está de acordo com o âmbito Europeu;
- ✓ Os valores que se encontram estão em ECUs (aproximadamente 12 milhões de reais);
- ✓ O custo por mês e VSAT está calculado supondo um reajuste a 5 anos;
- ✓ O custo do 10000 ECUs de equipamento é aplicável a uma estação estandar com:
 - uma antena de 1.8 m;
 - um transmissor de 2 W
 - quatro pontos de saída do usuário
 - as peças de reposição supõem a 10% do custo do equipamento

Considerações técnicas

- ✓ Velocidade de transmissão = 64 Kbps
- ✓ Limite de código = $\frac{1}{2}$
- ✓ Modulação 5 PSK com eficiência de imagem de 0,5 bps/Hz

✓ para o inbound : lado da faixa de portadora para o inbound
= 250 KHz, acesso TDMA

✓ para o outbound: lado da faixa de 1 MHz e TDM.

4.6 – Pressuposto para uma rede VSAT com 30 terminais e com HUB compartilhado

	Custo por unidade.	Unidades (sobre 5 anos).	Total.	Custo por mês.
Equipamento VSAT.	10000.	30.	300000.	5000.
Instalação VSAT.	1000.	30.	30000.	500.
Peças de reposição.	1000.	30.	30000.	500.
Manutenção por VSAT e ano.	1000.	30 x 5 = 150.	150000.	2500.
Aluguel do HUB por ano.	40000.	5.	200000.	3333.
Custo de conexão de HUB a Host por ano.	20000.	5.	100000.	1667.
Aluguel de lado da faixa do satélite por ano (1,25 MHz).	200000.	5.	1000000.	16667.
Cota de primeira conexão por licença.	8000.	1.	8000.	133.
Cargo de licença por VSAT e ano.	100.	5 x 30 = 150.	15000.	250000.

Custo total.			1833000.	30550.
<i>Custo mensal por VSAT.</i>				<i>1018.</i>

Tabela 9 – Pressuposto de uma rede VSAT

V – TIPOS DE ÓRBITAS

A órbita é a trajetória descrita pelo satélite no espaço. Ela é resultado do equilíbrio entre a força centrífuga e a força de gravidade da Terra. Para fins de aplicações temos 4 tipos de posições orbitais para colocar os satélites:

- *Low Earth Orbit (LEO)* : região situada entre 500 e 2000 km de altitude
- *Medium Earth Orbit (MEO)*: região situada entre 5000 e 15000 km de altitude, que também é conhecida por *Intermediate Circular Orbit (ICO)*
- *Geostationary Earth Orbit (GEO)*: também conhecido por Cinturão de Clarke a 35.786 km
- *Highly Elliptical Orbit (HEO)*: é um tipo especial de órbita que no apogeu atinge a altitude dos GEO. Sua utilização é limitada ao sistema de transmissão russo por facilitar a cobertura das repúblicas

que faziam parte da URSS a China e Cuba. Funciona durante 12 horas por dia.

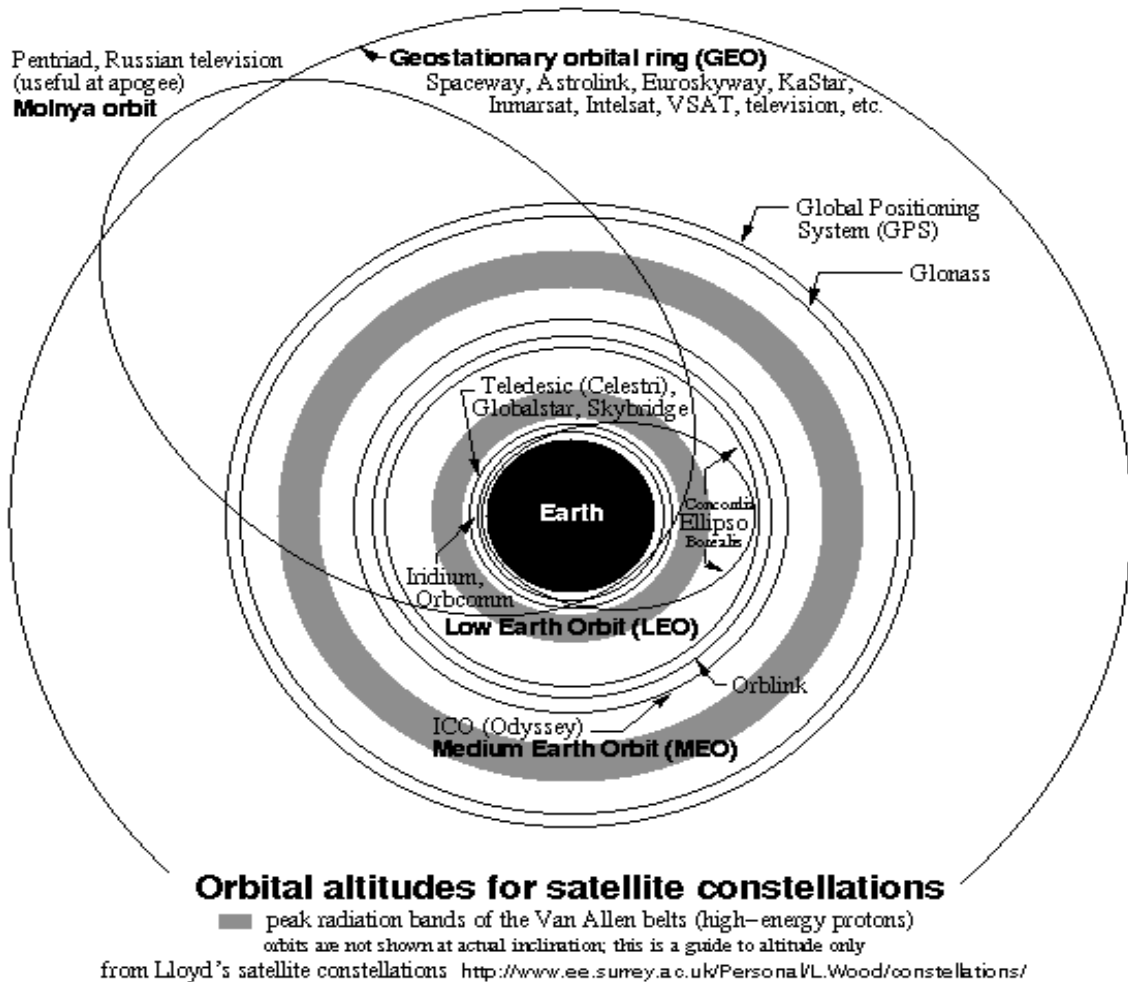


Figura 9 – Tipos de Órbitas dos satélites

5.1 - LEO

Nos primeiros trinta anos, os satélites de baixa órbita raramente eram usados em comunicações devido ao fato que as antenas não mantinham a

visada por muito tempo. Geralmente eram utilizados com propósitos de sensoriamento científico ou militar durante todos estes anos. Porém, no início da década de 90, a Motorola investiu em um projeto nomeado Iridium que constituía em uma cadeia de 77 satélites espalhados pelo globo. Estes satélites, mais tarde reduzidos ao número de 66, tinha o objetivo de que qualquer dispositivo portátil poderia se comunicar diretamente com o satélite que possuísse a célula em que o dispositivo se encontrasse, ou seja, tanto o usuário quanto à célula estariam em movimento. Tal projeto não alcançou o sucesso esperado e atualmente tanto a Motorola quanto todas as outras empresas que a sucederam com o mesmo tipo de idéia (Globalsat, Odyssey e Ico) continuam operando em meio às dificuldades.

Suas principais vantagens são;

- Possibilidade de utilizar estações terrenas portáteis com baixa potência de transmissão e utilizando antenas onidirecionais.
- Baixa latência na propagação dos sinais (para um satélite a 1000 km 13ms no total (up+down))
 - Como utiliza-se vários satélites para obter a cobertura, cria-se uma diversidade de caminhos que protege o receptor de possíveis obstruções.
- O baixo custo de lançamento e a facilidade de colocar vários satélites em órbita com o mesmo foguete.

Como principais desvantagens salienta-se:

- Órbitas a 1000km de altitude tem visibilidade de aproximadamente 10 minutos o que necessita de 40 a 80 satélites em 6 a 7 planos para atingir uma cobertura global
- Para não haver a interrupção da comunicação, freqüente *handovers* são necessários.
- Devido a posição orbital os satélites ficam 1/3 do seu período na sombra da terra, o que aumenta o ciclo de carga e recarga das baterias, diminuindo a sua vida útil

Sistemas de satélites móveis para fornecer serviços que não sejam de voz e não-geoestacionários estão alocados nas freqüências de 148-150 MHz (Terra-Satélite) e 137-138 MHz (Satélite-Terra). Esses sistemas são chamados de "**Little-LEO**" porque os satélites projetados são menores e mais leves e são destinados a serviços que requeiram uma baixa taxa de transmissão (1 kbit/s). Canais bidirecionais de mensagem e informação são planejados para serem fornecidos a *tranceivers* veiculares, os quais estarão equipados com displays alfanuméricos.

Freqüências alocadas em 1610-1625,5 MHz (Terra-Satélite) e 2483,5-2500 MHz (Satélite-Terra) permitiram a criação de um sistema de satélites chamado Big-Leo para fornecer serviços móveis. Esse sistema é chamado "**Big-**

LEO" porque é projetado para ter potência e largura de banda suficientes de modo a fornecer serviços de voz de alta qualidade a terminais a Hand-Held e *tranceivers* veiculares uma variedade de outros serviços como transmissão de dados, mensagens, fax e localização de posição. LEO significa satélites de baixa órbita (Low Earth Orbit), mas na verdade, sistemas que utilizam estas frequências incluem órbitas de média altitude (MEO) e órbitas geo-estacionárias (GEO). os sistemas IRIDIUM e Globalstar que utilizam o Big-LEO.

5.2 - MEO

Localizado entre os dois cinturões de Van Allen, com altitude entre 5.000 e 12.000 km, são utilizados para *Fixed Service Satellite* e *Móbile Service Satellite*. Começaram a entrar em serviço a partir de 2000 para atender os serviços de comunicação de voz digitalizados, dados, fax e mensagens. As características mais importantes ligadas a satélites MEO, são:

- Latência entre 50 e 70 ms
- Com 10 satélites em dois planos conseguimos cobertura global
- Período orbital de 6 horas
- Pequenos períodos de sombra que elevam a vida útil das baterias em até 7 anos

- Com ângulos de elevação maiores as probabilidades de bloqueio de linha de visada são menores
- Necessita maior potência de transmissão tanto para o satélite como para a estação portátil

Vistos da Terra, esses satélites se deslocam lentamente em longitude, levando cerca de 6 horas para circular a Terra. Conseqüentemente, eles devem ser acompanhados à medida que se movem pelo céu. Pelo fato de estarem em órbitas mais baixas que os GEOs, eles têm uma área de cobertura menor no solo e exigem transmissores menos potentes para alcançá-los. Atualmente, esses satélites não são usados para telecomunicações, e assim não os examinaremos mais aqui. Os 24 satélites GPS (*Global Positioning System*) que estão em órbita são exemplos de **MEO**.

5.3 - GEO

Os satélites geoestacionários estão posicionados a uma altitude entre 35800 km e 36000 km, gastando 23h e 56 min para dar uma volta em torno da Terra que, não por coincidência, é o mesmo período de rotação de nosso planeta. Neste caso a órbita é denominada geosíncrona apenas. Se o plano da órbita se confundir com o Equador, o satélite parecerá estático a um observador terrestre, devido ao

fato dos dois terem a mesma velocidade angular e eixo de rotação. Para este caso é atribuído um nome especial, órbita geoestacionária.

Devido a este fato, é disputada a altitude referida sob a linha do equador, já que a fim de não haver interferência entre satélites os mesmos devem estar afastados de 2° no mínimo. Assim, limita-se em 180 o número de satélites nesta órbita que já possui satélites de várias finalidades como transmissão de televisão, governamental e militar. A utilização de frequências diferentes poderia solucionar este problema diminuindo a distância entre os satélites, porém o aumento das frequências além de ser tecnologicamente custoso por produzir equipamentos muito específicos também é polêmico devido aos acordos interacionais de utilização das bandas de frequências. Como características principais teremos:

- Três satélites espaçados de 120° cobrem, localizados sobre a linha do equador o globo terrestre. Teríamos três regiões : Atlantic Ocean Region (AOR), Indian Ocean region (IOR) e Pacific Ocean Region (POR)

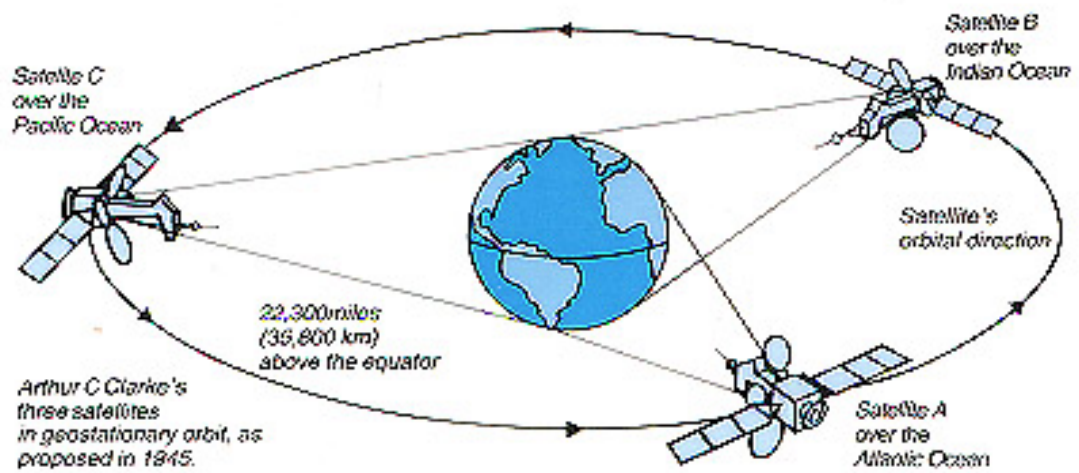


Figura 10 – Cobertura proporcionada por satélites geoestacionários

- Devido a sua altitude teremos uma latência de 240 a 270 ms em um trecho de subida e descida. Isto é problemático para sinais como voz e vídeo
- Alta potência envolvida com os transmissores e uso de antenas direcionais de alto ganho.

VI - OS SATÉLITES DE COMUNICAÇÕES

Nas telecomunicações o satélite tem como vantagens a capacidade de cobertura de toda a superfície terrestre aliada as altas taxas de transmissão possíveis.

Os satélites de comunicações são constituídos por antenas, transponders e amplificadores de alto ganho. Utilizam links de microondas, com frequências de operação diferentes (chamadas de bandas) para subida e descida. Podem ser classificados em dois grandes grupos:

- **Satélites repetidores ou transparentes:** também conhecidos por *bend pipe satellite*, realizam simplesmente a translação de frequência entre subida e descida. São próprios para sistemas analógicos e dependem das estações terrenas para comutação e operações mais complexas.
- **Satélites processados:** estes são conhecidos como OBP (*On Board Processor*) Satélites e possuem capacidade de comutação,

regeneração outras facilidades de DSP, sendo utilizados por sistemas digitais.

