

Spis treści

WYKAZ SKRÓTÓW	13
1. WSTĘP	25
2. ORBITY SZTUCZNYCH SATELITÓW ZIEMI	31
2.1. Prawa Keplera	34
2.2. Elementy orbity	40
2.3. Kształt orbity	42
2.4. Położenie satelity na orbicie	43
2.5. Ewolucja elementów orbit	47
2.6. Podsumowanie	49
3. ZAPEWNIENIE ŁĄCZNOŚCI SATELITARNEJ	51
3.1. Pokrycie	54
3.2. Widoczność	60
3.3. Anteny wielowiązkowe	65
3.4. Opóźnienie propagacyjne	69
3.5. Zjawisko Dopplera	74
3.6. Częstotliwości stosowane w łączności satelitarnej	78
3.7. Podsumowanie	79
4. KONSTELACJE SATELITÓW	81
4.1. Typy konstelacji	83
4.1.1. Styk obszarów satelitów przemieszczających się w tym samym kierunku (<i>co-rotating</i>)	86
4.1.2. Styk obszarów satelitów przemieszczających się w przeciwnych kierunkach (<i>counter-rotating</i>)	88
4.1.3. Konstelacje z fazowanymi położeniami satelitów	89
4.2. Orbita synchroniczna ze Słońcem	94
4.3. Konstelacja rozety	95
4.4. Przykłady konstelacji rozety	100
4.4.1. Konstelacja złożona z pięciu satelitów	100
4.4.2. Konstelacja złożona z sześciu satelitów	104
4.4.3. Sieci satelitarne, w których zastosowano konstelacje satelitów	111
4.5. Podsumowanie	112

5.	BILANS ENERGETYCZNY	115
5.1.	Wprowadzenie	117
5.2.	Szumy i zakłócenia w łączu satelitarnym	120
5.3.	Wypadkowy stosunek mocy sygnału do mocy szumu	122
5.3.1.	Bilans łącza Ziemia-satelita (wyznaczenie $(C/N_0)_{Z-S}$)	124
5.3.2.	Bilans łącza satelita-Ziemia (wyznaczenie $(C/N_0)_{S-Z}$)	151
5.3.3.	Zakłócenia w łączach satelitarnych	160
5.4.	Podsumowanie	175
6.	MODULACJA I DEMODULACJA CYFROWA SYGNAŁU	177
6.1.	Modulacja cyfrowa	179
6.1.1.	Modulacja dwustanowa BPSK i DE-BPSK	180
6.1.2.	Modulacja czterostanowa QPSK i DE-QPSK	182
6.2.	Demodulacja sygnału cyfrowego	186
6.2.1.	Demodulacja sygnału BPSK	187
6.2.2.	Demodulacja sygnału QPSK	188
6.2.3.	Jakość transmisji cyfrowej	189
6.3.	Skuteczność wykorzystania widma	191
6.4.	Synchronizacja	192
6.5.	Kodowanie protekcyjne	193
6.6.	Zaawansowane metody modulacji i kodowania w łączach satelitarnych	198
6.7.	Podsumowanie	203
7.	PROTOKOŁY WEWNĘTRZNE SYSTEMU SATELITARNEGO	205
7.1.	Kontrola błędów	207
7.1.1.	Efektywność wykorzystania kanału przy potwierdzeniu typu SW	208
7.1.2.	Efektywność wykorzystania kanału przy potwierdzeniu typu GBN	210
7.1.3.	Efektywność wykorzystania kanału przy potwierdzeniu typu SR	212
7.2.	Kontrola przepływu danych metodą przesuwającego się okna	214
7.3.	Przepytywanie	215
7.4.	Sieci VSAT a sieć SNA	218
7.5.	Interfejsy wielopunktowych protokołów synchronicznych	218
7.6.	Protokół SDLC	220
7.7.	Protokół BISYNC	223
7.8.	Podsumowanie	224
8.	ZWIELOKROTNIE NIE DOSTĘPU	225
8.1.	Metody zwielokrotnienia dostępu	227
8.1.1.	Częstotliwościowe zwielokrotnienie dostępu	227
8.1.2.	Czasowe zwielokrotnienie dostępu	228
8.1.3.	Kodowe zwielokrotnienie dostępu	229
8.2.	Systemy dostępu wielokrotnego	231

