

저궤도 위성을 사용한 위성이동통신 시스템

秦政山, 許榮國

現代電子産業(株) 産業電子研究所

I. 서 론

시간, 장소 등에 제한됨 없이 원하는 상대방과 통신을 할 수 있는 개인통신망이 오는 2000년대에는 실용화 되리라 예상되고 있다.

현재 상용화되고 있는 정지궤도 위성을 이용한 통신 시스템은 지표면의 일정지역을 항상 서어비스 할 수 있는 장점은 있으나 고출력, 대형의 안테나가 요구되기 때문에 휴대형 단말기로는 통신이 불가능하다. 이에 따라 저출력, 소형 안테나로 통신이 가능한 저궤도 위성을 이용하여 소형 휴대형 단말기로 직접 통신을 하는 저궤도 위성통신 시스템의 개발이 최근 미국을 중심으로 활발하게 추진되고 있다.

1992년 3월에 끝난 세계 전파주관청회의(WARC-92)에서는 이들 시스템 전용 주파수 대역이 논란끝에 미국의 원안대로 1.6/2.4GHz 대역에 전세계 공통으로 할당되기도 하였다.

현재 계획되고 있는 시스템은 Motorola사의 Iridium 과 같이 위성 자체에서 신호처리를 하여 망접속을 하여 주는 'onboard processing'형과 미국 LQSSI사의 Globalstar 등과 같이 위성에서는 단순하게 신호를 중계하고 지상장치에서 대부분의 신호처리, 망접속을 하여 주는 'bent-pipe'형으로 구분할 수 있으며 이들 모두 '97년 서비스 개시를 목표로 활발하게 추진되고 있다.

II. System 개요

고도 1,389Km에 위치한 48개의 소형 저궤도 위성을

이용, 전세계를 cell로 구성하여 소형 안테나가 장착된 휴대형 또는 차량 탑재형 단말기로 위성과 직접 통신하여 개인통신 서어비스를 제공하는 시스템이다.

기존 또는 계획중인 PSTN, PLMN, cellular network, PCN 등과 접속되어 이들 시스템과 상호 보완적으로 기능을 분담하도록 구성되었다.

1. 시스템 구성

(1) Space segment

8개의 궤도면을 형성하는 48개의 저궤도 위성으로 구성되어 있다.

(2) Ground segment

지구국 및 관련 장치로 구성되어 call processing 기능 수행 및 PSTN등과 상호 접속되는 gateway와 통신망 운용 및 PSTN과의 연결을 담당하는 NCC(network control center), 위성제어 및 궤도유지를 수행하는 TT & C국과 SOCC(satellite operation control center)로 구성되어 있다.

(3) User segment

Dual mode(위성통신 및 cellular system 겸용) 음성 & 데이터 및 RDSS용, single mode 음성 & 데이터 및 RDSS용 / paging & messaging 및 RDSS용 / RDSS 수신 전용 단말기로 구성된다.

2. 제공 서어비스

(1) RDSS(radio determination satellite service):

위치표시

(2) 2400bps 데이터 통신(facsimile 등)