Banda	Faixa de frequências de microondas	Frequências de subida e descida	Observações
C	entre 3,4 e 7,25 Ghz	faixas de frequências entre 3,7 e 4,2 GHz, no enlace de descida, e entre 5,925 e 6,425 GHz no enlace de subida .	Normalmente utilizada por satélites do tipo GEO e sistemas rádio terrestres do serviço fixo.
C estendida.	Compreende a banda C aumentada em 75 MHz	faixas de frequências entre 3,625 e 3,7 GHz no enlace de descida e entre 5,85 e 6,425 GHz para o enlace de subida.	Refere-se aos transponders adicionais adotados nos satélites GEO Brasileiros
KU	entre 10,95 a 12,7 GHz	faixas de frequências entre 11,7 e 12,2 GHz no enlace de descida e entre 14 e 14,5 GHz para o enlace de subida.	Aplicações espaciais e nos serviços de DBS.(as antenas podem ter 60cm de diâmetro)
KA	entre 17 e 31 GHz	faixas de frequências entre 17,7 e 21,7 GHz no enlace de descida e entre 27,5 e 30,5 GHz para o enlace de subida.	usada para o serviço de LMDS) serviço de distribuição de sinais multiponto local e alguns satélites em especial
L	entre 0,5 e 1,6 GHz	faixas de frequências entre 1,61 e 1,625 GHz no enlace de descida e entre 2,483 e 2,5 GHz para o enlace de subida.	Usada como faixa de FI em <i>Block Down Converters</i> ,
Q.	entre 33 e 50 GHz		Usada em comunicação entre satélites, sistemas fixos, radionavegação, radiolocalização, sistemas fixos terrestres e por satélite
S	Entre 2 e 2,7 GHz		Usada em sistemas fixos, móveis por satélite, pesquisa espacial,
V.	entre 50 e 75 GHz		Usada em sistemas de pesquisa espacial, sistemas fixos, <i>links</i> entre satélites, radiolocalização
X	Entre 7,25 e 8,4 GHz		Tem como uso típico aplicações militares

Tabela 10 - Bandas de Comunicação Utilizadas em Satélites

6.1 - Fatores Críticos para Transmissões

O desempenho de um link de satélite depende principalmente de 3 fatores:

- Distância entre as antenas do satélite e da estação terrena
- No link de descida a distância entre a antena da estação terrena e o ponto de visada do satélite (área de cobertura)
- Atenuação atmosférica

O parâmetro básico de perda de um enlace é chamado de Atenuação de Espaço Livre, que relaciona a distância e a frequência .

$$A = 92,4 + 20\log(f_{GHz}) + 20\log(d_{km})$$

Por exemplo, em sistema geoestacionários , na banda C, com $d=35.000$ km e $f_{down}= 4$ GHz e $f_{up}= 6$ GHz teremos

$$A_{down}=195 \text{ dB}$$

$$A_{up}=198 \text{ dB}$$

Como as frequências mais baixas possuem menor atenuação, estas são utilizadas para o link de descida.

Os primeiros satélites geoestacionários tinham um único feixe espacial que iluminava cerca de 1/3 da superfície da Terra, denominado sua área de cobertura (**footprint**). Com o enorme declínio de preço, tamanho e requisitos de potência dos equipamentos microeletrônicos, tornou-se viável uma estratégia de transmissão muito mais sofisticada. Cada satélite é equipado com diversas antenas e vários transponders. Cada feixe descendente pode ser focalizado em uma

pequena área geográfica; portanto, podem acontecer diversas transmissões ascendentes e descendentes ao mesmo tempo. Em geral, esses **feixes pontuais** (*spot beam*) têm forma elíptica e podem ter apenas algumas centenas de quilômetros de diâmetro. Em geral, um satélite de comunicações para os Estados Unidos tem um único feixe para os 48 estados contíguos, além de feixes pontuais para o Alasca e o Havaí.

A área de cobertura normalmente é apresentada através de um mapa dividido em regiões concêntricas, onde a primeira representa aquela que o satélite entregará a maior potência de sinal. Na medida que nos afastamos deste centro a potência recebida do satélite torna-se menor.



Figura 11 - Área de cobertura do BrasilSat 3

Outro fator crítico extremamente ligado ao desempenho do tipo de informação trafegado é o tempo de propagação, retardo ou latência.

Os **satélites** de comunicações têm diversas propriedades radicalmente diferentes dos enlaces terrestres ponto a ponto. Para começar, embora os sinais enviados e recebidos por um satélite trafeguem à velocidade da luz, a longa distância de ida e volta introduz um retardo substancial para os **satélites** GEO.

A velocidade do sinal é a velocidade da luz, ou seja, aproximadamente 300.000 Km/s, e a distância de um satélite geoestacionário é de 36000 Km; assim temos que:

$$t = \frac{D}{v} = \frac{36.000km}{300.000km / s} = 120ms$$

Considerando a subida e descida do sinal: **t = 240 ms**, sendo que, **t = 350 ms**. para maior latitude e/ou longitude o tempo médio será da ordem de **300ms**.

Considerando o tempo de transito médio de 100 ms gasto nas estações terrestres; temos que o tempo total será de **400 ms**.

Para fins de comparação, os enlaces de microondas terrestres têm um retardo de propagação de aproximadamente **3 µs/km**, e os enlaces de cabo coaxial ou fibra óptica geram um retardo de cerca de **5 µs/km**. Nesse último caso, o retardo é maior, porque os sinais eletromagnéticos trafegam com maior rapidez no ar que em materiais sólidos.

6.2 - Métodos de acesso

Os satélites trabalham com canais de broadcast, exigindo cuidados especiais para o compartilhamento do meio. Eles utilizam métodos de acesso ao meio (MAC) mais complexos do que os das LAN, na camada de enlace do modelo OSI.

Os esquemas de acesso ao meio para satélites normalmente dedicam o canal no tempo ou na frequência para cada usuário. O retardo (*delay*) associado a detecção e resolução de múltiplas colisões em enlaces de satélite não é aceito pela maioria das aplicações.

Códigos corretores como o FEC (*Forward Error Correction*) com taxas de 1/2 ou 3/4 e detectores de erros são frequentemente usados nas técnicas de acesso tanto para descongestionar o meio (quando corrigidos), quanto para identificar colisões, ambos através de redundância.

6.2.1 - ALOHA

As técnicas de acesso aleatório alocam recursos de rádio dinamicamente a um conjunto de terminais que apresentam tráfego tipicamente em rajadas (*bursty traffic*).

Nos anos 70, a técnica ALOHA foi proposta por Norman Abramson como uma solução efetiva para prover acesso via rádio a sistemas de computadores. A rede ALOHA na Universidade do Hawai empregava transmissores

fixos em ilhas localizadas a dezenas de quilômetros. A principal vantagem da técnica ALOHA é a simplicidade. Cada terminal é permitido transmitir a qualquer momento, sem levar em conta se o canal está ocupado ou não. Se um pacote de dados é recebido corretamente, a estação rádio base transmite uma mensagem de reconhecimento. Se nenhum reconhecimento é recebido pelo terminal móvel ele retransmite o pacote após esperar por um intervalo de tempo aleatório. O retardo na comunicação é principalmente determinado pela probabilidade de um pacote de dados não ser recebido devido à interferência de outras transmissões (colisões) e pelo tempo médio esperado antes de uma retransmissão.

Estudos realizados mais tarde revelaram que para uma população de usuários tendendo a infinito e sob certas condições dos canais o sistema ALOHA torna-se instável. Pacotes perdidos devido a uma colisão são retransmitidos, mas essa retransmissão novamente sofre uma colisão, o que pode desencadear um processo de retransmissões sem fim. Um método de eliminar a instabilidade é dinamicamente adaptar o tempo de espera aleatório de todos os terminais se a estação rádio base percebe a ocorrência de um número muito elevado de colisões. Exemplos de métodos que asseguram estabilidade em uma rede ALOHA são o DFL-ALOHA (*Dynamic Frame Length - ALOHA*) e o algoritmo *Stack*. O primeiro utiliza controle centralizado pela estação rádio base enquanto o segundo utiliza método descentralizado [10].

É importante citar que o processo de inicialização de chamada em quase todos os sistemas de telefonia celular utiliza um certo tipo de acesso aleatório ALOHA. Em um canal de satélite, pacotes de dados podem ser destruídos devido aos severos desvanecimentos do sinal, mesmo na ausência de colisões.

Na técnica denominada *Unslotted* ALOHA uma transmissão pode iniciar a qualquer tempo, possui uma baixa eficiência chegando a 18%.

Na Slotted ALOHA o eixo de tempo é dividido em *slots*. Nesta variação o satélite transmite sinais para sincronização a todas as estações terrestres, que iniciarão a comunicação num determinado intervalo de tempo (slot time). Com este método conseguimos 36% de eficiência.

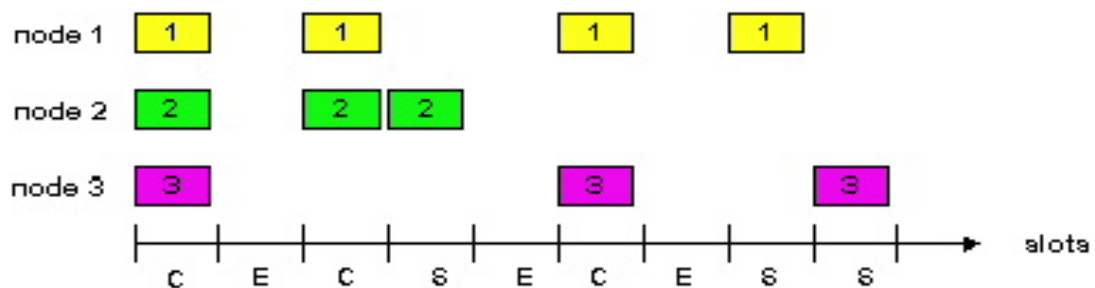


Figura 12 - Esquema do S-ALOHA -Sucesso (S), Colisão (C), vazios (empty) (E)

6.2.2 - FDMA (*Frequency Division Multiple Access*) : é o método mais antigo e utilizado para a alocação do canal. Neste método a banda passante do satélite é dividida em subcanais para cada estação terrena. Há necessidade de uma banda de guarda para separá-los e as estações terrenas deverão controlar a potência de transmissão para evitar a interferência de intermodulação. São características principais dos sistemas que utilizam FDMA:

- Se um canal não está sendo utilizado há literalmente um desperdício de recurso, posto que nenhum usuário o estará utilizando, o que acarretaria em um aumento da capacidade.
- A largura de faixa de cada canal é normalmente pequena, ou seja, um sistema com FDMA normalmente é um sistema de faixa estreita.
- Sendo cada canal de faixa estreita, em uma transmissão digital tem-se longa duração dos símbolos transmitida em relação ao espalhamento temporal causado pelo canal, o que leva a uma pequena interferência intersimbólica. Esse fato permite a implementação de equalizadores não muito sofisticados nos receptores.
- A comunicação é contínua no tempo, o que leva à necessidade de poucos bits de *overhead* com o propósito de sincronização e delimitação de *frames* em uma transmissão digital.
- Os filtros de canal são normalmente caros, pois necessitam apresentar seletividade suficiente para reduzir a interferência entre canais adjacentes a patamares aceitáveis. Por transmitir e receber ao mesmo tempo, os transceptores necessitam de *duplexadores*, o que eleva o custo do sistema. Nos casos em que muitos canais compartilham uma mesma antena e, portanto, o mesmo amplificador de potência, pode ocorrer intermodulação. Esse efeito se deve à passagem dos vários canais pelo amplificador de potência que,

objetivando maximizar a eficiência de potência, trabalham com os dispositivos de amplificação perto da região não linear.

6.2.3. TDMA (Time Division Multiple Access): neste método os canais são multiplexados no tempo de forma seqüencial, em slot times fixos. Estações que necessitem mais banda passante podem utilizar mais de um slot time. Uma estação terrena principal é responsável por gerar os sinais de sincronização utilizados por todas as outras.

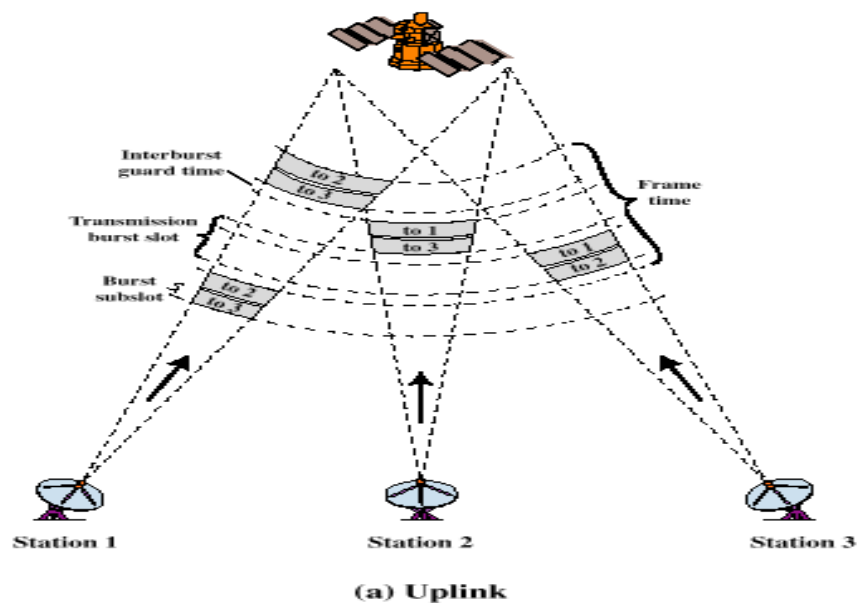


Figura 13 – Exemplo de TDMA em link de subida

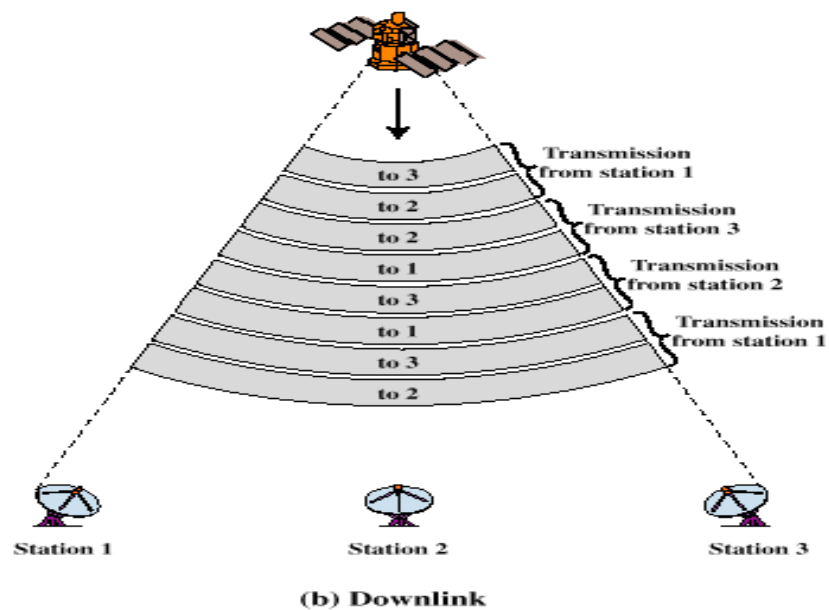


Figura 14 – Exemplo de TDMA em link de descida

Principais características da técnica TDMA:

- Devido às descontinuidades na transmissão, o processo de *handoff* do usuário móvel se torna mais simples, pois ele pode utilizar os intervalos de tempo sem transmissão para "ouvir" outros transmissores (de outras estações base, por exemplo, no caso de telefonia celular).
- Técnicas de equalização elaboradas normalmente precisam ser implementadas nos receptores, pois a taxa de transmissão em cada intervalo de tempo é alta se comparada com o caso de sistemas com FDMA.

- Os *slots* de tempo podem ser alocados por demanda para diferentes usuários, baseado em uma prioridade. Dessa forma compartilha-se melhor o espectro e tem-se um aumento na capacidade do sistema.

6.2.4. CDMA (*Code Division Multiple Access*)

É uma técnica de acesso de espalhamento de espectro que identifica grupos de bits a um específico satélite ou estação. O sinal é transmitido logo abaixo do nível de ruído dentro da banda passante disponível. É o método mais moderno e possui as seguintes vantagens:

- Resolve o problema de acesso múltiplo sem sincronização de tempos. Cada usuário pode transmitir a qualquer momento sem interferências entre si.
- O código de espalhamento, também chamado de **chip** proporciona um método de identificar e autenticar o transmissor sem usar uma informação explícita no pacote.
- Este método permite alto grau de segurança contra vazamento de informações dos canais de satélite
- Permite o reuso de frequências em feixes adjacentes em satélite multi feixes, utilizando um chip para cada usuário.

6.2.5 - SCPC (Single Channel Per Carrier)

É uma técnica onde os dados do usuário são transmitidos continuamente numa única portadora do satélite, podendo ser recebida em uma única localização (ligação ponto-a-ponto) ou em várias(ligação ponto-multiponto) em aplicação tipo broadcast. Atualmente pode operar em modo MCPC (Multiple Channel Per Carrier) utilizando multiplexação de diversas portadoras digitais. É utilizado para transmissão de broadcast de dados, áudio e vídeo, com aplicações half e full-duplex.

6.2.6 - DAMA (Demand Assigned Multiple Access.): técnica de controle de acesso nos quais os recursos (canais, banda de frequência) disponíveis são compartilhados pelos usuários. Otimiza o uso dos satélites por alocar dinamicamente e sob demanda os recursos do mesmo.

