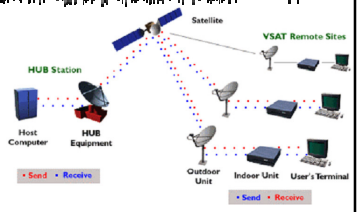
Sieci VSAT

Very Small Aperture Terminals



VSAT :
- systemy stacjonarne
- średnice anten: 0.5-3 metry
- niewielkie przepustowości
  - do 2 Mbit/s
- często systemy zamknięte
- zastosowania:
  telefonia, faks, transmisja danych

Intensywny rozwój - lata 80-te

Obecnie :
500 tys. systemów VSAT w ponad 120 państwach świata

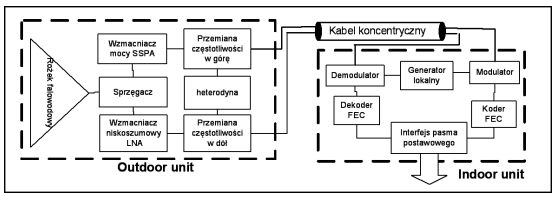
Zastosowania sieci VSAT

Systemy jednokierunkowe :
- transmisja rozsiewcza danych, głosu i obrazu
- teleedukacja

Systemy dwukierunkowe :

- dostęp do Internetu
- usługi telefoniczne i telekonferencyjne
- dostęp do baz danych i systemy rezerwacji
- transmisja wideo o niskiej przepływności
- systemy monitoringu
- systemy telemetryczne

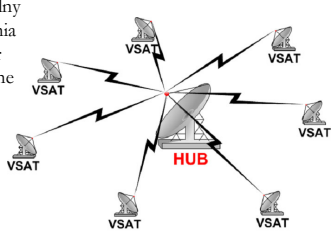
Schemat stacji abonenckiej VSAT



Architektury sieci VSAT - Gwiazda

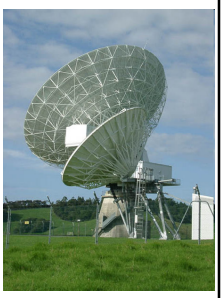
Cechy sieci gwiazdowej:

- Wyróżniony węzeł centralny
- Wysoka wartość opóźnienia
- Architektura klient serwer
- Bardziej rozpowszechnione
- Ruch asymetryczny
  - Transakcje bankowe
  - Systemy rezerwacji



Rodzaje stacji centralnej

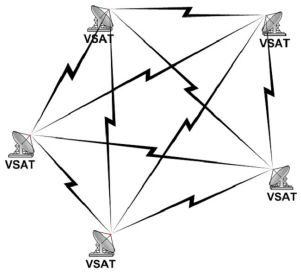
- Dedykowana
  - przeznaczona do dużych sieci (kilka tysięcy stacji)
  - koszt rzędu 1 mln $
  - Rozmiar anten 8 – 10m
- Dzielona
  - duża stacja wspólna dla kilku sieci
  - obniża koszt eksploatacji sieci
  - może zablokować rozwój sieci
- Miniaturowa
  - zwykły terminal abonencki VSAT
  - maksimum 300 –400 terminali abonenckich



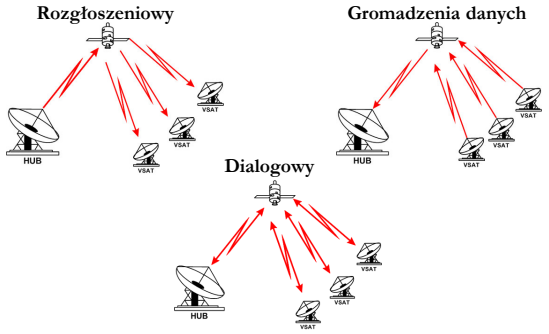
Architektury sieci VSAT - Krata

Cechy sieci kratowej:

- brak węzla centralnego
- niższa wartość opóźnienia
- Architektura peer-to-peer
- skomplikowane zarządzanie
- Ruch symetryczny
  - telefonia VoIP



Tryby pracy sieci VSAT



Transakcje w sieci VSAT

- dialogowa I/A (Interactive Transactions)
- zapytanie/odpowiedź Q/R (Query/Response Transactions)
- narracja/zapis N-R (Narrative – Record Transactions)
- zbiory danych BD (Bulk Data)

