

Budowa satelitów telekomunikacyjnych



Budowa satelity telekomunikacyjnego

1. Platforma kosmiczna
(spacecraft bus)
2. Aparatura telekomunikacyjna
(communications subsystem)



Zadania satelity telekomunikacyjnego

1. Platforma kosmiczna

- utrzymanie pozycji orbitalnej satelity i stabilizacja jego położenia w przestrzeni kosmicznej
- nakierowanie anten na obsługiwane obszary na powierzchni Ziemi
- zapewnienie możliwie długiego czasu życia satelity
- ochrona sprzętu elektronicznego przed wysokimi i niskimi temperaturami
- dostarczenie energii elektrycznej

Zadania satelity telekomunikacyjnego

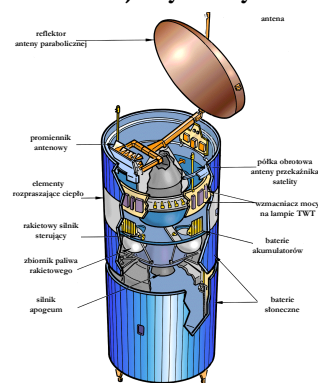
2. Aparatura telekomunikacyjna

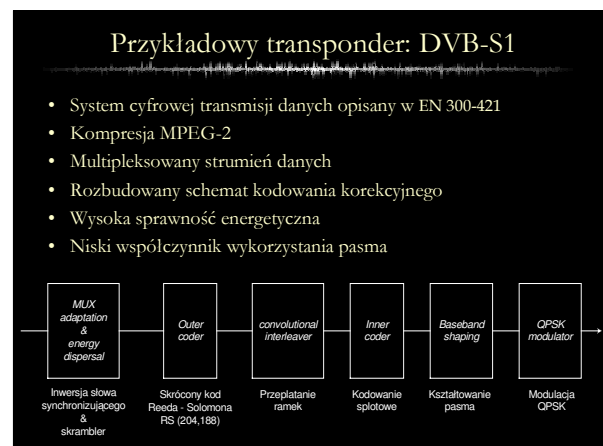
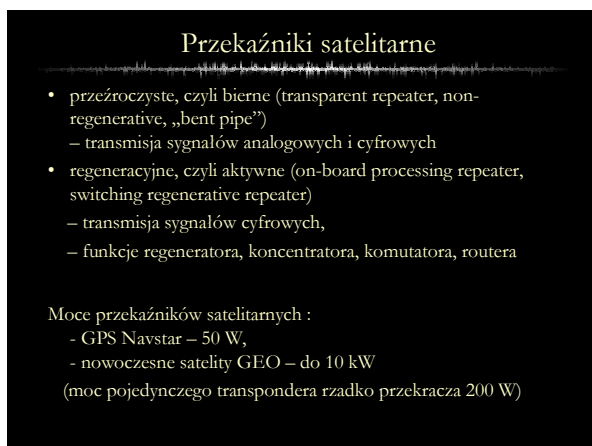
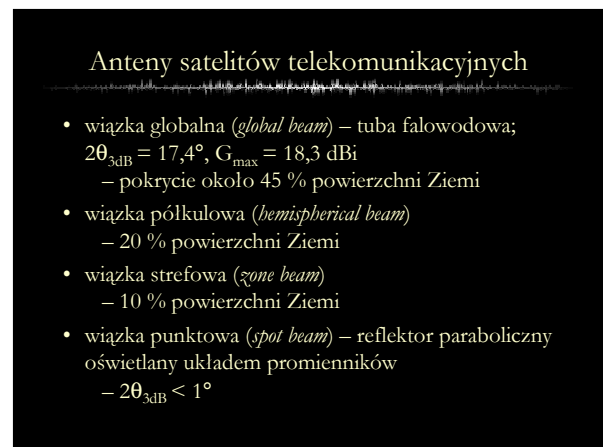
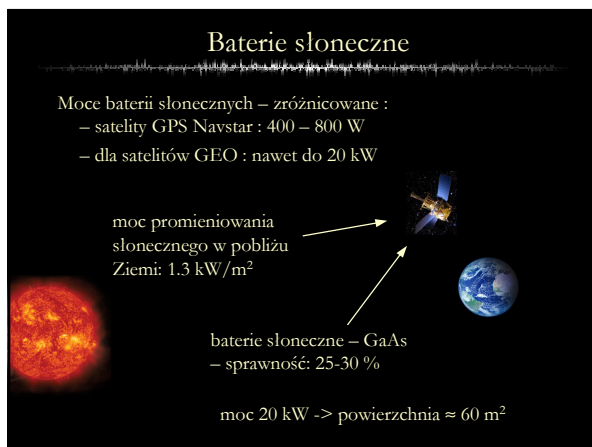
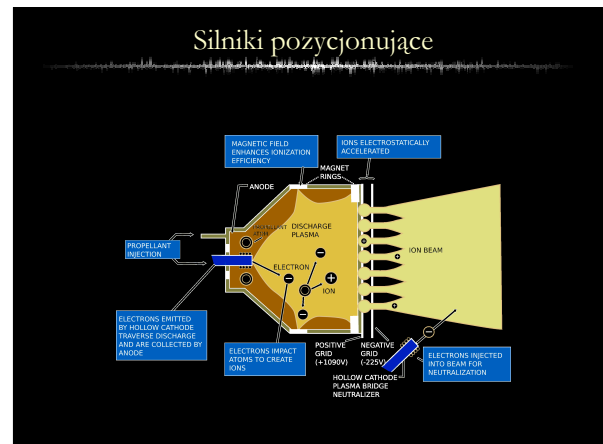
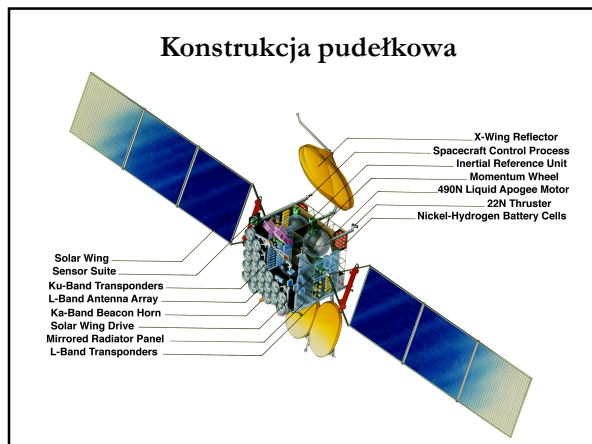
- zapewnienie transmisji radiowej między satelitą a Ziemią i innymi satelitami (kanały uplink, downlink, ISL, nadzorcze i kontrolne)