VII – ANTENAS

A antena é um elemento bastante importante no sistema de comunicações, sendo responsável pela recepção dos sinais de baixa potência e pela eficiência da transmissão das informações. Devido as distâncias envolvidas (de 1000 a 35.000 km), as limitações de fontes de energia, dimensões e peso, inerente aos satélites, foram escolhidas as antenas do tipo refletoras (parabólicas, Cassegrain,etc), pois apresentam os maiores ganhos.

Neste tipo de antena o ganho máximo está relacionado com a área de abertura do refletor, o diâmetro do refletor da antena, frequência e eficiência da antena.

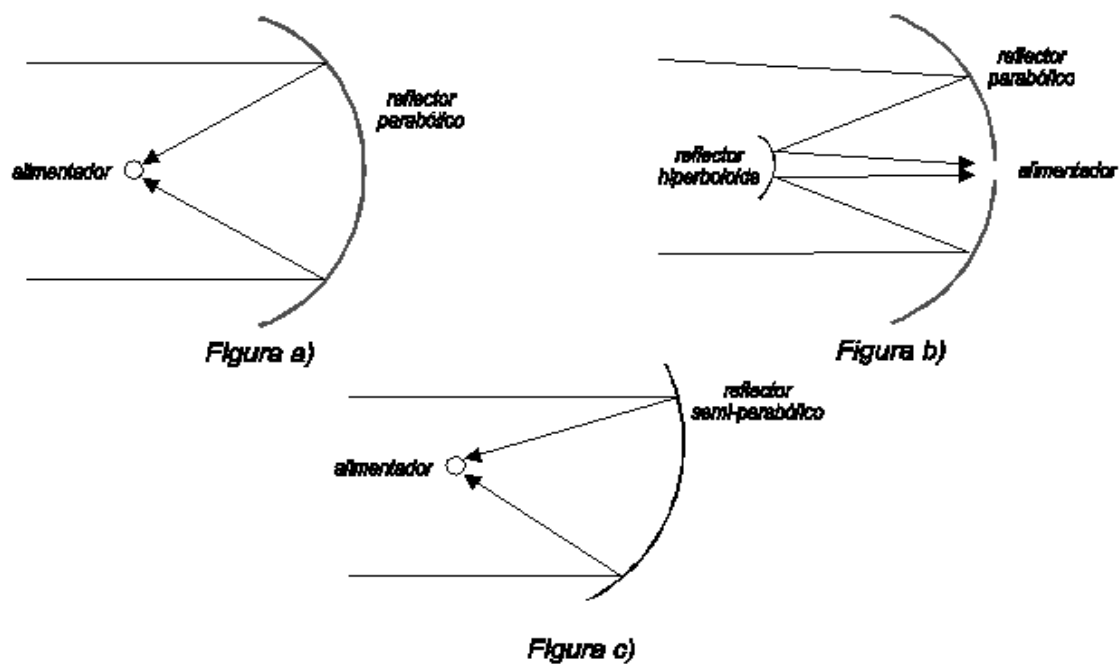


Figura 15-Tipos básicos de antenas: a) Paraboloide , b) Cassegrain e c) off-set
(fora de foco)

f(GHz)	Banda	D=1,2m	D=1,8m	D=2,4m	D=3,6m	D=6m	D=9m
4	C	31,8	35,3	37,8	41,3	45,8	49,3
6		35,3	38,8	41,3	44,9	49,3	52,8
12	Ku	41,3	44,9	47,4	50,9	55,3	58,8
14		42,7	46,2	48,7	52,2	56,7	60,2

Tabela 11 – Ganhos em antena parabólica dBi com $\eta=0,6$



Figura 16 – Exemplo de antenas.

7.1 - Transponders

Os transponders são dispositivos que recebem os sinais vindos da Terra, preparando-os para a retransmissão a mesma. Podem ser simples repetidores ou mais complexos, realizando operações como detecção, modulação e demodulação, multiplexação e demultiplexação, processamento digital de sinais e comutação.

A banda passante alocada aos satélites é de 500 MHz e os seus transponders encontrados comercialmente possuem canais com banda passante de 36, 54 ou 72 MHz . Considerando um satélite que opere na banda C , normalmente possui 24 transponders de 36 MHz, sendo 12 em polarização vertical e 12 em horizontal.

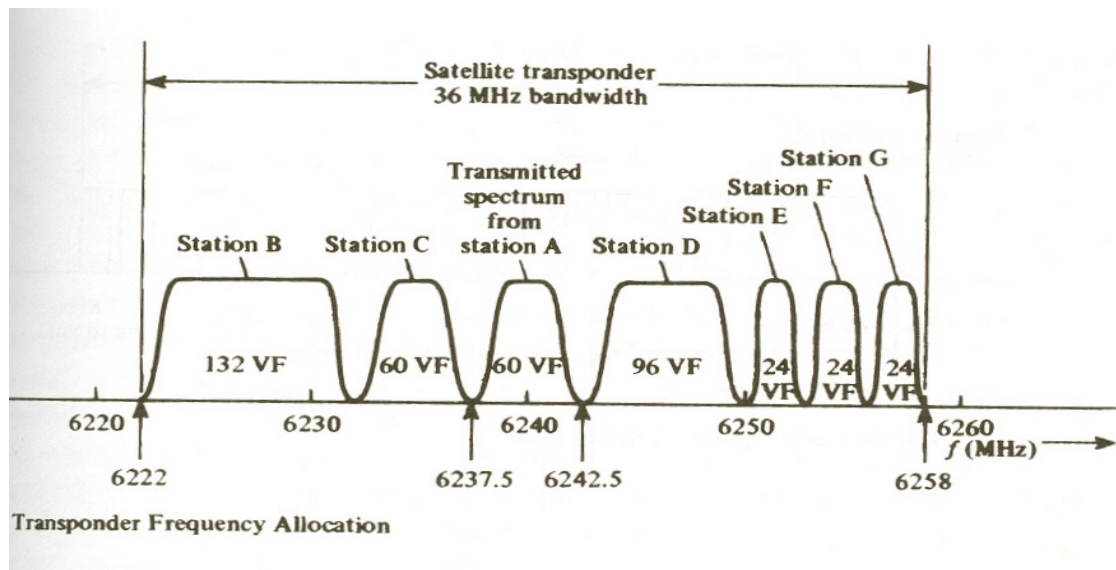


Figura 17 – Alocação de frequência em transponder de 36 MHz.

7.2 - Transponders transparentes

Os transponders transparentes são encontrados nos satélites repetidores, sendo constituídos por filtros passa faixa (Band Pass Filter – BPF), amplificadores de baixo ruído (Low Noise Amplifiers - LNA), conversores de frequência (down converters), e amplificadores de alto ganho (High Power Amplifier – HPA).

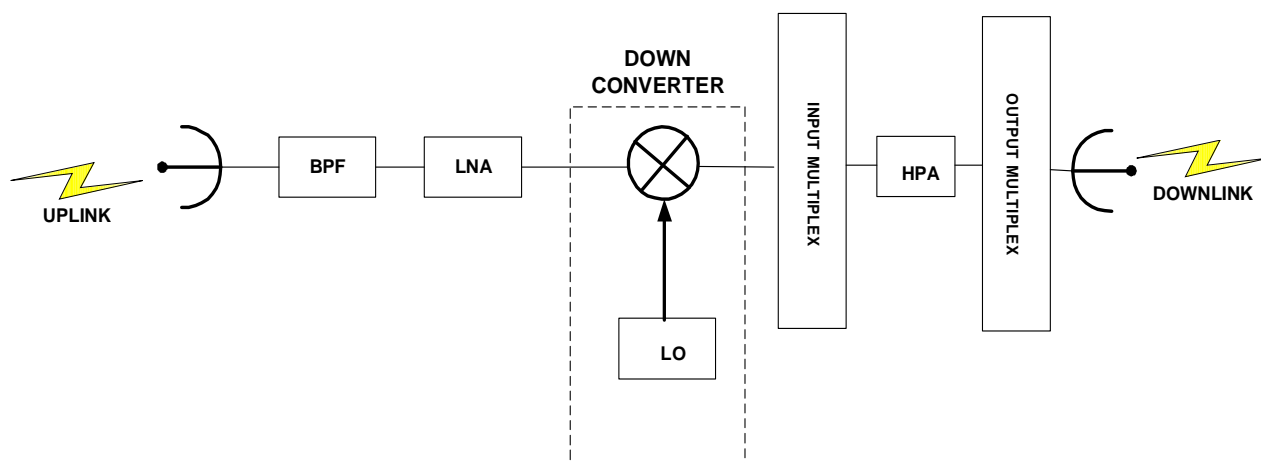


Figura 18 - Diagrama de transponder transparente.

Os filtros têm como objetivo separar a informação do sinal das contaminações de ruído, interferência e distorções. A denominação passa faixa significa que este deixa passar um conjunto de frequências delimitados entre uma f_{\min} e f_{\max} .

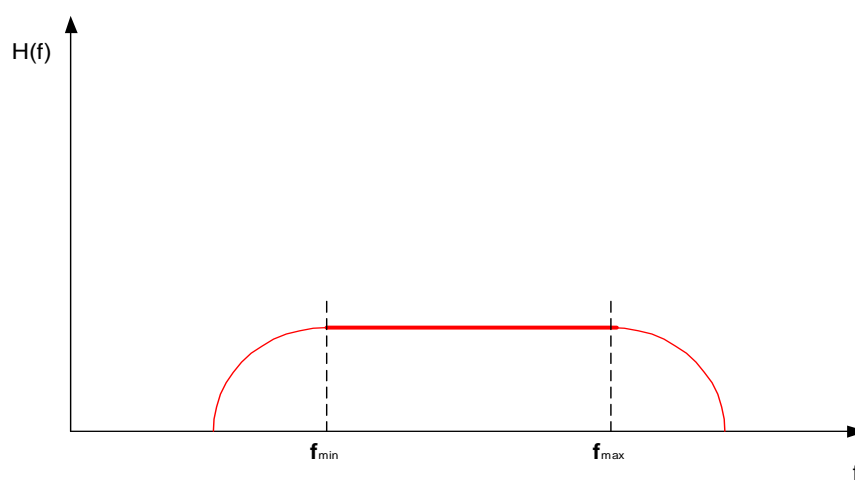


Tabela 12 – Resposta de frequência de um filtro passa faixa.

Os LNA são amplificadores especiais, que utilizam transistores de efeito campo de arsenieto de gálio, com baixa figura de ruído (0,561 dB) e alto ganho (50 dB), para dar a primeira amplificação no sinal que chega ao satélite.

Os conversores descendentes (down converter) são formados por misturadores e osciladores locais, tendo a função de mudar a frequência da portadora para um valor menor. Por exemplo um sinal de uplink de 6 GHz é retransmitido para terra com 4 GHz (banda C) ou os sinais em Banda C ou KU para Banda L. No processo de conversão, a frequência do oscilador local translada o sinal original para uma banda superior e uma inferior , sendo necessário um segundo filtro passa baixa para recuperá-la. Se filtrarmos a banda inferior termos um *down-converter* caso contrário um *up-converter*.

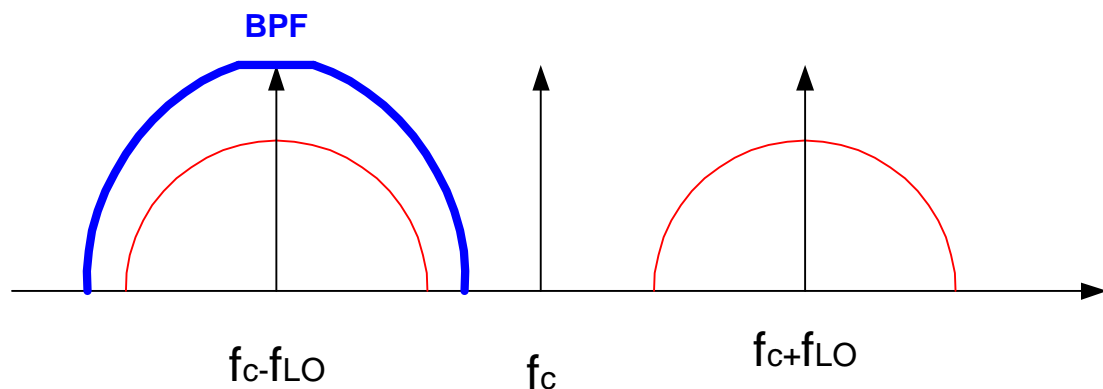


Tabela 13 – Esquema de filtragem em conversor.

O multiplex de entrada é um conjunto de filtros passa faixa que separam os diversos canais do transponder para serem amplificados em potência

pelos HPA. O multiplex de saída , por sua vez reúne estes canais para a retransmissão a terra.

Os amplificadores de alta potência são elementos responsáveis pela transmissão de descida dos satélites. Eles trabalham perto da saturação para conseguir uma eficiência máxima no aproveitamento da fonte de energia. Existem dois tipos de amplificadores os de fluxos de elétrons (tipo válvula de microondas) e os estado sólido.

Dos amplificadores de fluxo de elétrons o mais utilizado é o TWTA (Traveling Wave tube Amplifier), que além alta potência e confiabilidade, conseguindo 50W na banda C. e de 80 a 110 W na Ku. Para eles a fonte de energia deverá fornecer diversas tensões na ordem de kilovolts tornando o projeto mais crítico.

Os amplificadores de estado sólido são chamados de SSPA (Solid State Power Amplifiers), atingem potências de transmissão da ordem de 30W em 20GHz.

7.3 - Transponders regenerativos

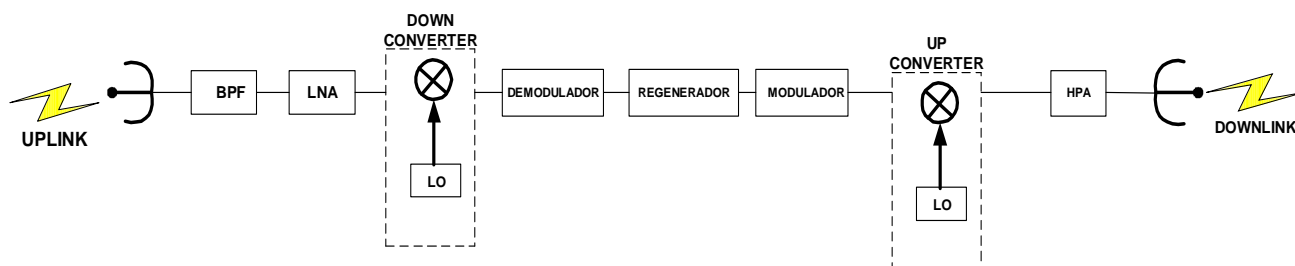


Figura 19 – Diagrama de um repetidor regenerativo.

Nos transponders regenerativos os sinais que chegam são convertidos para frequência intermediária – FI no *down converter* e depois demodulados. Então o sinal digital em banda base é regenerado. Os pulsos são modulados numa frequência intermediária que é convertida na frequência de descida (up converter) e amplificada para efetuar a retransmissão.

Neste sistema regenerativo os links de subida e descida são desacoplados em relação a ruído e interferências, possibilitando a otimização individual dos dois trechos. Com isto consegue-se melhorar a BER (*Bit Error Rate*) do sistema.

Os transponders regenerativos podem trabalhar com diferentes técnicas de modulação e codificação nos links de subida e descida, diminuindo as taxas de erro. Tem a possibilidade de usar comutação dos sinais em banda base, sendo o processamento necessário realizado no próprio transponder, o que torna os terminais terrestres podem ser mais simples.

A diminuição da confiabilidade pelo aumento da complexidade do sistema, o peso extra, o consumo e dissipação de energia e o custo, são as principais desvantagens deste sistema.

7.4 - On Boardig Processor (OBP)

O On Boarding Processor (OBP) é um dos elementos centrais de um satélite processado, sendo o conjunto de circuitos e funções avançadas de telecomunicações executadas no próprio satélite. Entre estas funções destacam-se a demodulação e modulação de múltiplas portadoras, o processamento em banda base, a regeneração de relógios e a comutação de feixes.

A possibilidade de trabalhar com métodos de acesso diferentes, FDMA no link de subida e TDMA no de descida (transmultiplexação) além de compatibilizar taxas de transmissão diferentes são características bastante atraentes.

A redução da complexidade das estações terrenas e dos receptores em terminais terrestres traz ganhos na versatilidade do sistema.

7.5 - On Boarding Switch (OBS)

O OBS agrega ao OBP a capacidade de comutação, transformando o satélite em nó de comutação no céu, permitindo pacotes de diversas fontes, serem roteados a vários destinos. Além disto podem fazer correção de erros, reduzindo BER ou liberando recursos devido a possibilidade de descarte de pacotes.