(3) 2400~9600bps 디지털 음성통신

(4) Paging 및 messaging

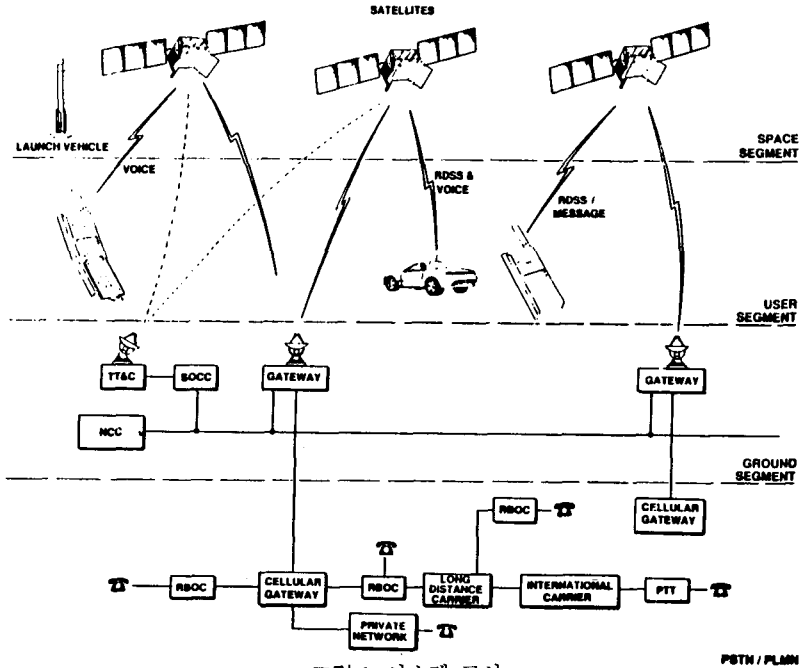


그림 1. 시스템 구성

Ⅲ. 사용 주파수 대역 및 다중접속 방식

1. 사용 주파수 대역

현재 제안된 여러 시스템과 동일 저궤도 위성용 주파수 대역(L, S band)을 공유하기 위해 A, B 두가지 시스템 안이 계획되어 있다.

(1) System A

- User up & downlink : L band (1610~1626.5MHz)
- Feeder uplink : C band (6252.0~6541.5MHz)
- Feeder downlink : C band (5199.5~5216.0MHz)

(2) System B

- User uplink : L band (1610.0~1626.5MHz)
- User downlink : S band (2483.5~2500.0MHz)
- Feeder uplink : C band (6484.0~6541.5MHz)
- Feeder downlink : C band (5158.5~5216.0MHz)

2. 다중접속방식

시스템에서 사용되는 다중접속 방식으로는 CDMA, FDMA, TDMA 기법과 MBA(multiple beam antenna) 기법이 조합된 방식이 채택되었다.

1) System A

(1) User link

시스템 A의 user link는 16.5MHz 폭의 L band만 사용하여 TDD 방식으로 uplink와 link를 형성하도록 설계

되어 있다. 시스템 A의 다중접속 방식은 TDD-FD-CDMA(time domain duplexing-frequency division-code division multiple access)이다.

그림 2에 system A의 beam hopping-TDD-FD-CDMA 개념을 표시하였다. Userlink는 1.25MHz 대역의 13개 sub-band로 나뉘어졌으며 각 sub-band 내에서는 synchronized CDMA 기법을 사용하여 인접 채널간 interference를 최소화하고 있다. System의 1 TDD frame은 6개의 10mS time slot으로 구성된다. 각 TDD frame내에서 3개의 time slot은 송신으로 나머지 3개 time slot은 수신으로 할당된다. 각 time slot은 동일대역 내에서 2개의 beam쌍(beam 1 & 4, beam 2 & 5, beam 3 & 6)에 송신, 수신으로 할당되어 beam 분할된다. 따라서 L band 주파수는 TDD에 의해 2배, beam hopping으로 3배, 48개의 위성 constellation에 의해 48배 재사용 되므로 총 288배의 주파수 재사용을 갖는다.

(2) Feeder link

C band feeder link는 안테나 dual-polarization에 의해 2배의 주파수 재사용을 갖는다.

2) System B

System B의 주파수 분할방식은 그림 3과 같다.