8.2.1.	Częstotliwościowe zwielokrotnienie dostępu w systemach VSAT o architekturze kraty	231
8.2.2.	Częstotliwościowe zwielokrotnienie dostępu w systemach VSAT o architekturze gwiazdy	233
8.2.3.	Czasowe zwielokrotnienie dostępu	237
8.3.	Protokoły dostępu wielokrotnego stosowane w sieciach VSAT	240
8.4.	Protokoły ze stałym przydziałem dostępu	241
8.4.1.	FDMA-SCPC	241
8.4.2.	Dostęp na żądanie typu DA-FDMA	242
8.4.3.	CDMA	243
8.4.4.	TDMA	244
8.5.	Protokoły z dostępem rywalizacyjnym	244
8.5.1.	Aloha	244
8.5.2.	SREJ-Aloha	244
8.5.3.	Aloha szczelinowa	246
8.5.4.	Tree CRA	247
8.5.5.	ARRA	249
8.5.6.	TARA	249
8.5.7.	SREJ-Aloha/FCFS	251
8.5.8.	RA-CDMA	251
8.6.	Protokoły z dostępem rezerwacyjnym	254
8.6.1.	DAMA/TDMA	255
8.6.2.	DAMA/Slotted Aloha	257
8.6.3.	Rezerwacja z synchronizacją lokalną	257
8.6.4.	Dostęp wielokrotny mieszany	260
8.7.	Analiza pracy łącza z protokołem Aloha	260
8.7.1.	Przepustowość łącza z protokołem Aloha	261
8.7.2.	Łącze z protokołem Aloha dla skończonej liczby użytkowników	263
8.7.3.	Opóźnienie szczelinowego protokołu Aloha	265
8.8.	Porównanie protokołów transmisji stosowanych w systemach VSAT	271
8.8.1.	Modele ruchu w sieciach VSAT	274
8.8.2.	Parametry kanału i protokołu	275
8.9.	Właściwości różnych protokołów dostępu – wyniki symulacji	275
8.10.	Podsumowanie	282

9. SYSTEMY SATELITARNE VSAT 283

9.1.	Wymagania i uwarunkowania prawne stawiane systemom VSAT	286
9.2.	Topologia sieci VSAT	288
9.2.1.	Architektura gwiazdy	289
9.2.2.	Architektura kraty	291
9.2.3.	Architektura punkt–punkt	292
9.2.4.	Podsumowanie	293
9.3.	System Skystar Plus	294
9.3.1.	Uniwersalna karta protokołów	298
9.3.2.	Adaptacyjny protokół transmisji	300
9.3.3.	Charakterystyka kanału stacja centralna–VSAT	300
9.3.4.	Charakterystyka kanału VSAT–stacja centralna	303
9.3.5.	Praca protokołu adaptacyjnego AA/TDMA w trybie rywalizacyjnym	305

9.3.6.	Praca protokołu AA/TDMA w trybie rezerwacyjnym	306
9.3.7.	Praca systemu w stałym trybie rezerwacyjnym	307
9.3.8.	Kontrola błędów	307
9.3.9.	Kontrola przepływu danych	307
9.3.10.	Analiza opóźnień w protokole AA/TDMA	308
9.3.11.	Opóźnienia w dostępie rywalizacyjnym RA/TDMA	309
9.3.12.	Opóźnienia w dostępie rezerwacyjnym DA/TDMA	312
9.3.13.	Opóźnienia w dostępie mieszanym	313
9.3.14.	Opóźnienia związane z kolejkowaniem	314
9.4.	Nowe rozwiązania techniczne w systemach VSAT	316
9.4.1.	Optymalizacja ruchu TCP/IP	318
9.4.2.	Zapewnienie odpowiedniej jakości usług	321
9.4.3.	Modulacja, kodowanie i kompresja sygnału	325
9.5.	System 51F Infinity firmy iDirect Technologies	327
9.5.1.	Pojemność systemu	332
9.5.2.	Usługi	332
9.6.	System HX100 firmy Hughes	333
9.7.	Podsumowanie	336