Melhora a interconectividade adicionando flexibilidade e qualidade na performance do link, proporcionando banda passante sob demanda com metade do atraso. Além disso diminui o custo da estação terrena.

O detalhe de projeto mais crítico nos satélites processados é a escolha da arquitetura de comutação em banda base, que pode ser:

- **Circuit Switch** : é vantajoso se a maioria do tráfego de rede for de comutação de pacotes, porém para tráfego de rajadas teremos desperdício de capacidade;
- **Fast-Packet Switch** : é interessante tanto para tráfego de pacotes como de circuitos
- **Hybrid Switch** : em algumas situações uma configuração mista de switch, com as duas implementações (pacotes e circuitos)
- **Cell Switch (ATM Switch)** : é uma solução bastante atrativa para resolver os dois tipos de tráfego

Outra possibilidade de comutação é o Inter Satélite Links (ISL), onde os pacotes ou células são roteados para os satélites adjacentes através de canais especiais .

As informações podem descer à Terra pela estação terrena mais adequada, reduzindo os controles da estação terrena o que diminui o tempo de resposta, além do aumento da cobertura global (áreas sem estações como oceanos podem ser contornados).

Porém o handover entre os satélites, a coordenação de frequências e o dimensionamento quanto a links cruzados, aumentam a complexidade e custos do satélite. Toda esta complexidade implicará em crescimento da energia necessária ao funcionamento do satélite.

Mesmo com estas dificuldades a possibilidade de montar uma rede espacial de comutação é bastante atrativa.

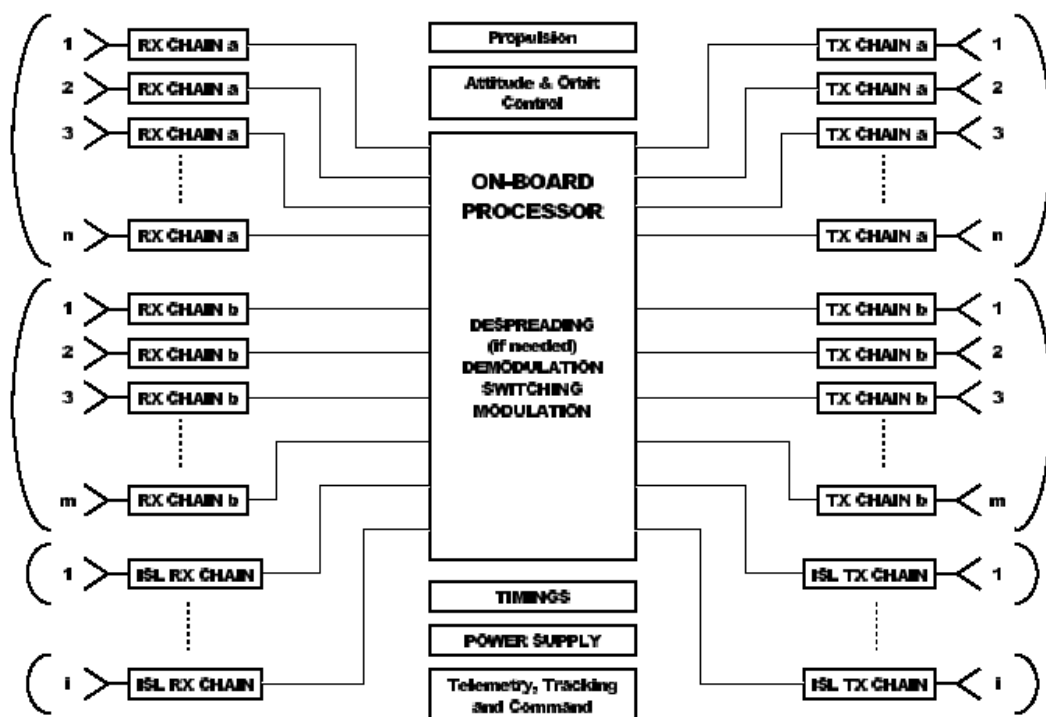


Figura 20 – Arquitetura funcional de OBP

VIII - SERVIÇOS

8.1 - FIXED SATELLITE SERVICES (FSS)

Neste serviço utilizam-se estações terrenas fixas, que transmitem entre si, sendo sistemas caros e de grande porte. Nas estações chegam os meios de comunicações tradicionais (fibra , par trançado, etc.).

Um dos serviços é o VSAT (*Very Small Aperture Termina*) sistema de comunicação bidirecional via satélite que tem como principal característica o emprego de antenas de pequeno diâmetro, menores que 2.5 m para terminais e menores que 4 m para HUB's e ter baixo custo. Utilizam as faixas Ka nos lances de subida e Ku nos de descida.

Inicialmente usado apenas por uma empresa fabricante como marca, o VSAT ganhou posteriormente uso geral na designação de microestação. Esta companhia desenvolveu um sistema no qual cada VSAT é identificada pela sua frequência de transmissão, esquema que recebe o nome de FDMA (*Frequency Division Multiple Access*). Paralelamente começaram a surgir sistemas VSAT baseados numa terceira técnica de múltiplo acesso, na qual as VSATs transmitem

na mesma frequência, mas em tempos distintos, denominada TDMA (Time Division Multiple Access). Estes sistemas, entretanto, tinham a novidade de operarem na banda Ku (subida para o satélite em 14 GHz e descida do mesmo em 12 GHz), o que permite o uso de antenas relativamente menores que na banda C e maior rapidez na entrada em operação das microestações. Na banda Ku não é freqüente a existência de sistemas de microondas terrestres capazes de interferir ou serem interferidos por transmissões de satélite.

A rede de comunicações VSAT é composta de três componentes básicos: estações remotas (terminais VSAT), uma estação master opcional (HUB) e obviamente o satélite de retransmissão. Como será visto mais adiante, o HUB gerencia a rede num determinado tipo topologia e tem a finalidade de controlar o acesso pelo provedor do serviço.

De um a milhares todos os terminais VSAT de um mesmo sistema utilizam o mesmo *transponder* (conjunto receptor, conversor de frequência e transmissor) e compartilham a mesma banda.

Várias topologias de redes, protocolos e interfaces estão disponíveis para serem implementados em aplicações de comunicação VSAT. Como exemplo podemos citar alguns protocolos como ATM, Frame Relay, IP, X25 e o próprio ISDN.. Redes VSAT são geralmente do tipo estrela onde existe uma central (HUB) que atua como os conhecidos hub's de redes locais (par trançado).

O outro tipo de arquitetura, menos usual, é a topologia *mesh* onde qualquer um dos terminais VSAT se comunica, por intermédio somente do satélite, diretamente com um ou mais terminais. Este tipo de topologia é extremamente útil

quando se deseja diminuir o tempo de atraso de uma transmissão, já que há somente um salto entre os dois pontos.

Os satélites utilizados em ambos os tipos de arquitetura são do tipo geoestacionário. Assim, como o satélite está a uma altitude de 36.000 km acima do equador, dois terminais VSAT, um do lado do outro no equador e logo abaixo do satélite, levariam 240 ms para uma transmissão na topologia *mesh*. Normalmente os tempos de transmissão variam de 250 ms até 300 ms, com um valor típico de uso a partir de 270 ms. Obviamente para um sistema VSAT com HUB este tempo duplicaria devido aos dois saltos. Esta é uma importante característica que dificulta a utilização do VSAT em sistemas que necessitem de tempo real, em contrapartida o custo de transmissão independe da distância percorrida entre os pontos.

No caso das estações VSAT estarem conectando telefones públicos rurais com a rede cabeada (PSTN), o HUB serviria de elo para a conexão. Da mesma forma acontece quando se deseja oferecer internet a estações remotas, cada estação recebendo um IP fixo.

O primeiro e mais crítico componente do sistema VSAT é sem dúvida o satélite. Caso haja algum problema nos seus painéis solares ou no controle no seu sistema de geonavegação simplesmente não há comunicação. Os satélites modernos são compostos de 24 transponders cada um com largura de banda podendo chegar até 110 Mbps. A largura de banda pode ser combinada de diversas formas, desde que o *bit rate* total permaneça contido no limite do transponder.

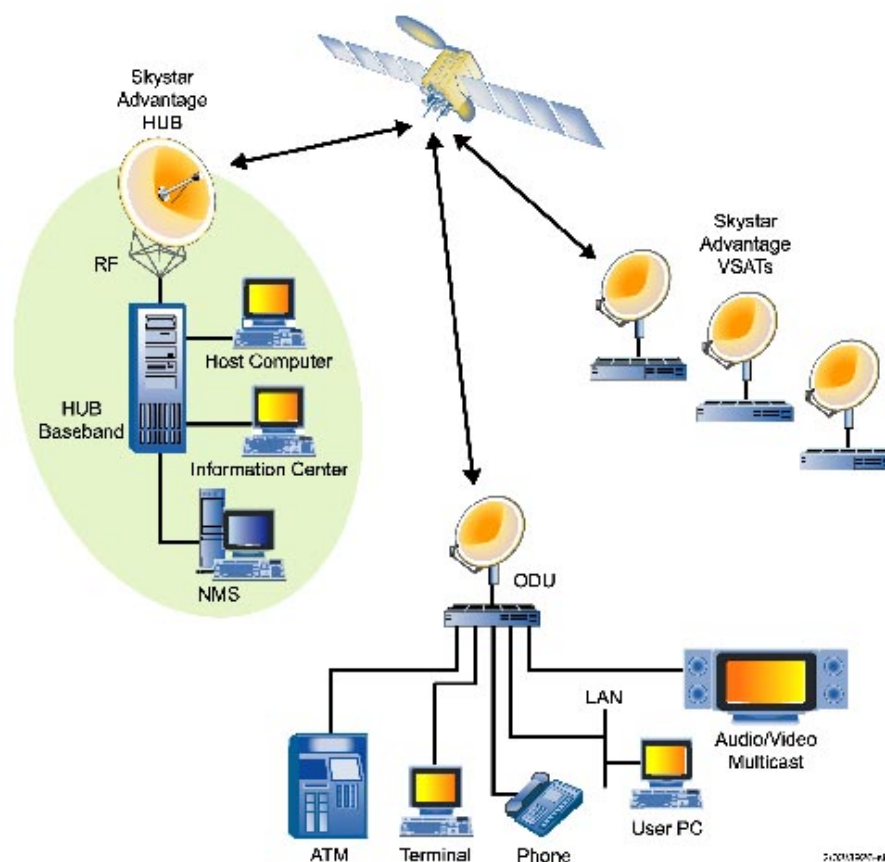


Figura 21 – Componentes do sistema VSAT

Falando agora de componentes terrestres, um bom começo seria pelas estações VSAT. Denominada por alguns fabricantes como IDU (*indoor unit*), as estações VSAT podem com somente uma antena agrupar vários tipos de serviço para a transmissão. Podemos ver na figura 15 que uma única estação pode agrupar serviços como ATM (caixa automático), terminais isolados que são conectados a mainframes, serviço de telefone, rede para PC e vídeo-conferência (considerando as ressalvas sobre o atraso).

Os tamanhos das antenas das estações estão diretamente ligados a dois fatores. O primeiro é o foco, oferecido pelo satélite que pode ser pontual (spot),

hemisférico ou global. Quando mais concentrado, teríamos maior densidade energética para as antenas, necessitando de menores antenas. Além disso, como o ganho da antena é dependente da frequência, teríamos antenas maiores para menores frequências. Assim, a banda C utiliza antenas maiores que a banda Ku e Ka.

Passando agora para o HUB, constata-se que alguns computadores estão ligados fisicamente a esta unidade. O primeiro deles é o *host*, com função de fornecer a informação necessária às estações ou conectá-las a uma rede externa. O *information center* é utilizado para guardar as informações dos clientes podendo ser convertido para uma estação junto ao HUB. E, por fim, NMS (*Network Management System*) utilizado pelo gerente da rede. Através do NMS podem-se controlar os limites dos canais, o uso, a performance e o tráfego além de executar diagnósticos e relatórios estatísticos.

Outro serviço importante é o acesso a Internet utilizando satélites geoestacionários. Este serviço tem crescido bastante a cada ano e torna-se um ponto necessário nos novos satélites de banda Ka e V. Para regiões rurais e de pequena densidade demográfica são, na maioria das vezes, a única solução de acesso.

O satélite provê uma infra-estrutura imediata de ISP (*Internet Service Provider*) e permite a usuários comerciais e residenciais alcançarem altas taxas de transmissão (400 kbps ou superiores), que a estrutura de acesso local não consegue prover (cidades ou regiões urbanas que não tenham acesso ao ADSL , nem ao cable modem).

Nas bandas Ka e V tem-se a possibilidade de tráfegos na velocidade de 64 Mbps , que atenderia a serviços como vídeo conferência, ensino a distância, tele medicina e data trunking.

A Internet via satélite, sendo ele um acesso fixo, não há que se preocupar com o tamanho da antena e, portanto o uso de GEO ou LEO é adequado. O atraso de propagação para GEO é maior que o atraso de propagação para LEO por ser esta uma característica associada à distância, porém devido ao fato de o LEO precisar fazer muito *handoff* e muito roteamento, o tempo final, onde consideramos o RTT (*Round Trip Time*), é ainda uma incógnita para os sistemas LEO. Isso irá depender da boa ou má implementação de inteligência nos satélites. Sendo os sistemas baseados em GEO desenvolvidos em menor espaço de tempo e com menor custo (devido à: necessidade de menor quantidade de satélites para cobrir todo o globo e portanto menor custo de lançamento dos satélites; maior tempo de vida dos artefatos; menos implementações de sistemas nos satélites para fazer *handoff*; menor custo para as antenas que não precisam realizar *tracking*), estima-se que sistemas GEO devem ficar mais baratos que os sistemas LEO para que o usuário obtenha o serviço.

Internet via Satélite: as expectativas da comunicação em banda larga e as implicações tecnológicas.

O cinturão de Clark só comporta 180 satélites, pois nessa distância os satélites devem estar espaçados de 2 graus. Sendo assim, em breve ele estará saturado, o que torna necessário pensar em outras órbitas para prover o serviço de comunicação de banda larga.

O TCP (*Transport Control Protocol*), protocolo da camada de transporte da pilha de protocolos TCP/IP utilizada na Internet, não exige um serviço de rede confiável, sendo ele o responsável pela recuperação de dados perdidos, duplicados, corrompidos ou entregues fora de ordem. Os mecanismos de funções de controle de fluxo e de controle de erros exigem que o TCP tenha informações sobre cada conexão. Quando dois processos quiserem se comunicar, o TCP irá estabelecer a conexão, alocando os recursos para tal e utilizando o algoritmo *three-way handshake*. Este procedimento certifica que um pacote e sua confirmação não tornem uma operação duplicada para situações de repetição de envio de dados. Para um mesmo período T não pode haver duas unidades do protocolo TCP (T-PDU) com numerações idênticas [SLC95]. O que faz com que pacotes sejam retransmitidos é a finalização do tempo no transmissor para receber confirmação do pacote enviado. Em situações de congestionamento da rede, o pacote de ack vai atrasar e portanto será reenviado, podendo gerar a execução da mesma tarefa duas vezes caso o protocolo de transporte não identifique esse problema.

O TCP fornece confiabilidade de entrega de dados através do caminho de rede incluindo redes de satélite. Há vários mecanismos do IETF que possibilitam ao TCP ser mais efetivo para utilizar a capacidade disponível na rede [AGLS99].

A eficiência do TCP não é a única consideração ao se utilizar rede de satélite. Deve-se levar em conta também o protocolo de enlace, a aplicação, o tamanho do *buffer* do roteador, o enfileiramento de pacotes, etc. Focalizamos a seguir as melhorias que podem ser feitas considerando o protocolo TCP. O atraso de propagação para uma mensagem (estação terrestre-satélite-estação terrestre) e sua confirmação correspondente é chamado de RTT (*Round Trip Time*). Para estações GEO, o RTT é de 558 ms. Para os sistemas LEO, o atraso de propagação é da ordem de no máximo 80ms na pior das hipóteses, quando o satélite está no horizonte, sendo esse tempo menor se o satélite está sobre o ponto de comunicação. Como em sistemas LEO se usa uma constelação grande de satélites para manter uma cobertura constante, é necessário utilizar comunicação inter-satélite, o que tornará o atraso de propagação muito variável dependendo do roteamento feito através da rede.

