

양방향 무선호출 위성 지구국 시스템의 필요성 분석 및 위성 링크 설계

장 대 익[†] · 김 대 영^{††}

요 약

최근 다양한 무선통신 서비스가 출현함에 따라 무선호출 서비스의 경쟁력이 요구된다. 본 논문에서는 가격 및 기술 경쟁력을 높이기 위해 양방향 무선호출 위성지구국 시스템을 제안하였고 위성링크를 설계하였으며 무궁화위성을 이용한 무선호출망에 대해 설명하였다. 또한 단말국의 비용을 줄이기 위해 중심국과 단말국의 크기를 다르게 설계하였고, 인바운드와 아웃바운드의 전력배당 방법을 제안하였으며 본 위성링크설계에 이용하였다.

링크설계 결과 강우시간율 0.043%에서 중심국과 단말국의 안테나 크기는 3.7m와 1.2m이고 HPA 크기는 10.37W와 2.0W이며 아웃바운드와 인바운드의 전력배당은 84%와 16%로 설계되었다. 또한 강우시간율 0.02%에서 중심국과 단말국의 안테나 크기는 3.7m와 1.8m 그리고 아웃바운드와 인바운드의 전력배당은 63%와 37%로 설계되었다.

Necessity Analysis and Link Budget of Two Way Paging Earth Station for Satellite

Dae-Ig Chang[†] · Dae-Young Kim^{††}

ABSTRACT

Recently, appearing of various wireless telecommunications services, the competitive power of paging service is requested. In this paper, two-way paging earth station for satellite was proposed and designed to enhance the competitive power of cost and technique, and the link budget of this two-way paging networks using Koreasat was discussed. To reduce the cost of remote station, the antenna and HPA size of Hub and remote station were differently designed, and an idea of power allocations of inbound and outbound carriers was proposed and utilized in this link budget of two-way earth station for using satellite.

The results of this link budget were follows. At the 0.043% time rate of rain, the antenna size of Hub and remote station were 3.7m and 1.2m, the HPA size of Hub and remote station were 10.37W and 2.0W, and power allocations of outbound and inbound were 84% and 16% respectively. At the 0.02% time rate of rain, the antenna size of Hub and remote station were 3.7m and 1.8m and power allocations of outbound and inbound were 63% and 37% respectively.

1. 서 론

최근 사회의 이동성과 광역성이 요구됨에 따라 이동통신과 위성통신에 의한 다양한 서비스가 창출되고 있

으며 우리나라에서도 디지털 휴대전화(PCS 포함)와 위성전화가 서비스되고 있으며 IMT-2000의 서비스가 계획되어 있다. 또한 고객은 저렴한 사용 요금으로 다양한 서비스와 신뢰성 있는 서비스를 요구한다. 따라서 고객의 욕구에 부응하는 무선통신 서비스가 출현함에 따라 무선호출 서비스는 가격과 기술 경쟁력이 떨어

† 정 회 원 : 한국전자통신연구원 지상시스템연구부 선임연구원

†† 정 회 원 : 충남대학교 정보통신공학과 교수

논문접수 : 1998년 12월 14일, 심사완료 : 1999년 8월 24일

되고 입자가 악화될 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 무선호출 서비스가 가격 및 기술경쟁력을 갖기 위한 기술에 초점을 맞추었다. 양방향 서비스에서는 데이터의 수신여부를 확인함으로써 신뢰성 있는 호출 서비스를 제공할 수 있고 또한 위치 확인, 신용카드 조회, 증권정보나 증권매매 등의 서비스를 제공할 수 있다. 이러한 양방향 무선호출에 대해 위성채널을 이용함으로써 경쟁력 있는 무선호출 서비스를 제공하도록 시스템을 구성할 수 있다. 즉 기존의 전용선을 위성채널로 대체함으로써 운용비용을 1/10 이하로 줄일 수 있어 가격 경쟁력을 높이고, 산간이나 도서벽지까지 서비스지역을 확대하고 지진이나 화재 등의 비상사태에 대처하여 수신율을 증대시킴으로써 기술경쟁력을 높인다.