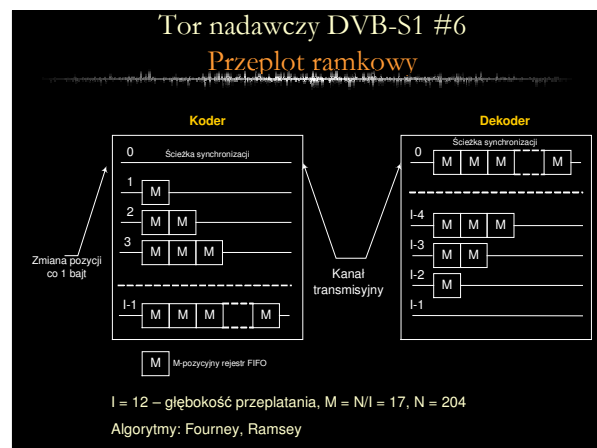
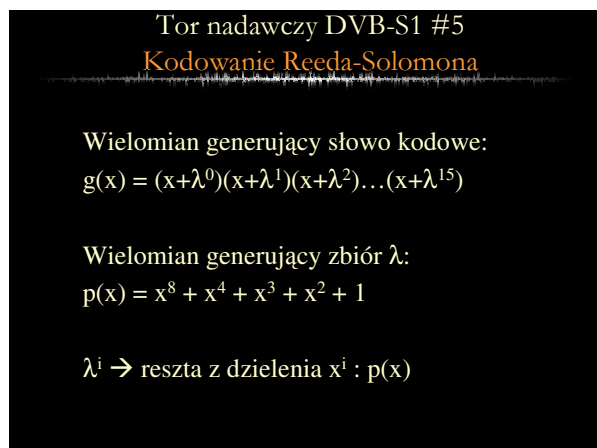
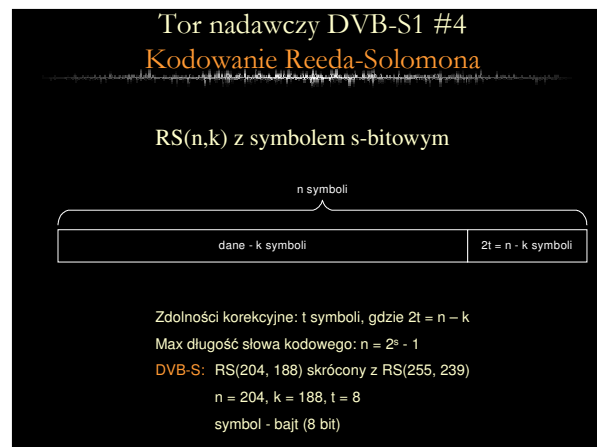
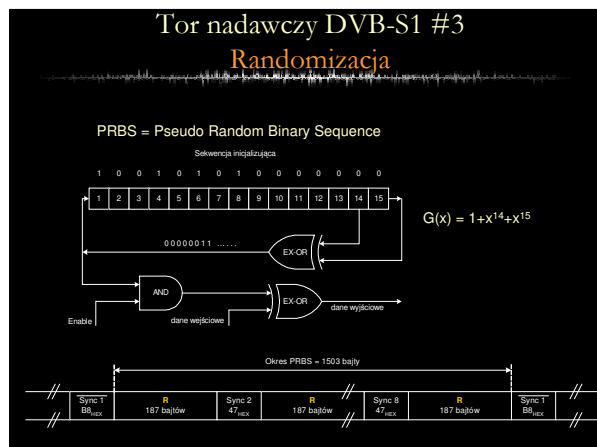
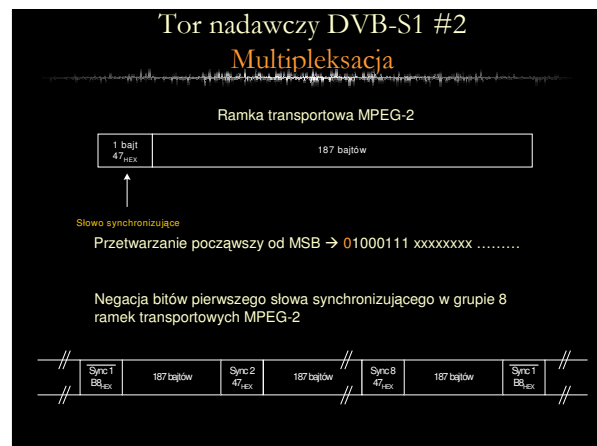
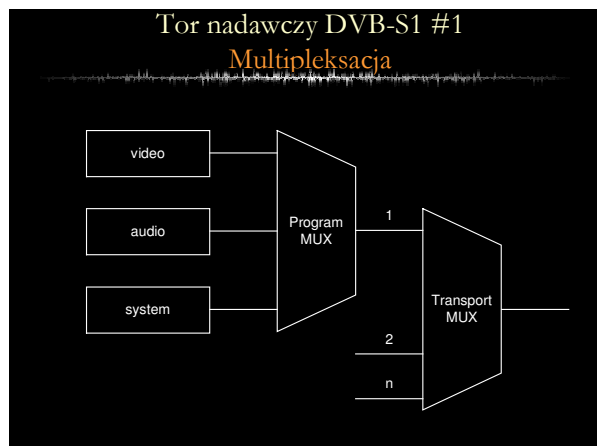
Budowa satelity telekomunikacyjnego