Segundo [AGLS99], as características dos sistemas de satélite que degradam o desempenho do TCP são:

1. Longo retorno das confirmações. Devido ao atraso de propagação em sistemas GEO, o TCP leva tempo para determinar se o pacote chegou ou não ao destino final, o que pode atrapalhar aplicações interativas.
2. Resultado alto de DBP = atraso * largura de banda. O DBP (*Delay Bandwidth Product*) define a quantidade de dados que um protocolo deve ter *in flight* (dados enviados, mas sem receber ack (*acknowledge*)) a qualquer tempo para utilizar completamente a capacidade disponível do canal. O TCP deve manter muitos pacotes "*in flight*" porque o RTT é alto.

3. Erros de transmissão. O BER (*Bit Error Rate*) é maior para os canais de satélite do que para redes terrestres. O TCP usa todos os pacotes descartados como sinal de congestionamento e dessa forma reduz seu tamanho de janela na tentativa de aliviar o congestionamento. Na falta de conhecimento de como um pacote foi descartado, o TCP assume que o descarte foi devido ao congestionamento, diminuindo assim sua janela deslizante.

4. Uso assimétrico. Devido ao alto custo dos equipamentos usados para enviar dados para satélites, utilizam-se freqüentemente redes assimétricas onde a estação recebe dados de satélite e envia por *modem* uma vez que o *uplink* tem menos capacidade que o *downlink*.

5. RTT variável. Para os sistemas LEO, devido ao uso dos *links* inter-satélites, o atraso de propagação varia de acordo com o roteamento escolhido e com a capacidade de processamento dos satélites. Logo, o RTT ainda é uma questão em discussão.

Conectividade intermitente. O *handoff* muito intenso em órbitas que não sejam geoestacionárias pode gerar perda de pacotes.

8.2 - DIRECT BROADCAST SATELLITE SERVICE (DBS)

Este serviço é utilizado para a radiodifusão de sinais de TV transmitidos de uma grande estação terrena central para o usuário, que pode ser um

Head-End te CATV ou um assinante (neste caso também é chamado de Direct to Home - DTH).

É uma alternativa a TV a cabo, no fornecimento de múltiplos canais com abrangência continental e rápida instalação, utilizando antenas parabólicas de 60 cm de diâmetro. São utilizados satélites geoestacionários que permitem uma grande área de cobertura.

No sistema DTH original, que operava na banda C, os assinantes residenciais apontavam a antena para um determinado satélite, a fim de ajustar a recepção dos programas. No sistema DBS um único satélite fornece toda a programação operando na Banda Ku.

Os transponders do satélite DBS possuem a capacidade de transmitir até 32 canais analógicos de TV, o que os tornariam pouco competitivos com a CATV. A solução foi comprimir digitalmente os sinais, no padrão MPEG-2, permitindo que um único transponder transmita até 200 canais. Neste formato torna-se simples a criptografia dos sinais, fator importante contra a pirataria. Com taxas de transmissão entre 34 e 38 Mbit/s, um multiplex digital pode carregar uma combinação de vários canais de TV e/ou rádio e serviços de dados.

Também é possível transmitir sinais de TV em portadoras digitais com bandas menores. Este modo é chamado de "Single Channel Per Carrier" (SCPC), ou seja, um único canal por portadora. Ainda que muito flexíveis, recepções de portadoras SCPC possuem algumas desvantagens (necessitam de maiores antenas de recepção, e pode haver incompatibilidade de decodificadores), o que faz com que esse serviço seja adequado para aplicações profissionais ou

semiprofissionais, tais como TV corporativa, Satellite News Gathering (SNG), ou distribuição por cabos.

8.3 - MOBILE SATELLITE SERVICE (MSS)

Neste serviço o sinal vindo de uma estação terrestre fixa é retransmitido pelo satélite a pequenas estações móveis, instaladas em navios, aviões, veículos ou terminais portáteis.

Serviço móvel global por satélites não-geoestacionários: é um serviço público restrito móvel por satélite (*norma 16/97*), de âmbito interior e internacional, que utiliza como suporte serviço de transporte de sinais de telecomunicações por satélites não-geoestacionários cujas estações de acesso são interligadas a redes terrestres, fixas ou móveis.

Serviço móvel marítimo por satélite: serviço móvel por satélite no qual as estações terrenas móveis estão localizadas a bordo de navios. As estações de dispositivos de salvamento e as de radiofarol de emergência indicador de posição podem também participar deste serviço.

Serviço móvel por satélite: um serviço de radiocomunicação entre estações terrenas móveis e uma ou mais estações espaciais ou entre estações espaciais utilizadas neste serviço; entre estações terrenas móveis por meio de uma

ou mais estações espaciais; para ligações entre estações espaciais e uma ou mais estações terrenas situadas em pontos fixos determinados, se o sistema assim o exigir.

Serviço móvel aeronáutico por satélite: um serviço móvel por satélite no qual as estações terrenas móveis estão localizadas a bordo de aeronaves. As estações de dispositivos de salvamento e as de radiofarol de emergência indicador de posições podem também participar deste serviço.

IX - SATÉLITES E CONSTELAÇÕES DE SATÉLITES

O consórcio INMARSAT (INternational MARitime SATellites) foi o primeiro operador de satélites mantendo 4 satélites geoestacionários Inmarsat-3 para a cobertura do globo terrestre. O sistema possui um quinto Inmarsat e 4 Inmarsat 2 como backup. Em 2004 pretendem lançar o Inmarsat-4, que terá capacidade de prover ligações via Internet, vídeo on demand, videoconferência, voz e LAN com velocidade de acesso da ordem de 432 kbps para suportar a nova Broadband Global Area Network (B-GAN), sendo compatível com sistemas celulares 3G.

Os principais consórcios de satélites existentes no mundo:

1. **Inmarsat**: Organização Internacional com 81 países-membros. Home page: <http://www.inmarsat.org/inmarsat>
2. **Globalstar**: Consórcio de 10 empresas. São 56 satélites (8 já inativos), alcançando cem países, usados para viva voz, dados, fax e outros serviços de telecomunicações. Home page: <http://www.globalstar.com>
3. **Orbcomm**: pertence às empresas orbital Sciences Corporation e Teleglobe Inc. São 36 satélites e dois já em operação. Home page: <http://www.orbcomm.net>
4. **Odissey**: As duas empresas fundadoras são a TRW e a Teleglobe Inc. São 12 satélites, a um custo de 1,3 bilhão. Será usado para transmissão de voz e dados. Home page: <http://www.trw.com/seg/sats/ondy.html>
5. **Ellipso**: São 17 satélites, a um custo de US\$ 900 milhões. Pertence à empresa norte-americana Mobile Communications Holdings.

Transmitirá principalmente voz mas também dados. Entra em operação no começo do ano 2000. US\$ 1,3 bilhão. Home page: <http://www.ellipso.com>

6. **Teledesic:** Fundado em 90. Seus principais acionistas são Craig MacCaw, ex-proprietário da MacCaw Celular e Bill Gates, proprietário da Microsoft. A Boeing tem 10% da empresa. Início das operações está previsto para 2002. Serão 288 satélites, a um custo de US\$ 9 bilhões. Home page: <http://www.teledesic.com>

Nome	Orbita	Satélites	Tempo de vida	Serviços	Modos	Operacional
Orbcomm		28		D		LIVE since 5/99
E-Sat		6		D		2000
FAISAT		26		D,Vm,P		2000
VITAsat (VITA)		2		D		2000
Koskon (Polyot)	B-LEO	32		V,D,F,P		2000
Globalstar	B-LEO	48	7.5y	V,D,F,P,GPS	CDMA	LIVE since 10/99
I-CO	MEO	10	12y	V,D,F,P	TDMA	2000
Iridium	B-LEO	66	5y	V,D,F,P	FDMA+TDMA	LIVE since 11/98
GE Starsys		24		Dm		2000
GEMnet (CTA Commercial Systems)		38		D		2000
LEO One USA		48		D		2000
M-Star (Motorola)	Broadband LEO	72		broadband services		2000
ECCO (Constellation/TELEBRAS)	B-LEO	46		V,D,F,P		2000
Ellipso (MCHI)	LEO/MEO	17		V,D,P,E		2002
Odyssey	B-LEO	12	15y	D,V,F,SMS	CDMA	2002
Teledesic	Broadband LEO	840	10y	broadband services	ATDMA+CDMA	2002
Celsat (Hughes/Nortel)	GEO	3		V,D,F,P		2000
INMARSAT 3	GEO	5	12y	V,D,F		LIVE
Spaceway (Hughes Network Systems)	GEO	12		V,D,Vi, broadband services		2000
Thuyara	GEO	2	dez/15	V,D,P,E		2000
Aces	GEO	2	12	V,D,P,E		2000

ATDMA	Advanced Time Division Multiple Access
B-LEO	Big LEO
BrdBnd	Broadband Services
CDMA	Code Division Multiple Access
D	Data
Dm	Data Messaging
E	E-mail
F	Fax
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GPS	Global Positioning System
LEO	Low Earth Orbit
L-LEO	Little Low Earth Orbit
MEO	Middle Earth Orbit
P	Paging
SMS	Short Message Service
TDMA	Time Division Multiple Access
V	Voice
Vi	Vídeo

Figura 22 - Exemplos de constelações

9.1 - SATÉLITES NO BRASIL

Os primeiros estudos para implantação de um satélite doméstico, no Brasil, datam de 1968, com o Projeto SACI, no âmbito do Instituto de Pesquisas Espaciais (INPE), então Comissão Nacional de Atividades Espaciais (CNAE). O satélite do Projeto SACI destinava-se à teleeducação pelo rádio e televisão.

Em 1973 iniciaram-se os estudos para se implantar em satélite doméstico de telecomunicações. Dois anos depois, foi instituído o Grupo de Trabalho do Sistema Brasileiro de Telecomunicações Via Satélite (SBTS), que desenvolveu um projeto completo, chegando mesmo o sistema a ser licitado. Seu custo incluía fornecimento e montagem dos equipamentos das estações terrenas,

além da antena parabólica, pela empresa vencedora da concorrência. Entretanto, o projeto acabou sendo arquivado por falta de recursos.

Foi mantido, todavia, o mesmo Grupo de Trabalho que continuou estudando o problema e acompanhando a evolução tecnológica de comunicações por satélite, até que uma nova conjuntura levou ao desenvolvimento de um novo projeto.

Novas condições de transferência de tecnologia, participação da indústria nacional no projeto e contrapartidas de exportação de produtos brasileiras para economia de divisas viabilizaram uma nova concorrência. Os entendimentos e o desenvolvimento das negociações entre a Embratel e as empresas Spar/Hughes e Arianespace culminaram com a assinatura, no dia 30 de junho de 1982, dos contratos de compra dos dois satélites e do foguete Ariane.

Os sistemas de radioenlace com satélite fornecem serviços de comunicações com elevado grau de confiabilidade e disponibilidade. Em países como o Brasil, onde a extensão territorial é muito grande, os serviços de comunicação via satélite são recomendados, pois, além de barreiras econômicas, existem, ainda, barreiras técnicas que muitas vezes inviabilizam os meios de comunicações terrestres. Os satélites Brasilsat, atualmente prestando serviços, foram construídos sob a responsabilidade técnica da empresa canadense Spar Aerospace, e é baseado no modelo HS-376 da empresa norte-americana Hughes Aircraft. Cada satélite está equipado com 24 canais de rádio, nas faixas de 6 GHz no enlace de subida (Up-link) e 4 GHz no enlace de descida (Down-link), permitindo até 12000 ligações telefônicas simultâneas ou a transmissão conjunta de 24 programas de televisão. Possui a forma cilíndrica, e gira no espaço como se

fosse um pião, movimento necessário para estabilizá-lo. Possui 2,16 m de diâmetro e mede 3,12 m de altura, sendo que no espaço, com os painéis solares abertos, fica com 6,71 m de altura. E constituído por duas plataformas: uma giratória que contem os sistemas de energia e propulsão, e outra estacionaria, onde se encontra o sistema de comunicação. Além destes, o satélite possui ainda sistemas de antenas, telemetria, comando, rastreio, medidas de distancia e controle térmico. Vários sensores instalados em seu interior fornecem ao satélite a estabilidade adequada e sua energia é gerada por painéis solares que recobrem sua parte exterior.

É o tempo gasto para um sinal de radiofrequência se propagar entre dois pontos. Como o satélite está estacionado a aproximadamente 36000 Km de altitude da Terra, algum tempo será gasto para o sinal se propagar da estação terrena para o satélite e vice - versa, que poderá ser maior ou menor dependendo da latitude e longitude das estações terrenas em relação ao satélite.

A prestação de serviços de telecomunicações utilizando satélite é realizada por entidade que detém concessão, permissão ou autorização para prestação de serviços de telecomunicações. Entre os serviços que utilizam satélite podemos destacar

- O Serviço Móvel Global por Satélite - SMGS - é o serviço móvel por satélite que tem como principais características utilizar sistemas de satélites com área de cobertura abrangendo todo ou grande parte do globo terrestre e oferecer diversas aplicações de telecomunicações.

- O Serviço de Distribuição de Sinais de Televisão e de Áudio por Assinatura via Satélite é uma das modalidades de serviços especiais regulamentados pelo decreto n.º 2.196 de 08/04/97, que tem como objetivo a distribuição de sinais de televisão ou de áudio, bem como de ambos, através de satélites, a assinantes localizados na área de prestação de serviço.
- O Serviço Telefônico Fixo Comutado (STFC) é o serviço de telecomunicações que, por meio de transmissão de voz e de outros sinais, destina-se à comunicação entre pontos fixos determinados, utilizando processos de telefonia. São modalidades do Serviço Telefônico Fixo Comutado destinado ao uso do público em geral: o serviço local, o serviço de longa distância nacional e o serviço de longa distância internacional.
- O Serviço de Rede de Transporte de Telecomunicações é destinado a transportar sinais de voz, telegráficos, dados ou qualquer outra forma de sinais de telecomunicações entre pontos fixos.

Satélite	Banda C	Banda Ku
Brasilsat A2	20	
Brasilsat B1	28	
Brasilsat B2	28	
Brasilsat B3	28	
Intelsat		06
Nahuel		08

Tabela 14 - Capacidade de satélites que operam no Brasil

9.2 - VSAT no Brasil

No Brasil, no final da década de 80, iniciou-se o uso pelo segmento bancário de redes VSAT na modalidade private hub, modalidade na qual o cliente investe na estação Hub, instalada em suas dependências, e nas microestações, com transmissão pelo satélite Brasilsat em banda C (Serviço Datasat-Bi Exclusivo da Embratel). Redes com tecnologias FDMA e CDMA foram comercializadas, mas como nos EUA, os sistemas TDMA se impuseram no mercado. Em 1991, a Embratel iniciou a operação de uma estação Hub compartilhada com tecnologia TDMA (Serviço Datasat-Bi Compartilhado) localizada inicialmente no Rio de Janeiro, depois transferida para S.Paulo. Nesta outra modalidade há um compartilhamento da estação hub e das portadoras *outbounds* e *inbounds* entre vários usuários. Já existem também no país VSATs interligadas a estação hub no exterior (EUA), utilizando satélite em Banda C da Organização Intelsat, da qual a Embratel é signatária. Mais recentemente, a Embratel passou a oferecer o Serviço Datasat-bi Exclusivo também em banda Ku, através de segmento espacial contratado ao Intelsat, embora sem cobertura de todo o território nacional, permitindo a entrada em operação da primeira rede VSAT nessa banda de frequências adquirida por uma grande indústria do setor automotivo. Acordos com países da América Latina estão sendo negociados, o que ampliará a utilização transfronteira de redes VSAT.

X – SEGMENTO ESPACIAL

No plano espacial para a instalação de redes VSAT se usam:

- ✓ Satélites geoestacionários
- ✓ Faixas de frequências específicas para aplicação VSAT

O segmento espacial é o ponto chave de uma rede

É o único canal por onde realiza a Comunicação com as seguintes vantagens e desvantagens que ele tem:

- ✓ É um canal compartilhado por todos que necessitam usar alguma técnica ou protocolo de acesso do meio (FDMA, TDMA, DA-TDMA...);
- ✓ É o único ponto da rede que não pode ser remanejado com total liberdade do instalador de uma rede VSAT. Deve ser controlado a empresa ou provedor com capacidade espacial

10.1 – Obtenção de Licença

O problema principal ao instalar uma rede VSAT é o de evitar as interferências com outros já instalados previamente. Para ele a UIT , em seu artigo 11 de seu regulamento indicam os itens a seguir:

✓ **Aplicação**

Os itens referentes a estação da terra são entregues ao operador, em pequenos cartazes padronizados por toda a autoridade nacional de telecomunicações. Esta registra os dados da estação e preenche os cartazes padrão da UIT.. Este impressos devem cumprir o Apêndice 3 da Regularização do Rádio da UIT. Os dados da estação servem como entrada ao seguinte item: coordenação.