Cechy transakcji

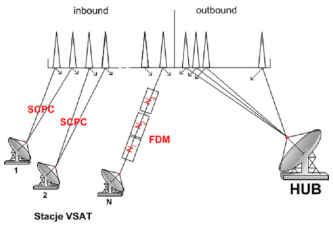
Typ	Aplikacja	VSAT-Hub	Hub-VSAT	Czas odp.	BER
I/A	weryfikacja kart kredytowych	do 4 kbits		2 do 5 sekund	10^{-6} do 10^{-4}
Q/R	biura podróży	do 500 bits	do 10 kbits	2 do 5 sekund	10^{-6} do 10^{-4}
N-R	e-mail	od 500 bits do 10 kbits		od kilku sekud do kilkunastu minut	10^{-5} do 10^{-4}
BD1	telefaks	od 10 do 100 kbits		sekundy	10^{-4}
BD2	transfer plików	od 0,1 do 1 Mbits		minuty	do 10^{-7}
BD3	transfer plików	powyżej 1 Mbits		godziny	do 10^{-7}

VSAT – techniki dostępu

- Podział częstotliwości (FDMA)
  - Metoda podstawowa SCPC
  - Techniki mieszane TDM (MCPC)
- Podział czasu (TDMA)
- Rozpraszanie widma (CDMA)
  - skakanie po częstotliwościach FHSS
  - rozpraszanie bezpośrednie DSSS

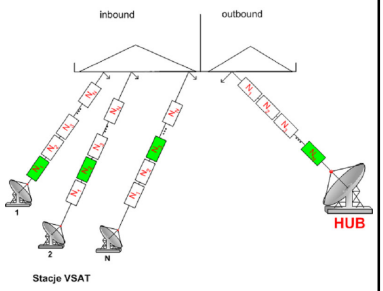
VSAT – FDMA

- Dwa warianty
  - FDM (MCPC)
  - SCPC
- Nieekonomiczne wykorzystanie zasobów satelity
- Znaczna komplikacja nadajników (dawniej)
- Niewielka moc nadajników naziemnych
- Ruch symetryczny
- Niskie przepływności



VSAT – TDMA

- Wysokie wykorzystanie zasobów satelity
- synchronizacja
  - W otwartej pętli
  - zwrotna
  - globalna
- wymagana duża moc nadajników naziemnych
- Ruch symetryczny
- wysokie przepływności



VSAT – CDMA

- wygodne rozwiązanie kwestii wielodostępu
- jednoznaczna identyfikacja abonenta
- wielokrotne wykorzystanie częstotliwości wiązki antenowe)
- odporność na podsłuch

VSAT – systemy mieszane

- Kompromis między przepływnością inbound i mocą nadajników VSAT
- podział stacji VSAT na grupy FDMA- TDMA
- outbound TDMA
- Asymetryczny charakter ruchu
- efekty wywołane nieliniowością transpondera *(capture effect)*

VSAT – zarządzanie pasmem

- Stały przydział zasobów **PAMA**
  - proste zarządzanie ruchem
  - stabilna praca
  - niskie wykorzystanie pasma
- Dynamiczny przydział zasobów **DAMA**
  - skomplikowane zarządzanie zasobami
  - wysokie wykorzystanie pasma
  - możliwa niestabilność sieci
  - zastosowania VoIP, wideokonferencje

VSAT – ra-TDMA

- Random Access TDMA
- Rywalizacja o dostęp do zasobów stacji nadrzędnej
  - protokoły MAC z grupy aloha
  - protokół *sloted aloha*
- Rezerwacja zasobów
  - Okres rywalizacyjny (np. *Aloha*)
  - krótkie pakiety rezerwacyjne
  - Okres transmisji TDMA
    - Szczeliny zarządzane przez HUB

Cechy protokołów z dostępem swobodnym RA/TDMA (Random Access)

- duża liczba użytkowników (np. 1440 VSAT)
- krótkie komunikaty – małe zbiory danych, niewielki ruch (np. do 1120 bit/s co 180 sek)
- nieregularny charakter ruchu
- prawie natychmiastowa odpowiedź (2 do 5 sekund)
- małe przepływności w łączu do stacji Hub (np. 56 kbit/s) – niskie koszty eksploatacji

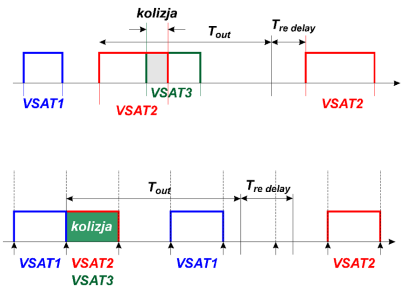
Parametry oceny protokołów dostępu do kanału satelitarnego

- współczynnik wykorzystania kanału S
- średnie opóźnienie przesłania pakietu D
- złożoność implementacyjna protokołu

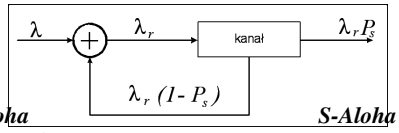
Protokoły typu Aloha

- prosty protokół Aloha
  P-Aloha (Pure Aloha)
- Aloha szczelinowa
  S-Aloha (Slotted Aloha)
- z rezerwacją szczelin czasowych
  R-Aloha (Reservation Aloha)