- platforma kosmiczna :
 - konstrukcja mechaniczna
 - systemy telemetryczne i napędowe
 - system energetyczny
 - system kontroli termicznej
- aparatura telekomunikacyjna :
 - przekaźnik satelitarny (*repeater*)
 - system antenowy

Konstrukcja cylindryczna







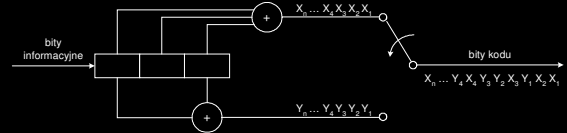
Tor nadawczy DVB-S1 #7

Kodowanie spłotowe

- Parametry:
 - k-bitowe dane wejściowe
 - n-bitowe dane wyjściowe
 - $r = k/n$
- $K = M + 1$
 - M – ilość rejestrów przesuwnych w koderze

Tor nadawczy DVB-S1 #8

Kodowanie spłotowe



Kodowanie spłotowe z wymazywaniem

$X_n \dots X_4 X_3 X_2 X_1, Y_n \dots Y_4 Y_3 Y_2 Y_1$

Ciąg kodowy: $X_n \dots Y_n X_{n-1} \dots Y_{n-1} X_{n-2} \dots Y_{n-2} X_{n-3} \dots Y_{n-3} X_{n-4} \dots Y_{n-4} X_{n-5} \dots Y_{n-5} X_{n-6} \dots Y_{n-6} X_{n-7} \dots Y_{n-7} X_{n-8} \dots Y_{n-8}$

Tor nadawczy DVB-S1 #9

Kodowanie spłotowe

Wielomiany generujące dla gałęzi X i Y

Original code		Code rates											
		1/2			2/3			3/4			5/6		
K	G ₁	G ₂	P	d _{free}	P	d _{free}	P	d _{free}	P	d _{free}	P	d _{free}	P
7	171 _{oct}	133 _{oct}	Y=1	10	Y=11	6	Y=110	5	Y=11010	4	Y=1111010	3	
			I=X ₁		I=X ₁ Y ₂ Y ₃		I=X ₁ Y ₂		I=X ₁ Y ₂ Y ₄		I=X ₁ Y ₂ Y ₄ Y ₆		
			Q=Y ₁		Q=Y ₁ X ₃ Y ₄		Q=Y ₁ X ₃		Q=Y ₁ X ₃ X ₅		Q=Y ₁ Y ₃ X ₅ X ₇		

NOTE: 1-transmitted bit
0 = non transmitted bit

Wielomiany opisujące schemat wymazywania

Tor nadawczy DVB-S1 #10

Kodowanie spłotowe

Zyski kodowe dla qpsk kodowanego spłotowo

Tor nadawczy DVB-S1 #11

Kształtowanie pasma

- Filtracja sygnałów I, Q filtrem typu podniesiony cosinus

– Współczynnik α (roll-of factor) = 0.35

$$H(f) = \begin{cases} 1 & \text{dla } |f| < f_N(1-\alpha) \\ \sqrt{\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \sin \frac{\pi}{2f_N} \left[\frac{f_N - |f|}{\alpha} \right]} & \text{dla } f_N(1-\alpha) \leq |f| \leq f_N(1+\alpha) \\ 0 & \text{dla } |f| > f_N(1+\alpha) \end{cases}$$

– $f_N = 1/T_S = R_S/2$, gdzie T_S – czas trwania symbolu

Tor nadawczy DVB-S1 #12

Modulacja QPSK

$$s_i(t) = \sqrt{\frac{2E_s}{T_s}} \cos \left[2\pi f_c t + (2i-1) \frac{\pi}{4} \right]$$