✓ **Coordenação**

Deve-se distinguir a coordenação da estação terrena de outro sistemas terrestres e a estação terrena diante de outros sistemas via satélite. Este segundo caso não vamos falar. Já o primeiro caso designa uma área ao redor da estação terrena, chamada área de coordenação, que é baseada no Apêndice 28 da regulamentação da UTI. Envia-se uma carta de coordenação junto aos impressos preenchidos e um gráfico da área das autoridades de telecomunicações dos países registrados e a UIT. Os problemas de coordenação se resolvem bilateralmente entre os países associados. Se a área de coordenação só afeta um país, deve se evitar este item.

✓ **Notificação**

Sé termina a coordenação, a UIT comprova se o procedimento está correto. Se esta estação inscreve-se no Registro Geral Internacional de frequências.

✓ **Licença do equipamento**

O procedimento anterior só é viável se a planificação e a instalação do equipamento forem lentas. Nos EEUU e no Japão, onde a demanda é alta, o procedimento simplifica-se bastante apenas obter uma licença para o equipamento.

- EEUU

A autoridade (órgão) de telecomunicação é o Federal Communication Commite que é baseado em uma política para um procedimento simplificado de obtenção da licença, baseado na aprovação das instalações VSAT. As estações terrenas operando em faixa Ku só requerem obter licença como parte de um sistema. Este procedimento dura entre 9-0 e 120 dias. Ai criarem outras curtas no sistema, não é necessário licença individual se cumprirem uma série de requisitos.

- JAPÃO

Tem um procedimento semelhante. Uma vez comprovados os metros e a certificação necessário para a aplicação do sistema, obtem-se a licença. Para VSAT, as licenças podem obter para múltiplas estações (aqui há algo que não entendo).

- EUROPA

Cada país tem uma política diferente. Acredita-se que os trabalhos de ETS em padrão darão lugar a guias úteis para as autoridades de

telecomunicações de cada país, em permissão de um sistema de licença pan-europeo. O parlamento europeu votou em 1993 a favor de uma nova regulação que permita que uma pequena estação aprovada em um país da EU possa utilizá-la e qualquer outro país da EU. Isto fará com que instalação de redes VSAT na Europa seja mais barata e fácil.

✓ **Acesso ao Caminho espacial**

O operador na terra deve entrar em contato com a autoridade nacional de telecomunicações, quem preferir entre em contato com o proprietário do satélite, ou qual comunicar o espaço livre que tem no satélite (condutores livres, capacidade de tráfico...). O operador da VSAT na terra deve cumprir com os requisitos de Pire, com não estabilidade de frequência, controle de transmissão, etc, requerido pelo satélite.

✓ **Permissão de instalação**

A instalação de um terminal VSAT arca problema de localidade e controles de zona, edificação e pessoas de segurança. Devem se cumprir os regulamentos locais e a proteção do inclino. As licenças para instalar antenas nos telhados e a instalação dos cabos devem ser feitas pelas autoridades competentes em cada caso.

10.2 – Equipamentos para VSAT e HUB

Faixa de frequências

Item	Hub	VSAT
Faixa de frequências para transmissão	14-14.5 GHz. en faixa Ku 5.925-6.425 GHz en faixa C	14-14.5 GHz. en faixa Ku 5.925-6.425 GHz en faixa C
Faixa de frequências para recepção	10.7-12.75 GHz. en faixa Ku 3.625-4.2 GHz en faixa C	10.7-12.75 GHz. en faixa Ku 3.625-4.2 GHz en faixa C

Antenas

Item	Hub	VSAT
Tipo de antena	Reflexor duplo	Reflexor simple
Afastamento	2-5m en hub pequenos 5-8m en hub medio 8-10m en hub grande	1.8-3.5m en banda C 1.2-1.8m en banda Ku
Aislamiento Tx/Rx	30dB	35dB
Relação de onda estacionaria	<1.25	<1.3
Polarização	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C	Lineal ortogonal en banda Ku Circular ortogonal en banda C
Ajuste de polarização	90° grados para polarizacion lineal	90° grados para polarizacion lineal
Nivel de lóbulo secundario	25-29 dB	25-29 dB
Execução em azimut	120°	160°
Excursión en elevación	3°-90°	3°-90°
Vento	Estación en operación: até 70 Km/h Suporta: até 180 Km/h	Estación en operación: 100 Km/h Suporta: até 210 Km/h
Resfriamento	Eléctrico	Opcional

Amplificador de potencia

Item	Hub	VSAT
Potencia de saída	En amplificadores SSPA: 3-15W en banda Ku 5-20W en banda C En amplificadores TWT: 50-100W en banda Ku 100-200W en banda C	En amplificadores SSPA: 0.5-5W en banda Ku 3-30W en banda C
Escalações de frequência	100 KHz a 500 KHz	100 KHz

Figura 23 – Equipamento para VSAT E HUB

Análise da ligação de rádio-frequência

A presente seção concentra-se no estado da redução do BER a valores pequenos em função de custos aceitáveis. A eliminação de erros a nível físico é impossível totalmente e deverá ser o nível de ligação de dados encarregados de garantir uma transmissão livre de erros, por meio de protocolo adequados.

A média de erros (BER) deve ser minimizado e para isto devemos estudar os parâmetros dos quais depende:

- tipo de modulação
- tipo de codificação
- relação portadora de ruídos

Princípios básicos

O estudo da relação deverá ser realizado em configuração estrela, em que teremos N portadoras da ligação de subida, procedentes cada uma delas de uma estação VSAT. Estas portadoras são retransmitidas pelo satélite até a estação HUB, em que se modula TDM a única portadora, manda-se de novo ao satélite, a qual reemite aos VSAT em recepção.

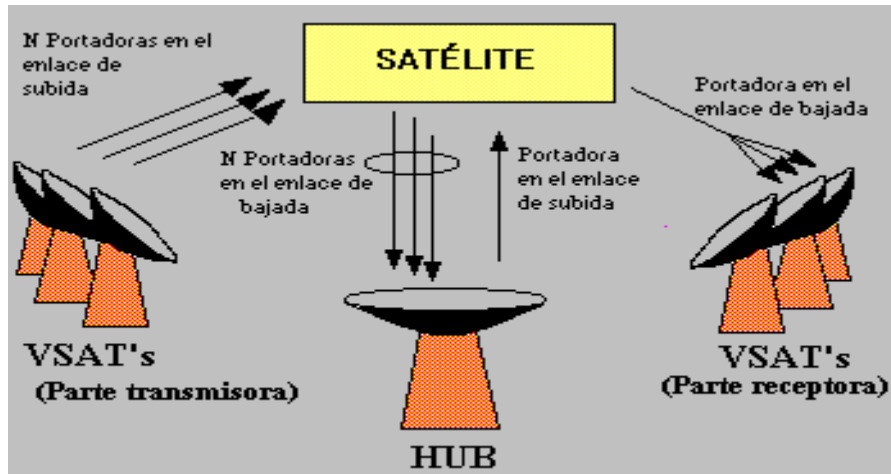


Figura 24 – Satélite e portadores

Esta portadora se vê contaminada por diversas fontes de ruído, a saber:

- Ruído térmico
- Menos espaço
- Ruído de interferências
- Ruído de intermodulação

O ruído total a se levar em conta na ligação será devido a soma da contribuição de cada uma das fontes de ruídos separados.

Ruído Término

Temos neste grupo diversas fontes de ruído de grande importância:

- 1- A terra para as antenas do satélite

2- O céu para as antenas das estações terrenas

3- Os próprios componentes dos receptores.

Os dois primeiros vêm caracterizados na hora de fazer cálculos pelas temperaturas de ruído das antenas.

Ruído De Interferências

O ruído devido às interferências tem sua origem em comunicações distintas das redes que usam as mesmas faixas de frequências. Na ligação de subida são fontes de ruído das estações terrenas pertencentes a outros sistemas geoestacionários e a transmissão terrena por microondas.

A ligação de baixada são fontes de ruído do satélite adjacentes ao próprio e também as transmissões terrenas por microondas.

Destaca-se este tipo de interferências que podem ser produzidos por antenas pertencentes a redes distantes da nossa, mas também podem ser devidas as do nosso próprio sistema (quando se usa polarização cruzada a mesma faixa de frequência no diferente locais).

Ruído de intermodulação

Quando usa-se um acesso do tipo TDMA não aparecem problemas de intermodulação, porque em cada intervalo de tempo se amplifica uma portadora. Pois bem, quando o acesso é do FDMAS, CDMA ou um híbrido FDMA/TDMA aparecem os chamados produtos de intermodulação, que originam

sinais a frequências iguais a combinação linear das frequências usadas pelas portadoras iniciais. Fundamentalmente há de existir somente produtos de intermodulação de ordem 3. Este ruído de intermodulação será caracterizado posteriormente como um ruído imperceptível da saída do transportador.

O estudo desta seção se bastará: pois ao encontrar a relação portadora ao ruído total da ligação que virá definido como se segue:

$$\left(\frac{C}{N_o}\right)_r = \left(\frac{C}{N_o}\right)_u + \left(\frac{C}{N_o}\right)_D + \left(\frac{C}{N_o}\right)_{IM} + \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_u + \left(\frac{C}{N_{oi}}\right)_D \quad (\text{Hz}^{-1})$$

donde

N_o hace referencia al ruido térmico

N_{oi} hace referencia al ruido de interferencia

U hace referencia al enlace de subida (uplink)

D hace referencia al enlace de bajada (downlink)

Tabela 15 – Referência ao ruído térmico

N faz referência ao ruído térmico

N_{oi} faz referência ao ruído de interferência

U faz referência a ligação de subida

D faz referência a ligação de descida

Informação mais detalhada

- ✓ Ruído de ligação de subida: pode-se encontrar em
- ✓ Ruído de ligação de descida
- ✓ Ruído devido a interferências
- ✓ Ruído de intermodulação
- ✓ Taxa de erros

XI – REQUISITOS DE UMA REDE VSAT (VERY SMALL APERTURE TERMINAL)

A rede deve permitir:

- ✓ Estabelecimento da conexão entre falante e o ouvinte;
- ✓ Encaminhamento dos sinais do falante levando-se em conta a
compartilhação do meio (canal);
- ✓ Proporcionar um canal fiel para a informação. Isto se traduz
para sinais digitais por:

- 1- A ausência de perdas de dados;
- 2- A ausência de cópias
- 3- Comportamento FIFO dos dados
- 4- Atraso controlado e razoável

Nota:

Todas as especificações que pode-se e impor a uma rede VSAT dependerão do tipo de dados e de projeto que se vão a tratar majoritariamente. Portanto, uma rede VSAT estará disposta a trabalhar com certo tipo de tráfico oferecendo outros tipos de serviços de forma menos eficiente.

De forma geral, as redes VSAT são desenhadas para suportar trocas interativas de dados.

11.1 – ESTRUTURA FÍSICA E DE PROTOCOLO DE UMA REDE VSAT

- ✓ Estrutura da Rede (parte terrena e parte radio-eletrica);
- ✓ Causas (ligações via satélite X ligações terrenas);
- ✓ Comportamento dos protocolos (em função da Ruído e do

atraso).

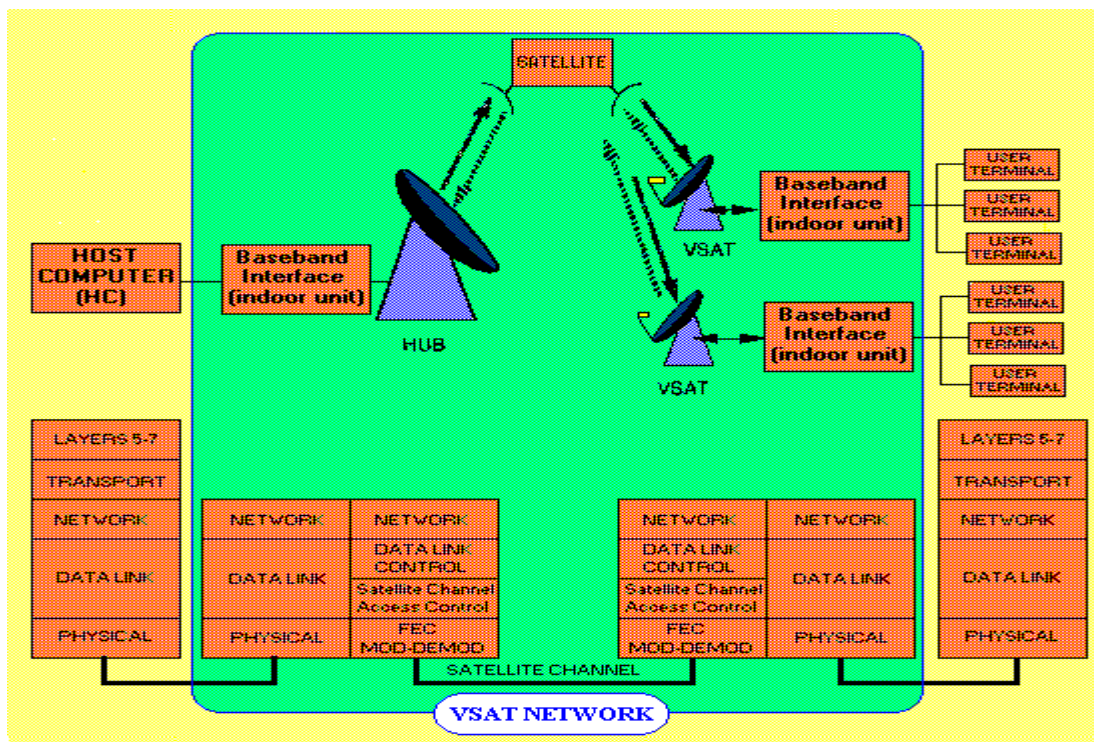


Figura 25 - Estrutura de uma rede VSAT

Vemos neste diagrama duas representações que colocam a estrutura física da rede e a estrutura do protocolo paralela. Destaca-se a separação da rede em uma parte terrena e outra via-satélite. A presença das passarelas (base interface) indica que existe uma conversão de protocolo.

11.2 – Diferenças entre ligações via satélite e ligações terrestres

As principais diferenças que afetam os protocolos são:

- ✓ Que nas redes via satélite os atrasos são de ordem de 100 a 1000 vezes superiores aos atrasos das redes terrestres.
- ✓ Que as ligações rádio-elétrico, principalmente quando as distâncias são grandes, têm muito mais ruídos do que se produz por um incremento da probabilidade de erro e da perda de dado.

Logo o comportamento dos protocolos serão distintos ao longo do caminho via satélite propriamente dito ou no resto da rede.

11.3 – Conclusões sobre protocolo

Vimos como protocolos possuem um excelente comportamento quando o atraso é pequeno (redes terrestres), respondem muito pior quando o

atraso é maior. Do mesmo modo os protocolos têm distintas respostas do ruído. Isto explica o emprego de dois protocolos distintos para a parte terrestre da rede e para a parte rádio-elétrico.

11.4 – Descrição dos métodos de acesso básico

FDMA

Acesso múltiplo por divisão na frequência. Divide-se a faixa em sub-faixas ou canais que consignam dinamicamente.

TDMA

Acesso múltiplo por divisão no tempo. O tempo divide-se em slots que gastam a totalidade do lado da faixa. Um inconveniente é que requer sincronismo entre todos os terminais conectados na rede.

CDMA

Acesso múltiplo por divisão de código. Emprega-se a técnica de imagem ampliada mediante a utilização de um código. Um dos problemas principais deste sistema é o desperdício do lado da faixa, mas a troca protege interferências.

11.5 – Acesso ao meio em redes com configuração em malha

Requisitos: Todos os VSATs devem poder estabelecer uma conexão com outra VSAT através do satélite. A partir de agora vamos supor que a rede está composta por N VSAT's

Soluções possíveis

Solução direta com consignação fixa:

Cada VSAT dispõe de:

Transmissão	(N-1) Portadoras
Recepção	(N-1) Portadoras
Transportador	N(N-1) Portadoras Uplink N(N-1) Portadoras Downlink

Agora o S-ALOHA apresenta o efeito antes mencionado de mensagem demorada e vimos como aumenta substancialmente o atraso com o tráfego com que FDMA e o TDMA um comportamento quase constante. O FDMA segue tendo em comportamento por diante do atraso do TDMA.