(1) User link

시스템 B의 user link는 uplink로는 L band를,

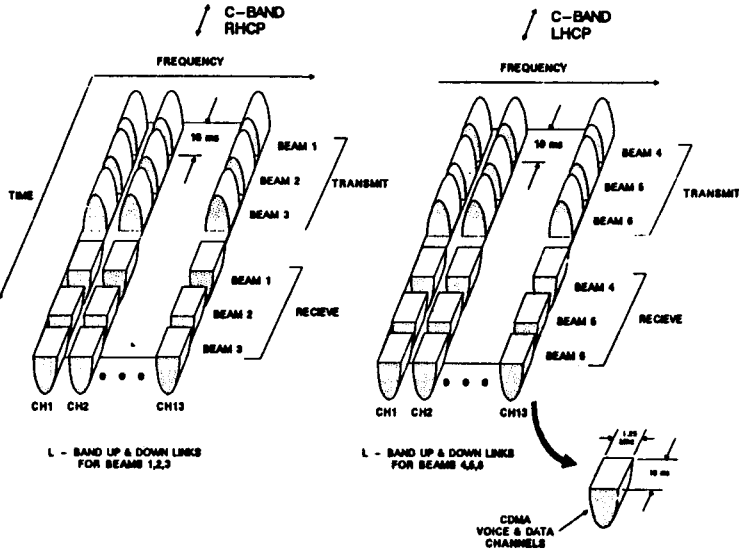


그림 2. System A 다중접속 방식

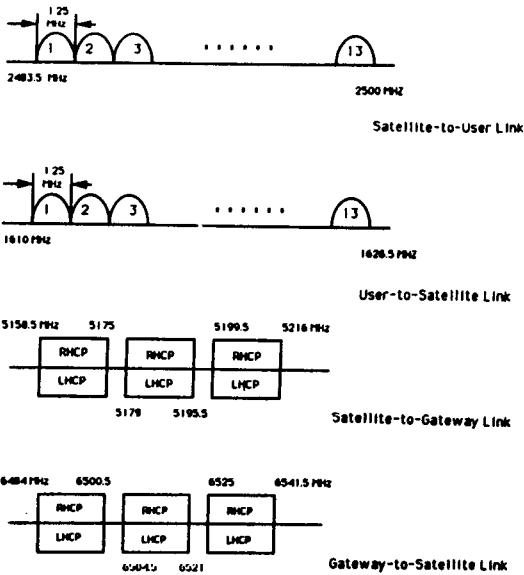


그림 3. System B 주파수 분할방식

down link로는 S band를 사용하여 구성된다. 시스템 B의 user link 다중접속 방식은 FDD-FD-CDMA(frequency domain duplexing-frequency division-code division multiple access)이다. 각 L & S band의 userlink는 1.25MHz 대역폭의 sub-band 13개로 구성된다. 각 sub-band 내에서는 다수의 사용자 접속을 위해

CDMA 방식이 사용된다. 따라서 L & S band 주파수는 안테나 beam에 의해 6배, 위성 constellation에 의해 48배 재사용 되므로 총 288배의 주파수 재사용을 갖는다.

(2) Feeder link

C band의 feeder link 주파수는 안테나 polarization에 의해 2배의 재사용을 갖는다.

IV. System 구성

1. 궤도

고도 750nmi(1,389Km), 경사각 52도의 8개의 원궤도에 각 궤도당 6개의 위성이 위치하여 총 48개의 위성으로 구성된다. 각 위성은 인접한 궤도상의 위성과 7.5도의 위상차를 갖는다. 한 위성의 궤도일주 주기는 2시간 정도이다.

위성궤도는 그림 4와 같다.

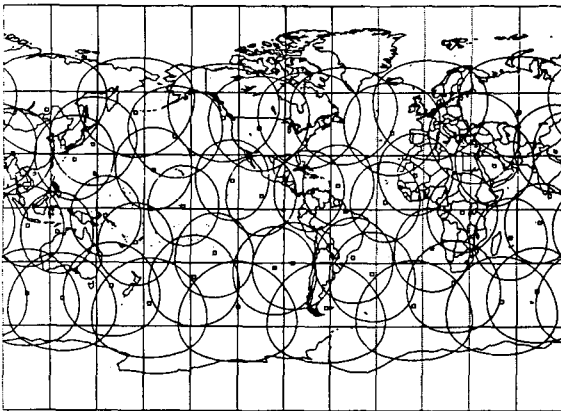
2. Coverage

각 위성은 6개씩의 spot beam으로 지구표면에 지름 650Km 정도의 타원형의 coverage cell을 형성하여 전세계 지역을 100% 서어비스한다. 이 cell들의 중심축은 위성의 이동방향으로 향하게 하여 한 위성이 단말기에 서어비스하는 시간을 최대로 하여 cell 간의 hands-off