참고문헌 [2,3,6]과 서울 등 대도시 지역의 가입자 수를 고려한 분석에 따르면 양방향 무선호출을 위한 전송 특성으로 순방향 데이터(아웃바운드)의 속도는 256kbps, 전송방식은 TDM, 역방향 데이터(인바운드) 속도는 64kbps, 전송방식은 TDMA 방식이 적합하다. 링크설계시 중심국과 단말국의 크기를 다르게 설계하기 위해 전력배분 방법을 제안하며 최적의 링크설계를 위해 입력백오프(IPBO)와 전력배분값을 최적화 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 무선호출의 발전방향 및 양방향 무선호출의 필요성 그리고 위성을 이용한 무선호출 시스템 도입의 타당성을 제시하며 3장에서는 위성을 이용한 무선호출 데이터의 전송 방식 및 위성지구국 시스템 망 구성을 제안한다. 4장에서는 상향링크와 하향링크의 순서로 위성 링크를 설계하고 설계결과를 제시하며 5장에서 결론을 맺는다.

2. 양방향 무선호출 위성 시스템의 필요성 분석

1982년 12월 무선호출 서비스가 도입된 이래 92년도에는 100만명의 가입자가 넘어서더니 96년 말에는 1200만명을 넘어서는등 비약적인 발전을 가져왔다^[1]. 그러나 PCS나 TRS등 휴대가 간편하고 요금이 저렴한 무선통신 서비스가 탄생하여 무선호출 서비스의 영역이 좁아지고 있다. 그러므로 기존 무선호출 서비스의 장점인 저렴한 이용 요금, 소형의 단말기 그리고 사용의 간편성을 유지하면서 위치의 제약 조건으로부터 벗어나 필요한 정보와 다양한 서비스를 제공함으로써 기존 가입자를 유지시키고 새로운 수요자를 창출시킬 필요가 커져

고 있다. 이를 위해 고속, 양방향 그리고 광역 무선호출 서비스가 요구된다^[2].

2.1 무선호출의 발전방향 및 양방향 서비스

무선호출 서비스는 기존의 장점을 최대한 살리면서 단점을 보완하는 방향으로 전개되면서 다른 통신수단과 근본적인 서비스 차별화에 의한 시장 경쟁력을 강화시키는 방향으로 추진되어야 한다. 수요자 창출을 위해 요구되는 응용 서비스는 긴급응답을 요구하는 양방향 무선호출이나, 긴급한 전자메일과 신속한 현장 서비스 요구, 자동차나 승객 화물의 위치추적에 의한 운송관리, 신용카드 조회나 증권거래 서비스 등^[2] 다양하다.

이와 같은 서비스를 충족시키기 위한 기술은 대부분 양방향 무선호출을 통해 구현될 수 있으며 미국에서는 모토볼라가 양방향 무선호출을 개발하여 서비스중이다.

양방향 무선호출은 오류없이 호출정보를 수신했는지 확인하고 오류발생시 재전송을 요구함으로써 수신성능을 향상시키며 호출자(단말기 보유자)의 메시지 수신 및 응답상태를 확인할 수 있다. 또한 위치확인에 의한 광역서비스를 가능하게 함으로써 현재의 광역 서비스 사용상 불편함을 해소할 수 있다.

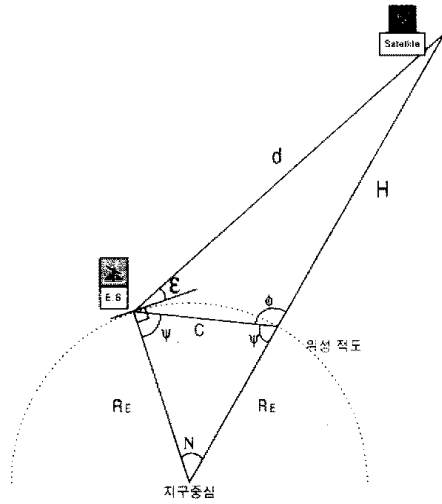
양방향을 이용한 광역 무선호출 시스템을 다음과 같이 제안한다.

- 1) 양방향 호출에 의한 단말기 위치정보 추출
- 2) 단말기의 위치정보를 무선호출 교환기의 DB에 저장
- 3) 호출정보를 단말기의 위치정보가 있는 무선호출 교환기로 송출
- 4) 무선호출 교환기로부터 기지국으로 호출정보를 송신하여 단말기 호출

2.2 기존 무선호출 시스템의 문제점 및 해결방안

현재 무선호출 시스템은 교환기와 인접 기지국간 통신링크 차에 의해 시각동기(simulcasting)가 문제되며 이 시각동기문제를 해결하기 위해 교환기(TDX-PS)에서 각 기지국 송신기에 전송되는 신호의 시간차를 기지국에서 조절하는 방법을 사용하거나 GPS를 이용하는 방법등 여러가지 방법을 사용한다^[1,3]. 그러나 위성통신의 특성을 이용하면 시각동기문제가 자동으로 해결된다. 즉, ITU의 권고에 따르면 시각동기의 한계치는 신호비트 폭의 1/4(1/4 bit duration) 이내로 규정

하고 있으므로 POCSAG1200은 208.3usec(6400 bps는 39.0625usec)이내의 신호 지연시간이 발생해야 한다.