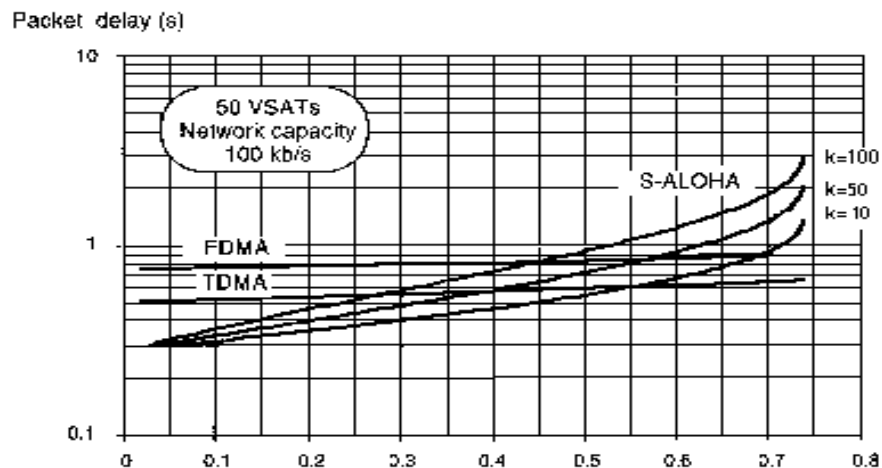


Tabela 16 – Comparação VSATs

CONCLUSÃO

A GRANDES RISCOS PODEMOS DIZER:

1- Solução híbrida FDMA – TDMA por grupos satisfaz conveniente o compromisso entre o aproveitamento do lado da faixa oferecida pelo transportador e a potência de VSAT necessária.

2- Quando o tráfico consiste em mensagens longas, o método de consignação que demanda é a que responde melhor.

Quando o tráfico consiste em mensagens curtas, os métodos de consignação aliatórias (S-ALOHA) são as que respondem melhor. As soluções que combinam os dois tipos de consignação são os que mais podem se implementar.

3- Se existem muitos problemas de interferências (existem outros sistemas funcionando com as mesmas frequências e polarização), utilizaremos CDMA em detrimento do regime binário.

PRODUTOS PARA UMA REDE VSAT

Uma vez fixada os parâmetros de serviço que deve cumprir a rede, e o tipo de serviço que se deve dar (transmissão de voz, dados, vídeo, conferência, etc) o

usuário deve eleger, entre uma ampla escala, o fabricante e terminal VSAT concreto que cubra as necessidades da rede. Aqui mostramos alguns exemplos de produtos do mercado e uma lista de fabricantes e seus serviços .

TERMINAIS VSAT DO MERCADO

Personal Earth Station 4000 tm: são marcas registradas de Hugles network Systens, Inc.

Este terminal VSAT permite a difusão de aplicações de vídeos e dados. Tem uma alta qualidade de recepção e velocidade de transmissão. As antenas que utilizam medem entre 0,75 m e 2.4m, selecionados em função da aplicação. A velocidade de transmissão é selecionada também em função da aplicação. O tempo médio entre falhas é de 4 anos, o que proporciona um alto grau de serviço.

Unidade externa: Esta formada pela antena e um amplificador de baixo ruído que aumenta a qualidade de sinal recebida.

Unidade interna: Converte o sinal a faixa base e proporciona as interfaces necessárias aos equipamentos de processo de dados. A configuração tem 2 portos E/S, mas pode ser expandida até ter 8. Oficialmente pode-se ampliar para 32 pontos.

Especificações:

Frequências: em faixa C ou faixa Ku

Velocidade de transmissão:

- Assíncronica: até 19.2 Kbps
- Síncronica: desde 1.2 até 64 Kbps.
- Estandar: de 2 a 8 portos E/S
- Opcional: até 32 portos E/S

Interfaces ai usuário: segundo as normas RS-232, RS-422, v35

Taxa de erro: 10^{-7}

Protocolos: x.25, SDLC, BCS 3270, X.28PAD.

CLEAR LINK PLUS tm

É uma marca registrada de AT &T, Inc.

Este terminal também permite trabalhar muito com voz e dados.

Trabalha em faixas Ku e C, ainda que a potência transmitida em faixa C seja maior. As prestações são similares as do termin al anterior, ainda permite diferentes tipos de acesso ao satélite (Aloha e TDMA com disputa, com consignaçoão fixa, controlada por demanda e com acesso combinado.

FABRICANTES

Esta é uma lista com alguns dos principais fabricantes e

provedores de serviços VSAT.

Hughes Network Systems

AT&T Tridom

NSN Network Services.

O QUE O CLIENTE BUSCA

Aqui indica-se os parâmetros mais importantes que o usuário considera ao instalar uma rede VSAT.

- Interfaces ao equipamento
- Independência do vendedor
- Tempo de configuração
- Acesso ao serviço
- Flexibilidade
- Recuperação diante de falhas
- Probabilidade de bloqueio
- Tempo de resposta
- Qualidade de ligação
- Disponibilidade
- Manutenção

INTERFACES

A unidade que se instala no edifício do cliente incorpora certo número de conectores específicos de entrada/saída para o terminal de usuário.

Nas redes de dados o cliente quer ser capaz de utilizar os canais do satélite e as estações de forma que sejam transparentes às aplicações futuras.

Muitas vezes está interessado em marcar uma rede já existente, mas não quer marcar o equipamento que tem como controladores de clusters, processadores front-end e outros equipamentos concentrados com dados. Pode ser incluso sujeito a reconfigurar o equipamento trocando as direções dos dispositivos ou a duração dos temporizadores.

Portanto é interessante que todos os interfaces físicas estejam definidas por software e sejam carregáveis desde o sistema gerenciador da rede no AUB central. As modificações das interfaces individuais dos VSAT, não devem afetar as outras interfaces que estejam funcionando no mesmo lugar.

INDEPENDÊNCIA DO VENDEDOR

As funções gerais de uma rede VSAT são as mesmas para todos os vendedores e produtores. De qualquer forma, cada VSAT tem um proprietário do desenho e os protocolos. Portanto, em uma rede em estrela, os produtos de

diferentes vendedores podem não utilizar e mesma canais no satélite nem os mesmos equipamentos no AUB.

TEMPO DE CONFIGURAÇÃO

Contém dois aspectos:

- ✓ O tempo necessário para preparar para a rede uma configuração dada. Um dado típico é de 90 dias para uma rede de 1200 nódulos.
- ✓ O tempo necessário para expandir a rede; uma estação VSAT pode ser instalada em poucos dias. Este tempo é menor que o que demora em instalar uma linha arrendada , que é de umas semanas.

ACESSO AO SERVIÇO

Muitas redes VSAT são a princípio unidirecionais, utilizadas por exemplo para radio-difusão de TV. Mais tarde o cliente deseja ampliar o serviço para uma rede de dupla direção para transmissão de dados. Pode ser mais barato incluir a opção de distribuir TV em uma rede de transmissão de dados.

Pode ser preferível para o operador da rede perguntar ao provedor que teste de instalação se devem realizar para o desdobramento da rede. Esta é uma oportunidade para testar o equipamento e comprovar que o serviço requerido é bom através de uma pequena demonstração. Também podem ser realizadas medidas de tráfico e comprovar que o tráfico atual está conforme as suposições de desenho. Inclusive se o cliente não está completamente satisfeito, pode-se redesenhar a rede a menor custo que quando está operando.

FLEXIBILIDADE

Uma das principais vantagens das redes VSAT é que a expansão (adição de novos terminais e circuitos) pode ser realizado sem ter que reconfigura a rede ou sem que haja um impacto no resto da rede.

Sem demora no funcionamento da rede e inclusive a qualidade do serviço oferecido ao usuário são sensíveis ao aumento de tráfico, que se incrementa sem se incluírem muitas estações VSAT.

É conveniente para prever outras expansões da rede o sobre dimensionar o HUB e o caminho espacial requerido em 20% sobre os requerimentos iniciais.

Dito que as freqüentes aquisições e a reestruturação de corporações fazem parte do mundo atual dos negócios, é importante que o cliente

não sinta que suas necessidades em telecomunicações acabem com seu potencial de expansão.

RECUPERAÇÃO DIANTE DE FALHAS

As comunicações via satélite são arriscadas por natureza. Muitos diretores de expressas não confiam neste tipo de comunicação porque não o conhecem. É importante estabelecer manejadores de falhas, procedimentos de restauração e entorno de recuperações consistentes diante de falhas e desastres. Estes estornos devem ser adaptados as necessidades do cliente.

A recuperação deve incluir:

- ✓ Recuperação do HUB
- ✓ Recuperação de estações VSAT
- ✓ Restaurar o satélite
- ✓ Restaurar a conexões terrenos

Uma falha no HUB pode afetar só algumas de suas funções, permitindo que funcione com uma capacidade reduzida para a manutenção da rede. Se o HUB falha ou é destruído provando a caída da rede, deve-se considerar possuir outra estação terrena, fixa ou móvel, auxiliar para continuar as operações imediatas sem troca das estações VSAT ou do satélite.

Se a rede em questão tiver um HUB distribuindo, com suas conexões por linhas terrenas, deve-se levar em conta. Operador deve ter plano segundo para este caso.

O sistema de manejo da rede (NMS) deve realizar uma identificação centralizada das falhas e funções de diagnóstico para cada VSAT. A caída de uma estação VSAT implica um evento que não pode ser retificado com comandos e recarga posterior de parâmetros pelo NMS. O método concreto de manejar falhas consiste em detectar a tempo e de forma correta. A inclusão de equipamentos de teste na estação VSAT é primordial para manter a capacidade de monitorização.

No caso de que a falha ameaça a integridade da rede (por exemplo uma estação VSAT danificada gera interferências a outros sistemas), a transmissão desse terminal deve ser interrompida imediatamente. Uma solução é implementar um sinal contínuo desde o HUB até todas as estações VSAT. Se uma estação VSAT não recebe o sinal do HUB deve interromper imediatamente sua transmissão.

As falhas neste satélite são raras, mas dito que a vida média de um satélite é de 15 anos, deve-se estar preparado para esta eventualidade.

A falha mais possível é um desapontamento do satélite e tem como resultado a caída completa da rede. De todas as formas, não leva mais de poucas horas levar o satélite a sua posição original.

Uma falha do transportador requer trocar a rede para outro transportador no mesmo satélite. Esta probabilidade é altamente dependente das

condições de contratação entre os operadores da rede e o satélite: A capacidade do satélite pode ser alugada como non-preemptible o preemptible.

✓ O aluguel non-preemptible significa que o operador do satélite garante o uso do lado da faixa do transportador e se compromete a fazer o possível por oferece o mesmo lado da faixa em outro transportador em caso de falha do que está alugado.

✓ O aluguel preemptible, significa que a capacidade alugada não pode ser garantida todo o tempo.

Trocar de transportador significa trocar as frequências de operação e/ou polarização de toda a rede. Isto que estar planejado de ante-mão para que no caso de que haja perdas de sinal, as estações VSAT possam automaticamente se sintonizar em outra frequência a/ou polarização para encontrar o sinal do HUB.

Finalmente, existe a possibilidade de que o satélite completo falhe, com as necessidade de mudar se para outro satélite. Isto significa reapontar todas as antenas das estações VSAT. Este reapontamento pode ser feito de forma manual, ocupando muito tempo ou de forma automática, que encarece o custo das estações VSAT.

De qualquer jeito, a caída total ou parcial da rede pode ser desculpada em parte se há ligações terrenas de precaução. Se uma ligação cai, pode ser automaticamente redigida a uma ligação terrena, por uma rede pública de transmissão de dados. Esta possibilidade aumenta a disponibilidade da rede e dos vendedores podem oferece-la.

PROBABILIDADE DE BLOQUEIO

A probabilidade de bloqueio é considerada em relação ao modo de operação da rede, quando as estações VSAT registradas na rede geram uma demanda de tráfego que sobrepasse a capacidade da rede. Quando uma estação necessita se conectar com outra ou com o HUB, gera um pedido ao NMS, e este pedido só é desfeito se há suficiente capacidade disponível. Se não, a chamada é bloqueada. Para redes VSAT a probabilidade de bloqueio tipicamente de 0,1%.

TEMPO DE RESPOSTA

O tempo de resposta se define como o tempo que passa de quando se envia uma comunicação e recebe-se a resposta. Este tempo de resposta é devido às várias contribuições:

- ✓ Tempo de espera do transmissor, devido aos atrasos para preservar a capacidade da rede antes que ocorra a transmissão;
- ✓ Tempo de transmissão da mensagem, que depende da longitude da mensagem e da velocidade da transmissão;

- ✓ Tempo de propagação, que depende da arquitetura da rede e do número de saltos ao satélite. Basicamente são 0,25 seg. para um salto e 0,5 seg. para dois saltos. Este atraso ocorre nos caminhos de ida e de volta.

- ✓ Tempo de processamento da mensagem no receptor e tempo necessário para gerar a resposta.

- ✓ Atraso produzido pelo protocolo, como resultado do controle do erro ou controle de fluxo entre emissor e receptor.

Ao contrário do que possa parecer, a rede VSAT oferecem melhores resultados que as redes por linha privada. As únicas limitações físicas são os 0,5 seg. de atraso do trânsito pelo satélite.

QUALIDADE DA LIGAÇÃO

Os usuários só são concedidos a qualidade de ligação em faixa base, que é específica em termos de S/N para sinais analógicos e BER para sinais digitais. Na TV analógica se requer 50 db de relação S/N, o que permite recuperar o sinal com a qualidade suficiente para radio de fusão e transmissão a cabo. Em transmissão digitais, a BER típica é de 1 e 7. Esta taxa é suficiente para garantir uma qualidade acutável para comunicações de voz e vídeo. Em transmissão de dados, a BER não é significativa, já que os protocolos de

transmissão permitem um canal livre de erros, entre emissão e transmissão. De todas as formas, se a taxa de erros é muito alta, o número de retransmissão faz com que aumente o atraso da comunicação.

Uma consequência da simetria das ligações que oferecem a mesma qualidade a todos os usuários, coisa que não ocorre com as ligações terrestres.

DISPONIBILIDADE DA REDE

Em termos gerais, a disponibilidade define-se como a relação entre o tempo em que a unidade está funcional e o tempo total.

$$A(\%) = 100 * (\text{Tempo de uso efetivo} / \text{Tempo de uso total})$$

A disponibilidade da rede é a porcentagem de tempo que o serviço é oferecido a um lugar dado com a qualidade requerida. A disponibilidade depende da confiabilidade do equipamento, atraso e saída do sol.

Mais precisamente, a disponibilidade da rede pode ser expressa como:

$$A_{rede} = A_{satelite} * A_{link} * A_{trx} * A_{rx}$$

Em que:

- ✓ A tx: Disponibilidade do transmissor
- ✓ A sat: Disponibilidade do satélite
- ✓ A enl: Disponibilidade da ligação
- ✓ A rx: Disponibilidade do receptor

Os valores típicos de disponibilidade indicam a seguinte tabela:

Equipamento	Disponibilidade (%)
VSAT parado	99.9
Caminho Espacial	99.95
Ligação	99.9
Hub central	99.999
Rede completa	99.7

Uma disponibilidade da rede de 99,7% condiz que há 26 horas de mal funcionamento ao ano. De todas as formas é comum que o usuário não aceite uma interrupção de mais de 4 horas seguidas. Portanto, deve-se implantar procedimentos adequados para restaurar as falhas do equipamento no tempo proposto.

DISPONIBILIDADE DAS ESTAÇÕES TERRENAS

As falhas nas estações terrenas podem ocorrer por duas causas:

- ✓ **Falha no equipamento**

Tipicamente o tempo médio entre falhas de equipamento é de 10.0000 horas (aprox. 115 anos; os) A disponibilidade de uma estação VSAT depende do tempo total de reparação a este da facilidade em converter ao equipamento já que as peças de reposição são fáceis de conseguir.

✓ **Desapontamento da antena**

Os movimentos produzidos sobre a imagem da antena são resultado de eventos meteorológico como fortes ventos ou grandes neves.

DISPONIBILIDADE DO SATÉLITE

Abrange três aspectos:

✓ **Capacidade disponível no satélite para monopolizar um crescimento de tráfego anormal ou demanda inesperadas de vários serviços.**

O operador de rede deve se informar da capacidade disponível no satélite no caso de que a rede venha a se expandir. É uma boa prática ter capacidade de mais disponibilidade no satélite para transmitir vídeo uma vez que o serviço de transmissão de dados é operativo.