- Orbit parameters:
750 nmi x 52° inclination
- 8 orbital planes with 6
satellites each

그림 4. 위성궤도



15° FIELD OF VIEW
• SUBSATELLITE LOCATION

그림 5. Coverage cell

수를 최소화 하고 있다. 각 cell에서의 원거리부분과 근거리 부분에서의 위성간의 경로손실차를 보상하도록 안테나를 설계(isoflux design)하여 "near-far" 문제를 최소화 한다. 한 위성이 한 지역을 연속하여 서어비스 하는 시간은 10~12 분 정도이다.

그림 5에 전세계의 coverage cell을 표시하였다.

3. Link Analysis

위성의 link margin을 계산하기 위한 주요 변수값은 다음과 같다. L band 및 S band 안테나 이득은 각각 4.0~6.0dBi, 5.0~7.5dBi 이다. 이동가입자와 미약신호

지역에 위치한 가입자의 link margin을 계산하기 위해 30%의 가입자가 차량장착형, 70%의 가입자가 휴대형 단말기를 사용한다고 가정한다. 차량장착형 가입자의 10%가 미약신호 지역에 위치하고 요구되는 margin이 10dB, 휴대형 가입자의 20%가 미약신호 지역에 위치하고 요구되는 margin이 3dB라 하고, uplink에는 1.3dB의 신호간섭 margin, 1.0dB의 열잡음 margin을, downlink에는 각각 1.0dB의 신호간섭, 열잡음 margin을 준다.

S band에서의 power flux-density는 -145 dBW/m^2 (4KHz band, arrival angle 10~90도)이고 L band에서의 power flux-density는 -139 dBW/m^2 (4KHz band, arrival angle 10~90도)이다.

L 및 S band의 link margin은 최악의 조건에서 L band는 0.7dB, S band는 1.1dB 이다.

4. 통신용량

위성 1개가 System A는 2600, System B는 2800개까지의 full duplex 음성채널을 수용할 수 있으므로 전세계에서 최대 134,400개의 full duplex 음성채널을 보유한다. RDSS 용량은 1,728만 location/hour 이다.

V. 시스템 구성요소

1. Space Segment

1) 위성체

위성체는 천저(nadir)지향 3축 안정형이며 질량 232Kg, 동작수명은 7.5년이다. 소형이므로 1개의 발사체(Delta, Arine등)에 8개의 위성을 동시에 발사할 수 있도록 설계되었다.

위성의 주요 제원은 표 1과 같다.

2) Communication subsystem

(1) 안테나

· C band feederlink 안테나: 위성과 gateway간(feeder link)의 통신용 안테나로 송, 수신용이 각각 분리되어 있다. 각 안테나의 polarization은 circular이며 각 편파는 독립적으로 사용된다.

· L/S band용 안테나: User와 위성간(user link)의 통신용 안테나로 band마다 6개의 passive array로 구성되어 각 1개씩 총 6개의 타원형 spot beam을 형성한다. 각 array는 beam forming network에 의해 진폭과 위상 계수가 조정되어 동일강도의 전체 beam을 형성한다.(isoflux design)

표 1. 위성의 주요 제원

Stabilization	3-Axis
Mission Life	7.5년
Station Keeping	±1도(In-plane & Out-of-plan)
Frequency Band	L and/or S, C band(III장 참조)
위성당 용량	2,600~2,800 full duplex voice circuits
Polarization	Circular
송신 EIRP(1.25MHz채널당) · System A(burst당) C-band L-band · System B C-band L-band	-0.2 dBW 15 dBW 5.0 dBW 13.8 dBW
System G/T C-band L-band	-20.4 dB/K -13.2~-11.0 dB/K(dependent on beam)
In-Orbit Mass	232 Kg
궤도 상수 · 고도 · Eccentricity · Inclination	1389 Km 0 (circular) 52도