10. SIECI SATELITARNE DO WOLNEJ TRANSMISJI DANYCH 339

10.1.	System Orbcomm	341
10.1.1.	Usługi	343
10.1.2.	Zwielokrotnienie dostępu	344
10.1.3.	DCAAS	345
10.1.4.	Pojemność systemu	346
10.1.5.	Ustalanie położenia terminala	346
10.1.6.	Budowa segmentu naziemnego	346
10.1.7.	Opis segmentu kosmicznego	353
10.2.	System Leo One	358
10.2.1.	Konstelacja satelitów systemu Leo One	358
10.2.2.	Łączy satelitarne stosowane w systemie Leo One	361
10.2.3.	Satelity	362
10.2.4.	Terminale naziemne	364
10.2.5.	Protokoły transmisyjne	365
10.2.6.	Naziemne stacje bazowe	368
10.2.7.	Usługi świadczone przez system Leo One	368
10.3.	Porównanie systemów	369
10.4.	Monitorowanie położenia pojazdów przy użyciu systemów satelitarnych	370
10.4.1.	Struktura systemu	371
10.4.2.	Łączy radiowe między terminalem ruchomym a centrum zarządzania	373
10.4.3.	Systemy nawigacyjne stosowane przy monitorowaniu ruchu pojazdów	377
10.4.4.	System Eutelsat	377
10.4.5.	Systemy FMS wykorzystujące system Inmarsat C	386
10.4.6.	Systemy FMS wykorzystujące system BGAN	389
10.4.7.	Monitorowanie położenia pojazdów przy użyciu systemów Small Leo	390
10.4.8.	FMS w Polsce	391
10.5.	Podsumowanie	394

11. SIECI SATELITARNE PRZEZNACZONE DO ŚWIADCZENIA USŁUG TELEFONICZNYCH	395
11.1. Sieci, w których zastosowano satelity niegeostacjonarne	397
11.1.1. Iridium	397
11.1.2. System Globalstar	404
11.1.3. Porównanie systemów	411
11.2. Sieci, w których zastosowano satelity geostacjonarne	412
11.2.1. Wprowadzenie	412
11.2.2. Opis standardu	412
11.2.3. Standard GMR-1	413
11.2.4. Standard GMR-2	421
11.3. Satelitarne systemy telefonii komórkowej	425
11.3.1. Projekt EAST	425
11.3.2. System ACeS	429
11.3.3. System Thuraya	433
11.4. Podsumowanie	436
 12. SIECI SATELITARNE DO PRZENOSZENIA RUCHU IP	 437
12.1. Wprowadzenie	439
12.2. Rola satelitarnej sieci IP	439
12.2.1. Sieć szkieletowa lub trankingowa	439
12.2.2. Dystrybucja treści do brzegu sieci	441
12.2.3. Tworzenie dostępu do Internetu	441
12.2.4. Satelitarny system transmisji grupowej (<i>multicasting</i>)	444
12.2.5. Standard DVB-S MPEG-2	444
12.3. Kanał zwrotny dla IP	446
12.3.1. Kanał zwrotny DVB-RCS	446
12.3.2. Techniki dedykowane dla IP	449
12.4. Podsumowanie	456
 13. SZEROKOPASMOWE SIECI SATELITARNE	 457
13.1. Dostęp do usług multimedialnych	460
13.2. Architektura systemów	462
13.3. Zakres częstotliwości dla szerokopasmowych sieci satelitarnych	465
13.4. Stosowane protokoły, platformy transmisyjne	466
13.4.1. Protokół TCP/IP	467
13.4.2. Platforma cyfrowa DVB-S	469
13.4.3. Protokół ATM	472
13.5. Geostacjonarne szerokopasmowe systemy dostępowe	473
13.6. Systemy (w których zastosowano satelity geostacjonarne) do łączności z samolotami	477
13.7. Globalne satelitarne szerokopasmowe systemy dostępowe	481
13.7.1. Teledesic – Internet w kosmosie	481
13.7.2. SkyBridge	488
13.8. Podsumowanie	493

14. SYSTEMY I USŁUGI OFEROWANE PRZEZ INMARSAT	495
14.1. Inmarsat A i B	501
14.2. Inmarsat C	502
14.2.1. Struktura systemu Inmarsat C	502
14.2.2. Interfejs radiowy systemu Inmarsat C	505
14.3. Inmarsat M i Mini-M	506
14.4. Usługi świadczone przez system Inmarsat	506
14.4.1. Serwis morski	506
14.4.2. Serwis lądowy	507
14.4.3. Serwis lotniczy	508
14.4.4. Inmarsat w służbie bezpieczeństwa	508
14.4.5. Wojskowe zastosowania Inmarsatu	509
14.5. Podsumowanie	510
 15. PLATFORMY STRATOSFERYCZNE	511
 16. LITERATURA	517
 SKOROWIDZ	527