A disponibilidade de capacidade depende da região específica do mundo e varia com o tempo. Adaptar a capacidade do caminho espacial à demanda é um desafio para os operadores de satélite já que deve-se estimar a demanda e programar os lançamentos dos satélites para fazer frente a

adivinhações de demanda no período de 10 a 20 anos, com as incertezas associadas ao lançamento como são suas programações e êxito.

Algumas regiões como a do Pacífico são deficientes em quanto a demanda de tráfico e outros, como EEUU e Europa, são excedentes.

✓ **Disponibilidade de outros transportadores no mesmo satélite sem falhas ou alugado**

Se há uma falha no transportador (non-preemptible), a rede pode ser transferida a outro transportador em poucas horas. O compromisso é neste caso entre risco e custo: o operador da rede quer alugar um transportador com a garantia de que sua demanda será transferida a outro transportador em caso de falha. Mas é mais caro que um transportador (preemptible). No caso de que alugue um transportador (preemptible) tem que fazer frente ao risco que supõe ter que sair de seu transportador para dar lugar a outro operador que alugou um transportador (non-preemptible).

✓ **Falha total do satélite**

Se falha o satélite inteiro a rede deve ser transferida a outro satélite na mesma zona e com capacidade suficiente para a demanda da rede. Esta troca de satélite implica apontar novamente cada antena, operação que pode durar vários dias ou várias semanas, dependendo do número de estações.

As estações VSAT podem ser equipadas com mecanismo de reapontamento controlados por microprocessadores que podem ser automaticamente ativados. O reapontamento deve-se controlar localmente e até o HUB.

DISPONIBILIDADE DA LIGAÇÃO

A disponibilidade da ligação que a relação C/N seja maior que um determinado índice em uma certa porcentagem do tempo total. Esta relação varia principalmente pela chuva (aumenta a atenuação do sinal) e pelo sol (aumenta o ruído recorrido).

DISPONIBILIDADE DAS ESTAÇÕES TERRENAS

As falhas nas estações terrenas podem ocorrer por duas causas:

- ✓ **Falhas no equipamento**

Tipicamente, o tempo médio entre falhas de equipamentos us de 100000 horas (após 1.15). A disponibilidade de uma estação VSAT depende do tempo total de reparação, e este da facilidade em consentir ao equipamento, já que as peças de resposta são fáceis de conseguir.

- ✓ **Desapontamento da antena**

Os movimentos produzidos sobre o refletor da antena são resultado de eventos meteorológicos como fortes ventos ou grandes nevadas.

MANUTENÇÃO

Consentir ao equipamento na terra é dizer ao HUB as estações VSAT. A manutenção de um HUB compartilhado é normalmente responsabilidade do provedor do serviço do HUB. No HUB particular o operador da rede pode desejar subcontrolar a manutenção ou realiza-la ele mesmo.

Uma estação VSAT deve requerer tão pouca manutenção como seja possível já que o custo operacional da manutenção sobre um grande número de lugares em uma ampla área de serviço pode estorvar o custo operacional da rede para um custo mais elevado. Seria desejável que a manutenção da estação VSAT fosse reavisada por técnicos da empresa usuária que estiverem também a cargo de outras manutenções. Por exemplo, o técnico que mantém uma rede de PC's pode redizar ao mesmo tempo a manutenção da estação VSAT.

Para facilitar sua tarefa, os equipamentos se consertam a nível de blocos e incluem facilidades de auto diagnóstico.

O provedor da rede pode garantir seus equipamentos e software que acompanha por um período de dois anos, mas apresentar um plano de manutenção do hardware por um período de dez anos.

DESENVOLVIMENTO E FUTURA UTILIZAÇÃO

A permanência e desenvolvimento de redes VSAT No Futuro será possível somente se os serviços oferecidos aos possíveis clientes forem mais baratos que os mesmos oferecidos por sistemas terrestres.

A evolução mais provável concentra-se nos equipamentos eletrônicos, mais que em reduções de tamanho de antenas ou uso de faixas de frequências elevadas. A troca concentra-se na utilização de equipamentos digitais, o que permite mais flexibilidade e fáceis reconfigurações por software.

NOVOS SERVIÇOS

✓ Interconexão de LANs

O problema principal que se tem é que a velocidade média típica de redes LAN SÃO DE 4,10 E 16 Mb/s, muito maiores as proporcionadas pelas ligações por meio de VSAT. Não bastando, a maior parte do caminho é interno a cada LAN e só um S ·/· a uns 15 ·/· é produzido por outras LANs. Altas velocidades de transmissão de dados requerem grande lado da faixa; por ele é necessário o uso de um controle de acesso eficiente de baixa demanda:

numerosos portadores estão sendo implementados para tal efeito: FDA, CFRA, CFDMA.

A interface LAN-VSAT deve ser capaz de distinguir se a direção de destino das mensagens está dentro da mesma LAN ou deve ser enviada ao satélite, deixando passar somente estas últimas mensagens. Também deve ser capaz de redizer funções ponto a ponto recuperação de erros anteriores, controle de fluxo e sequenciação de pacotes entre emissor e receptor.

Concluí-se que novos protocolos de transporte devem ser implementados para permitir uma maior Throughput sem aumentar o BER.

USO DE SATÉLITE NÃO-GEOESTACIONÁRIO

Para o final desta década, estão anunciados os sistemas de comunicações baseados em satélites não-geoestacionários, como os IRIDIUM da motorola, os GLOBALSTAR da LORAL e outros.

Estes satélites podem ser apropriados para comunicação VSAT.

BIBLIOGRAFIA

Soriano Juan José López – Communications a Julio IEEE di 1994,

- [AGL99] ALLMAN, Mark, GLOVER, D., LEWIS, N., SANCHEZ, L. Enhancing TCP Over Satellite Channels using Standard *Mechanisms*. Internet Society, jan. 1999.
- [BAS97] BACK, STEVE - Earth Station System Design For Proposals - Application Note: November 1997
- [DOA91] DORNAN, ANDY – Wireless Communication ; o Guia Essencial de Comunicação Sem Fio – Editora Campus – 2001
- [FRE91] FREEMAN, ROGER L. – Telecommunication Transmission Handbook – Wiley Series in Telecommunications – 1991
- [MAR97] MAROJA, RENATO – Comunicações Via Satellite – Seminário de Novas Tecnologias em Telecomunicações – CPqD – Telebrás – curso para Telerj Outubro de 1997
- [SCH00] SCHILLER JOCHEN – Mobile Communications – Addison-Wesley - 2000
- [SLC95] SOARES, Luiz Fernando G., LEMOS, Guido, COLCHER, Sérgio. Redes de computadores: das LAN's, MAN's e WAN's às redes ATM. 2.ed. Rio de Janeiro: Campus, 1995.
- [WLS01] WLOSTOWSKI, KRZYSZTOF - Satellite Communication Systems - Institute of Telecommunication - Warsaw University of Technology – seminário 2001

ANEXOS

ANEXO I

RELAÇÃO DE SATÉLITES HABILITADOS A OPERAREM NO BRASIL

I – SATÉLITES GEOESTACIONÁRIOS

Nº	ENTIDADE	ENDEREÇO	TEL / FAX	SATÉLITES OPERADOS	BANDA	POS. ORBITAL	AUTORIZAÇÃO
1	ASTROLINK BRASIL LTDA.	Praia de Botafogo, 501, Bloco A, Sala 150 – Botafogo Rio de Janeiro – RJ CEP: 22250-040	Fone: (21) 2586-6032 Fax: (21) 2586-6001	USASAT 310	Ka	97,0° W	Ato Nº 18438
2	EMPRESA BRASILEIRA DE TELECOMUNICAÇÕES S.A. - EMBRATEL	Av. Pres. Vargas, 1012 - Centro Rio de Janeiro – RJ CEP: 20179-900	Fone: (21) 2519-8539 Fax: (21) 2519-9777	NAHUEL 1	Ku	72,0° W	Convênio de 16/08/96 entre Embratel e Nahuelsat
3	EUTELSAT DO BRASIL LTDA.	Rua Lauro Muller, 116 sala 4102 Rio de Janeiro – RJ CEP: 22299-900	Fone: (21) 275 – 8874 Fax: (21) 541-5792	W1 ATLANTIC BIRD 1 ATLANTIC BIRD 2	Ku Ku Ku	10,0° E 12,5° W 8,0° W	Ato Nº 20.964 Ato Nº 24.254 Ato Nº 24.253
4	GALAXY BRASIL S.A.	Rua do Rodio, 313 – 9º andar – Vila Olímpia São Paulo – SP CEP: 04552-904	Fone: (11) 821-8665 Fax : (11) 821-8764	GALAXY III R (sinais de TV)	Ku	95,0° W	Portaria MC nº 86 de 23 de abril de 1996
5	HUGHES DO BRASIL ELETRÔNICA E COMUNICAÇÕES S.A.	Av. Indianópolis, 3096, Bl. B – 2º andar Planalto Paulista São Paulo – SP CEP: 04062-003	Fone: (11) 5079-7657 Fax : (11) 5582-0576	GALAXY VIII (j)	Ku	95,0° W	Ato Nº 3808
6	INMARSAT BRASIL LTDA.	Av. Presidente Juscelino Kubitschek, 50, conj.172 Vila Nova Conceição São Paulo – SP CEP: 04543-000	Fax: (11) 3040-2940	INMARSAT – 3 AOR EAST INMARSAT – 3 AOR WEST-2	Le C Le C	15,5° W 54,0° W	Ato Nº 6258

Nº	ENTIDADE	ENDEREÇO	TEL / FAX	SATELITES OPERADOS	BANDA	POS. ORBITAL	AUTORIZAÇÃO
7	INTELSAT BRASIL LTDA.	Av. Rio Branco, 1/1601 Sala 1601 – Centro Rio de Janeiro – RJ CEP: 20090-003	Fone: (21) 2213-8900 Fax: (21) 2213-8901	INTELSAT 603 INTELSAT 601 INTELSAT 605 INTELSAT 801 INTELSAT 511 INTELSAT 709 INTELSAT 707 INTELSAT 706 INTELSAT 805 INTELSAT 901	C C C C C C e Ku C C e Ku C C	24,5° W 34,5° W 27,5° W 31,5° W 29,5° W 50,0° W 1,0° W 53,0° W 55,5° W 18,0° W	Ato Nº 21.063 Ato Nº 21.064 Ato Nº 21.065 Ato Nº 21.066 Ato Nº 21.067 Ato Nº 21.068 Ato Nº 21.069 Ato Nº 21.070 Ato Nº 21.071 Ato Nº 21.072
8	KEY TV COMUNICAÇÕES LTDA.	Av. Indianópolis, 2093 - Planalto Paulista São Paulo – SP CEP: 04063-004	Fone: (11) 5581-4465 Fax : (11) 577-8221	PAS-1 (sinais de TV) PAS-3 (sinais de TV)	C C e Ku	45° W 43° W	Despacho Nº 283/SFO do Ministério das Comunicações
9	LORAL SKYNET DO BRASIL LTDA.	Praia do Flamengo, 200 21º andar Rio de Janeiro –RJ CEP: 22210-030	Fone: (21) 2555-8603 Fax : (21) 2555-8615	BRASIL 1 (T) SATMEX 5 SOLIDARIDAD 2 TELSTAR 12	Ku C e Ku Ku Ku	63,0° W 116,8° W 113,0° W 15,0° W	Termo PVSS/SPV Nº01/99 – ANATEL Ato Nº 12000 Ato Nº 4627 Ato Nº 7904
10	MANESCO RAMIRES PEREZ AZEVEDO MARQUES – ADVOCACIA	Av. Paulista, 1274, 21º andar - Bela Vista São Paulo – SP CEP: 01310-100	Fone: (11) 3068-4700 Fax : (11) 3068-4749	HISPASAT – 1C	Ku	30,0° W	Ato Nº 6219
11	NAHUELSAT DO BRASIL SATELITES E COMUNICAÇÕES LTDA.	Av. Cidade Jardim 377, Sobrelaje, sala "K" Itaim Bibi São Paulo –SP CEP: 01453-900	Fone: (11) 231-5822 Fax : (11) 259-0375	NAHUEL 1	Ku	72,0° W	Ato Nº 3643

Nº	ENTIDADE	ENDEREÇO	TEL / FAX	SATELITES OPERADOS	BANDA	POS. ORBITAL	AUTORIZAÇÃO
12	NET SAT SERVIÇOS LTDA	R. Professor M. de Omelas, 303, 6º andar Cond. Nova São Paulo – Chácara Santo Antônio – São Paulo/ SP CEP: 01310-100	Fone: (11) 5643-1000 Fax : (11) 5641-8272	PAS-3R (sinais de TV) PAS-6B (sinais de TV)	Ku Ku	43,0° W 43,0° W	Portaria MC Nº820, de 17/07/96 Ato Nº 14119
13	NEW SKIES SATELLITES LTDA	Av. Presidente Juscelino Kubitschek, 50, 18º andar Vila Nova Conceição São Paulo – SP CEP: 04543-000	Fone: (11) 3040-2905 Fax : (11) 3040-2940	NSS-803 NSS-806	C e Ku C e Ku	21,5° W 40,5° W	Ato Nº 3930 Ato Nº 13258
14	PANAMSAT DO BRASIL LTDA	Rua Boa Vista, 254 – 7º andar, sala 721 – Centro São Paulo – SP CEP: 01014-907	Fone: (11) 237-8400 Fax : (11) 237-8400	PAS 1R	C e Ku	45,0° W	Ato Nº 17181
15	SES DO BRASIL LTDA	Av. Rio Branco, 45, sala 1305 – Centro Rio de Janeiro – RJ CEP: 20090-000	Fone: Fax :	GE – 4	Ku	101,0° W	Ato Nº 7734
16	STAR ONE S.A.	Praia de Botafogo, 228 3º andar - Botafogo Rio de Janeiro –RJ CEP: 22359-900	Fone: (21) 2519-9127 Fax : (21) 2519-9180	BRASILSAT-A2 BRASILSAT-B1 BRASILSAT-B2 BRASILSAT-B3 BRASILSAT-B4	C C e X C e X C C	63,0° W 70,0° W 65,0° W 84,0° W 92,0° W	Termo PVSS/SPV Nº01/98-ANATEL Ato Nº 12517
17	TELESAT BRASIL LTDA	Alameda da Serra, 500 - Conj. 902 – Vale do Sereno Nova Lima – MG CEP: 34000-000	Fone: (31) 3286-2070 Fax: (31) 3286-7391	ANIK F1	Ku	107,3° W	Ato Nº 12947

ANEXO II

II – SATÉLITES NÃO-GEOESTACIONÁRIOS

Nº	ENTIDADE	ENDEREÇO	TEL / FAX	SATELITES OPERADOS	AUTORIZAÇÃO
1	CONSTELLATION COMMUNICATIONS DO BRASIL LTDA.	Av. Pres. Juscelino Kubitschek, 150 – 17º and. – cj. 172 Bairro Itaim Bibi São Paulo –SP	Fone: (11) 3040 2900 Fax : (11) 3040 2940	Sistema ECCO	Ato Nº 2887
2	TELESPAZIO BRASIL S/A	Av. Rio Branco, 1 – Gr. 1803 Centro Rio de Janeiro – RJ CEP: 20090 –003	Fone: (21) 2518-3132 Fax : (21) 2534561	Sistema ORBCOMM	Ato Nº 2727
3	GLOBALSTAR DO BRASIL S/A	Praia do Flamengo 200, 19º andar – Flamengo Rio de Janeiro – RJ CEP: 22210-060	Fone: (21) 2555-8888 Fax : (21) 2558-1591	Sistema GLOBALSTAR	Ato Nº 3647
4	IRIDIUM SUDAMÉRICA-BRASIL S/A	Rua Visconde de Pirajá, 250 – 3º andar – Ipanema Rio de Janeiro – RJ CEP: 22410 – 000	Fone: (21)522-1445 Fax : (21)522-2121	Sistema IRIDIUM	Portaria MC Nº 509, de 16 de outubro de 1997.
5	TELEDESIC BRASIL COMÉRCIO E PARTICIPAÇÕES LTDA.	Av. Pres. Juscelino Kubitschek, 50, 17º andar, cj. 172 Bairro Itaim Bibi São Paulo – SP CEP: 04543 – 000	Fone: (11) 3040-2900 Fax. : (11) 3040-2940	Rede TELEDISIC	Ato Nº 6407