(2) System A 통신 증계기

· C-L 및 L-C band용 증계기, timing & 제어부로 구성된다. C band의 각 polarization으로 수신된 신호는 각각의 경로로 분리되어 LNA에서 증폭되고 L band로 변환된다. 이 신호는 timing & 제어부에 의해 동작되는 반도체 스위치에서 beam 1-4, 2-5, 3-6으로 출력되기 위해 10ms 간격으로 스위칭 된 후 multi-port L band 증폭기에서 증폭된 후 filtering되어 circulator를 거쳐 L band 안테나로 연결된다.

L band 안테나로 수신된 신호는 circulator와 filter를 거쳐 L band LNA에서 증폭된다. 이 신호는 반도체 스위치에서 1, 2, 3번 beam과 4, 5, 6번 beam으로 나뉘어 polarization 별로 각 C band 전력증폭기에 연결되어 안테나를 통해 송출된다.

(3) System B 통신 증계기

· C-S 및 L-C band용 증계기로 구성된다. C band의 각 polarization으로 수신된 신호는 각각의 경로로 분리되어 LNA에서 증폭되고 S band로 변환된다. 이때 3개

의 16.5MHz C band 주파수를 동일한 16.5MHz S band 주파수로 바꾸기 위해 3개의 LO 주파수가 사용된다. 이 출력은 multi-port S band 증폭기에서 증폭된 후 filtering 되어 S band 안테나로 연결된다.

User로 부터 송신된 신호는 6개의 L band beam 안테나를 통해 수신되고 이는 filtering, 증폭되어 up-converter에서 C band로 변환된다. 이때 C-S band 증계기와는 역순으로 3가지의 LO 주파수를 사용하여 L band를 C band 신호로 바꾼 뒤 전력증폭하여 안테나를 통해 송출한다.

3) TT&C subsystem

Command 신호의 수신, 복조, 확인 및 시행, telemetry 신호의 부호화, 변조 및 송신, ranging 신호의 수신 및 재전송을 통하여 위성체 제어 기능을 수행한다.

(1) Telemetry

위성내의 제어부에서 위성 payload 및 bus 동작상태, 지상 재확인을 위한 검출된 command 정보가 형식화 및 부호화되어 1 Kb/s로 전송된다.

광각 선형편파 안테나(wide-angle linearly polarized antenna)를 위성의 지구쪽, 지구반대쪽 면에 위치시키고 지상의 TT & C국 안테나로는 원편파 안테나를 사용하여 비정상 상태의 자세에서도 정확한 통신이 되도록 구성되었다.

On-orbit 상태에서의 송신출력은 50mW 이다.

(2) Command

500 b/s의 command 신호는 수신, 확인되어 위성 궤도조정, power 및 온도제어, 제어처리부 diagnostic dump등의 기능을 수행한다.

Command 수신용으로 telemetry 안테나와 동일한 광각 안테나가 사용된다.

4) 위성체 bus

(1) 구조물

1개의 발사체에 여러개의 위성을 탑재하여 발사할 수 있도록 2개의 태양전지판 날개는 접혀지게 되어 있으며 주요 부분은 알루미늄으로 제작 설계된다.

(2) 온도 제어

Heater와 수동열 제어 장치(thermal louver 및 diode heat pipe)로 위성체 온도를 제어한다.

(3) Electrical power

2개의 실리콘 태양전지판(각각의 면적 5m²) 및 NiH₂ 배터리(eclipse시 33분 사용 가능)를 이용, 침투소비전력 875W 시에도 안정된 전원을 공급한다.