Aloha i Slotted Aloha



Zasada działania protokołów Aloha



P-Aloha

$$P_s = e^{-2\lambda_r T}$$

S-Aloha

$$P_s = e^{-\lambda_r T}$$

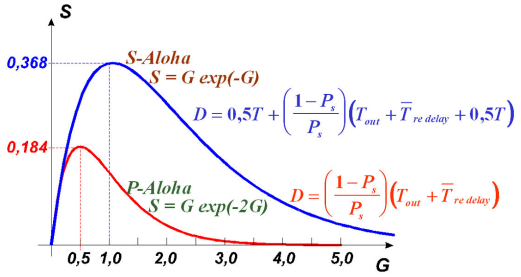
P_s – prawdopodobieństwo udanej transmisji pakietu

$\lambda = \lambda_r P_s\{\lambda_r T\}$ **– stan równowagi statystycznej**

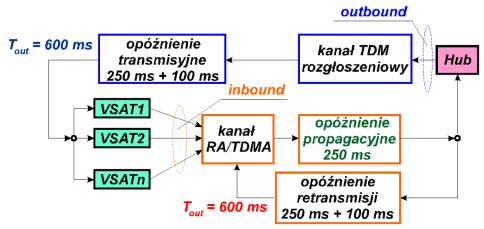
$G = \lambda_r T$ – ruch oferowany ***$\lambda T = \lambda_r T P_s\{\lambda_r T\}$***

$S = \lambda_r P_s T = \lambda T$ – ruch przeniesiony ***$S = G P_s\{G\}$***

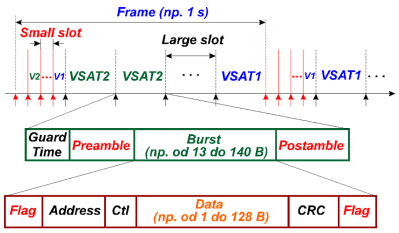
Współczynnik wykorzystania kanału S i opóźnienie D



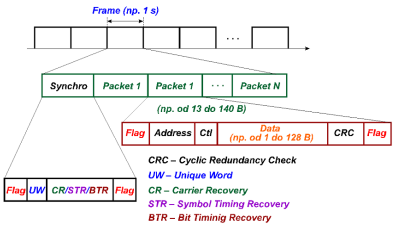
Schemat gwiazdowej sieci VSAT z protokołem RA/TDMA



Transmisja w kanale „inbound” (RA/TDMA)



Transmisja w kanale „outbound” TDM



Implementacja protokołu TCP

TCP :
- protokól połączeniowy (connection-oriented)
- implementacja mechanizmów korekcji błędów (Error Control) i sterowania przepływem (Flow Control)

Wersje protokolu TCP :
Tahoe, Reno, Vegas, SACK, Westwood

Implementacja protokołu TCP

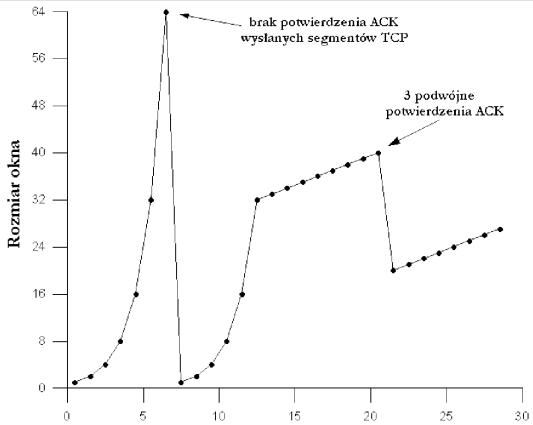
Error & Flow Control :
- sliding (advertised) window
- acknowledgements

Algorytmy dodatkowe :
- slow start (congestion window)
- congestion avoidance – ssthresh
- fast retransmit
- fast recovery

Implementacja protokołu TCP - ramka segmentu TCP

# Bits						
16	16	32	32	4	6	6
Source Port	Dest. Port	Sequence Number	Acknowledgement Number	HLEN	Reserved	Code Bits
16	16	16	0 or 32			
Window	Check-sum	Urgent Pointer	Option	Data...		