$i = 1, 2, 3, 4$

E_s - energia nadawanego sygnału przypadająca na jeden symbol

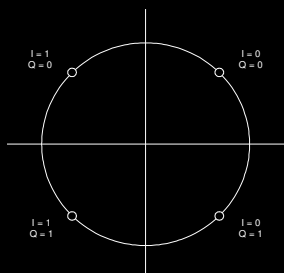
T_s - czas trwania jednego symbolu

f_c - częstotliwość nośna

Tor nadawczy DVB-S1 #13

Modulacja QPSK

- Typowa konstelacja QPSK z kodowaniem Gray'a



Tor nadawczy DVB-S1 #14

Modulacja QPSK

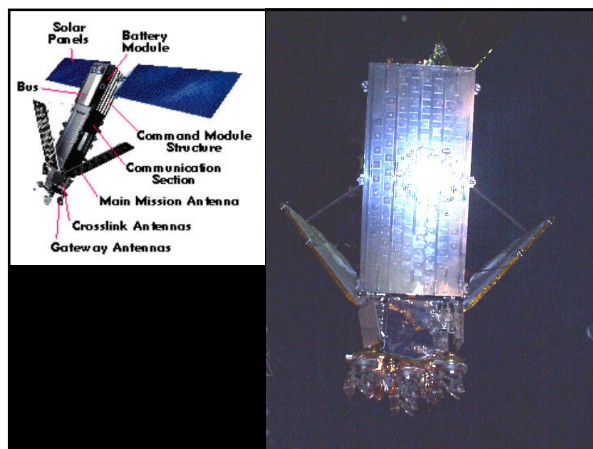
Porównanie z innymi modulacjami wielowartościowymi

Tor nadawczy DVB-S1 #15

Bilansowanie łącza

Odstęp $\frac{E_b}{N_0}$ pozwalający na uzyskanie sygnału o BER=10⁻⁹

Klasa kodu spłotowego	Wymagane E_b/N_0 [dB]
1/2	4,5
2/3	5,0
3/4	5,5
5/6	6,0
7/8	6,4



Zakresy fal radiowych

Zakres częstotliwości	Zakres długości fal	Nazwa zakresu
3 – 30 kHz	10 – 100 km	myriametrowe VLF
30 – 300 kHz	1 – 10 km	kilometrowe LF
300 – 3000 kHz	100 – 1000 m	hektometrowe MF
3 – 30 MHz	10 – 100 m	dekametrowe HF
30 – 300 MHz	1 – 10 m	metrowe VHF
300 – 3000 MHz	10 – 100 cm	decymetrowe UHF
3 – 30 GHz	1 – 10 cm	centymetrowe SHF
30 – 300 GHz	1 – 10 mm	milimetrowe EHF

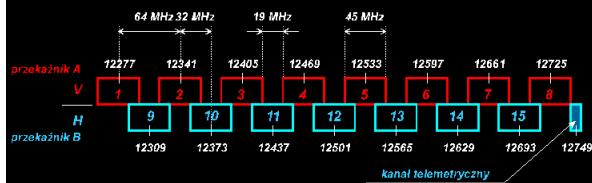
Pasma częstotliwości w transmisji satelitarnej

Nazwa pasma	Zakres częstotliwości
L	1 – 2 GHz
S	2 – 4 GHz
C	4 – 8 GHz
X	8 – 12 GHz
Ku	12 – 18 GHz
K	18 – 27 GHz
Ka	27 – 40 GHz
V	Powyżej 40 GHz

Plan alokacji pasm częstotliwości

Częstotliwości i polaryzacje kanałów radiowych

Łącze "w dół" od 12,25 do 12,75 GHz



$$15 \cdot 45 \text{ MHz} = 675 \text{ MHz}$$

Częstotliwości i polaryzacje kanałów radiowych

Łącze "w górę" od 14,0 do 14,5 GHz



Dziękuję za uwagę