(4) 위성체 자세제어

Earth sensor(pitch & roll) 및 Sun sensor(Yaw)

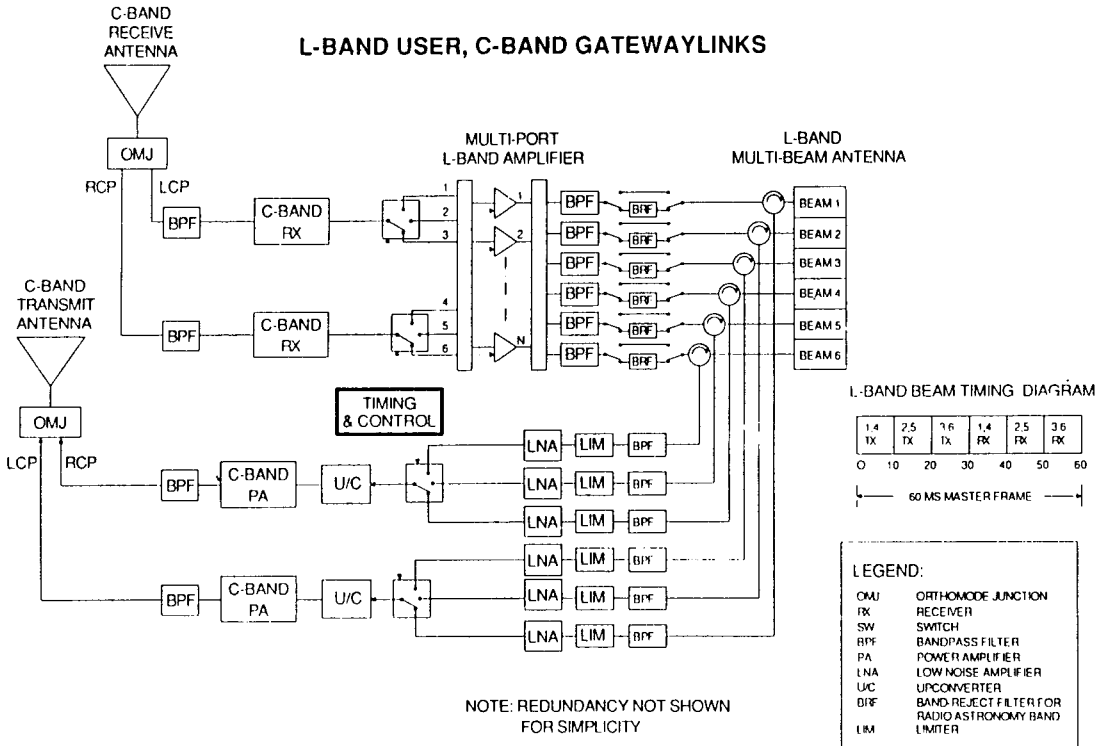


그림 6. System A repeater block diagram

에 의해 감지한 데이터로 2개의 reaction wheel(총 3개, 예비용 1개)로 유지하며 추진시는 관성추진장치로 위치의 기준을 마련하고 thruster를 사용 자세를 유지한다.

(5) 추진장치

Monopropellant hydrazine 추진장치를 사용 궤도 진입, 유지, 재배치 등을 수행한다. 2 Newton의 6개 thruster로 구성되어 있다. 탑재된 추진연료량은 41Kg (단, 1,390Km 상에 직접 진입시킬 경우 11kg의 연료만 탑재)이다.

2. Ground Segment

Globalstar sytem의 ground segment는 gateway, NCC, TT & C, SOCC로 구성되어 있으며 gateway는 NCC와 연결되어 다른 망(PSTN, cellular등)과의 접속 기능을 수행한다.

(1) Gateway station

Gateway station은 기능별로 NCG(network coordination gateway)와 standard gateway로 구성된다.

NCG는 resource assignment, network timing &

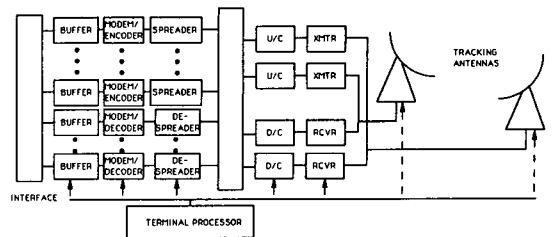


그림 7. Gateway station의 block diagram

coordination(call setup, traffic), 위성통신 장치 상태 감시, data base와의 통신 등의 기능을 수행한다. NCG는 전세계에 제한된 숫자가 분포된다.