Rozmiar okna w bajtach



Implementacja protokołu TCP - problemy łączy satelitarnych

1. Ograniczony rozmiar okna
(duże opóźnienia)

$$\text{Przepustowość} = \frac{\text{Window}}{\text{Round Trip Time}}$$

Maksymalny rozmiar okna : 2^{16} B = 64 kB

Window = 64 kB, Round Trip Time = 0.25 s

⇩

Max. przepływność = 256 kB/s

Rozwiązanie : Window Scale

Implementacja protokołu TCP - problemy łączy satelitarnych

2. Wznowienie transmisji po utracie pakietów
(duża BER)

Rozwiązanie : rozwinięcie mechanizmów Selective Acknowledgement

3. Pomiar Round Trip Time
(zmienne opóźnienia)

Rozwiązanie : Timestamps

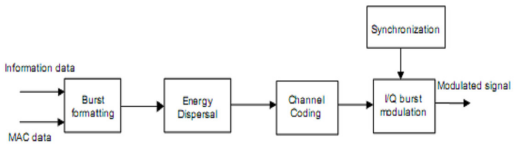
Trendy rozwojowe

- Zunifikowany model sieci – standard DVB-RCS
- Zwiększenie przepływności w łączu w górę
- Zastosowania w łączności mobilnej

Standard DVB-RCS

- Definicja parametrów łącza inbouund
- Wykorzystanie MF-TDMA
- wykorzystanie ATM
- Możliwość współpracy z DVB-S1 i DVB-S2

Tor transmisyjny DVB-RCS Łącze w górę



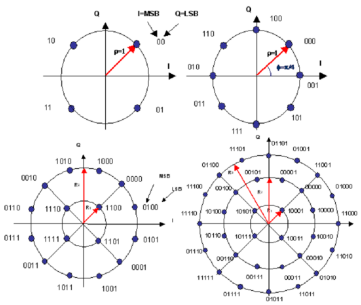
Tor transmisyjny DVB-RCS Łącze w dół

Wykorzystanie istniejących technik DVB-S

Standard DVB-S2

- Nowe schematy modulacji
  - QPSK, 8 PSK, 16 APSK, 32 APSK
- Nowy schemat kodowania bazujący na kodach Low density parity check (LDPC)
  - Stopy kodów: 1/4,1/3, ½, 3/5, 2/3, ¾, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10
- Połączone kodowanie
  - Wewnętrzne: LDPC
  - Zewnętrzne: BCH

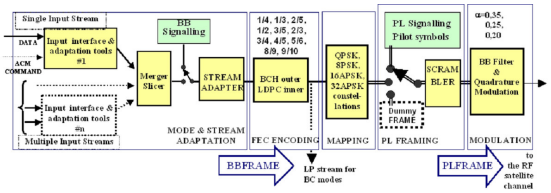
Standard DVB-S2 Schematy modulacji #1



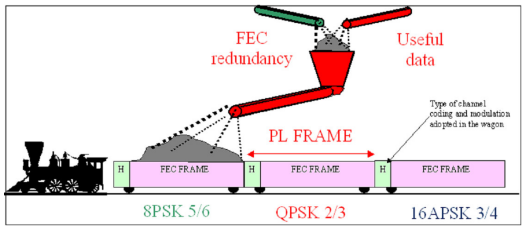
Standard DVB-S2 Schematy modulacji #2

- QPSK/8 APSK zastosowania rozsiewcze
- 16/32 APSK zastosowania profesjonalne wymagające wysokiej wartości C/N
  - Wymagana korekcja nieliniowości toru TWTA.
  - Lepiej przystosowane do pracy w nieliniowym torze nadawczym niż modulacje z grupy QAM
- Współczynnik poszerzenia pasma - α=0.35, 0.25, 0.2

Standard DVB-S2 Tor transmisyjny



Standard DVB-S2 Ramka danych



Porównanie DVB-S1 i DVB-S2

Example comparison between DVB-S and DVB-S2 for TV broadcasting				
Satellite EIRP (dBW)	51		53.7	
System	DVB-S	DVB-S2	DVB-S	DVB-S2
Modulation & coding	QPSK 2/3	QPSK 3/4	QPSK 7/8	8PSK 2/3
Symbol-rate (Mbaud)	27.5 (α=0.35)	30.9 (α=0.20)	27.5 (α=0.35)	29.7 (α=0.25)
C/N (in 27.5 MHz) (dB)	5.1	5.1	7.8	7.8
Useful bit-rate (Mbit/s)	33.8	46 (gain=36%)	44.4	58.8 (gain=32%)
Number of SDTV programmes	7 MPEG-2 15 AVC	10 MPEG-2 21 AVC	10 MPEG-2 20 AVC	13 MPEG-2 26 AVC

Mobilne sieci DVB-RCS

- Sieci morskie
  - Dostęp do sieci na statkach pasażerskich
  - Kanał transmisyjny zbliżony do AWGN
- Sieci lotnicze
  - Dostęp do sieci na pokładzie samolotu
  - Kanał typu LOS
  - efekt Dopplera
- Sieci kolejowe
  - Możliwość występowania zaników (trakcja, tunele)
  - Kanał typu LOS – możliwe wystąpienie zaników
  - efekt Dopplera

Dziękuję za uwagę