Standard gateway는 기존의 cellular망, PSTN, 사설망과 연결되어 가입자와 이들 망과의 접속을 담당한다. 전 세계적으로 분포되어 있으며 NCG와는 packet 데이터망으로 연결된다. RF 터미널과 스위칭 장비로 구성되어있고 1개의 gateway 안테나는 근접한 3개의 위성

을 추적하여 active link가 바뀔 때마다 통신 채널을 현재의 위성에서 다음 위성으로 hands-off 시킨다.

(2) NCC(network control center)

시스템 통신망을 제어하며 registration, verification, 요금부과, 망 database 분배, network resource 할당 등의 기능을 담당한다.

(3) TT & C station

SOCC와 함께 위성의 궤도 이동, 궤도 단계적 진입, 수명 만료후 궤도 이탈 등의 기능을 수행한다. 각 위성의 위치 좌표, 운행상태 등을 관측하여 이 정보를 SOCC에 전송한다. 또 필요한 경우에 ground command를 보내 위성의 위치 및 자세를 교정한다. 미국의 경우 2개가 해안지역에 위치하며 각 위성에 최소한 하루에 2번 command를 보내고 telemetry를 처리한다. 5m 추적용 안테나가 지구국에 접근하는 위성을 추적하는데 사용된다.

(4) SOCC(satellite operation control center)

위성궤도 정보를 위성간 hands-off, acquisition, synchronization 등의 기능을 수행할 수 있도록 처리하여 준다. 이 정보는 gateway로 전송되어 위성추적등에 사용된다. 또 위성의 궤도유지 계획, in-orbit 시험을 담당하여 위성이 정상궤도에 유지되도록 하여준다.

3. 단말기

(1) Link 특성

Elevation angle이 위성운동에 의해 10~90도로 변하기 때문에 shadowing, multipath fading, blockage 등에 의한 신호 감쇄 현상이 자주 변한다. Isotflux 안테나의 궤적이 불완전한 경우에는 power control이 필요하다. 저궤도 위성의 빠른 궤도운동으로 인한 doppler shift는 gateway station 및 단말기에서 보상하여 준다.

(2) Voice coding

음성통신 품질을 높이기 위해 1.2~9.6Kbps(average 4.8Kbps)로 가변되는 가변 coding 방식이 사용되며 QPSK 변복조된다.

(3) 단말기 종류

기능에 따라 아래와 같이 4가지로, 형태에 따라서 휴대형, 차량탑재형으로 분류할 수 있다.

가. Dual mode(Globalstar system 및 cellular system 겸용) 음성, 데이터, 위치표시(RDSS) 기능형

나. Single mode(Globalstar system 전용) 음성, 데이터, 위치표시 기능형

다. Single mode paging, messaging, 위치표시 기능형

라. Single mode 위치표시 수신전용

(4) 특징

DS-CDMA(direct sequence-code division multiple access)기술로 1.25MHz 대역에 확산시켜 전송하여 C/I 비를 개선시키고 FEC(forward error correction) 기법을 사용, 전송오류를 줄여준다.

VI. 제공 서어비스의 종류

1) 음성 서어비스

음성 데이터 전송속도는 1200~9600 bps이며 이동가입자를 가장 가까운 gateway에 연결하여 준다.

Voice messaging, closed user group service 등의 서어비스가 제공된다.

2) 데이터 서어비스

2400 bps의 데이터를 10⁻⁶ BER으로 전송할 수 있다. Point-to-point, point-to-multipoint, data gathering, broadcasting등의 형태가 가능하다.

3) RDSS service

현재 운용중인 Qualcomm사의 OmniTRACS 시스템의 protocol 채택, 위성으로부터 수신된 신호로만으로 위치판별할 수 있는 QASPR(Qualcomm's automatic satellite position reporting) 기술을 사용하여 LO-RAN 처럼 외부의 positioning system 없이 2개의 위성으로 200m 정도의 정확도를 보유한다. 사용자마다 부가의 bandwidth를 할당하지 않고 range와 doppler 관측 데이터를 messaging의 backbone 구조를 이용하여 송신함으로써 위성추적과 터미널의 위치 계산과 스펙트럼을 효율적으로 이용할 수 있다.

RDSS는 두가지 mode로 동작한다

(1) Gateway에서 위치계산

Gateway에서 위치계산을 하고 전송 link 끝에 계산 결과를 송신한다. 터미널의 위도, 경도 정보를 제공하며 위성 pointing direction이 3도 이상이면 두개의 위성을 사용하여 200m 정도의 정확도를 갖는다.

(2) 사용자 터미널에서 위치계산

위성 downlink내의 pilot 채널을 통해 방송되는 위성의 ephemeris(위치추산), range와 doppler 관측 데이터를 이용 사용자 터미널에서 위치계산을 하며 요금 부과는 되지 않는다.

VI. 결 론

지금까지 bent-pipe 구조의 저궤도 위성 이동통신 시스템중 하나인 Globalstar 시스템에 대하여 알아보았다. 이 시스템은 휴대형 소형 dual mode(위성통신 및 cellular 겸용) 단말기를 사용하여 저궤도 위성으로 구축된 통신망, 또는 기존의 PSTN, cellular와 같은 지상 통신망에 직접 접속하여 음성, 데이터, 위치정보(RDSS) 전송 등의 다양한 서비스를 장소에 구애됨 없이 제공함을 특징으로 하고 있다. 음성신호도 디지털화 하여 coding, 변복조 및 FEC 오류정정기법을 사용, 전송오류를 최소화 시켜 통화품질의 극대화를 꾀하고 있다.

한편 경제성 및 현재의 기술수준을 고려할 때 on-board processing 구조의 시스템보다 이와 같은 bent-pipe 구조의 시스템의 실현성이 더 크지 않겠으나 하는 분석이 선진각국에서 대두되고 있다.


2000년대 개인통신망 구축에 소형 저궤도 위성을 이용한 통신시스템이 중추적 역할을 담당하리라 예상된다. 국내에서도 과학위성 및 95년 방송/통신위성사업을 계기로 본격화 되고 있는 위성통신 연구와 병행하여 소형 저궤도 위성 이동통신의 핵심분야인 위성체, 시스템

설계, dual mode 단말기에 대해서도 연구및 투자가 집중 되어야 한다고 생각한다.

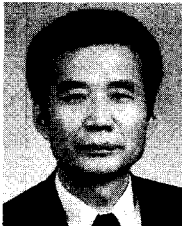
参 考 文 献

[1] Globalstar System Application:FCC filing, Loral Qualcomm Satellite Services Inc., June 3, 1991.

[2] Paul A. Monte and Andrew E. Turner, "Constellation Selection for Globalstar, a Global Mobile Communication System," AIAA International Comm. Satellite Systems Conference Technical Papers, pp. 1350-1360, 1992.

[3] F. Ananasso, G. Rondinelli, P. Palmucci, B. Pavesi, "Small Satellites Applications : A New Perspective in Satellite Communications," AIAA International Comm. Satellite Systems Conference Technical Papers, pp. 911-915, 1992. 

筆 者 紹 介



秦 政 山
1942年 5月 16日生
1963年 2月 한양대학교 전기공학과

1984年 10月 ~ 현재 현대전자산업(주) 산업전자연구소 이사
주관심분야: 위성통신(INMARSAT/VSAT/GPS 단말기, 안테나, LNA, LNB, LNC 등)



許 榮 國
1962年 12月 13日生
1985年 2月 한양대학교 전자공학과

1987年 4月 ~ 현재 현대전자산업(주) 산업전자연구소 연구 3실 위성체개발팀 과장
주관심분야: 이동통신(RF H/W, 안테나, 전파전파)