(그림 1) 지구국과 위성 거리 계산

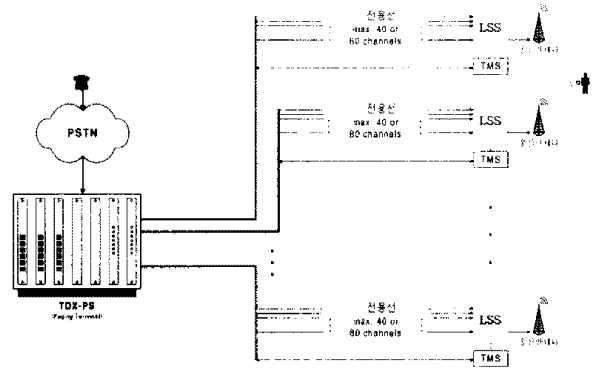
$$\begin{aligned}
 d^2 &= H^2 + C^2 - 2HC \cos \phi \\
 &= (H + R_E)^2 + R_E^2 - 2R_E(H + R_E) \sin \left[\varepsilon + \sin^{-1} \left(\frac{R_E}{R_E + H} \cos \varepsilon \right) \right] \quad (1)
 \end{aligned}$$

$$t_d = (d_1 - d_2) / c \quad (2)$$

식 (1)에서 d는 위성과 지구국의 거리, H는 위성의 고도, R_E는 지구반경, ε은 지구국 양각이다. 또한 식 (2)에서 t_d는 기지국간 전송 지연차, d₁과 d₂는 각각 식 (1)에 의해 계산된 지구국과 위성간 거리, c는 광속이다.

인접 무선호출 기지국을 8~10km 간격으로 배치하고 위성을 이용할 경우 서울(위도 37.5도, 경도 116도 기준)에서 동서방향으로는 신호의 지연차가 무시될 정도이며, 남북방향으로 영향이 가장 커 약 18usec의 신호지연이 계산된다. 또한 256kbps 시스템의 경우 클럭의 위상모호성에 의해 최대 2usec까지 전송지연이 발생할 수 있어 총 전송지연 오차는 약 20usec 발생할 수 있으며, 중심국 아웃바운드의 신호로부터 단말국(기지국)들의 기준주파수를 생성하여 클럭을 동기시키는 방법을 사용하면 별도의 장치 없이 시각동기 문제가 해결된다.

기존 지상망 무선호출 시스템은 (그림 2)와 같이 가입자 채널 40회선과 관리 채널 1회선의 전용회선을 모든



(그림 2) 기존의 지상망 무선호출 시스템 구성도

송신기가 각각 사용하므로 회선 임대료가 과다(SK Telecom의 경우 임대료는 월26억원, 312억원/년)하기 때문에 가격 경쟁력이 떨어진다. 또한 산간이나 도서벽지등의 전용선 공급에 제약이 따르므로 통신 서비스 지역이 제한된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 위성을 이용한 무선호출 전송로를 구축하고 있다.

2.3 무선호출 위성시스템 도입의 필요성

2.3.1 가격 경쟁력 있는 시스템

전용회선 사용에 의한 과다한 회선 임대료(1,2사업자 년 600억원 이상)가 가격 경쟁력을 떨어뜨리는 주요인으로 작용하고 있으며 이에 대처할 시스템으로는 위성통신의 장점인 성형망(Star Network)을 이용함으로써 가격 경쟁력을 높일 수 있다. 전국망을 대상으로 전용선을 위성으로 대체하면 필요한 채널 대역폭은 식 (3)과 같다.

$$CHBW = 250kHz \times 10CH = 2.5MHz \quad (3)$$

여기서 채널수는 전국의 9개 서비스 영역과 예비의 1개 시험채널이고 사용 대역폭은 채널당 250kHz를 기준으로 하였으며 이 경우 위성 임대료를 참고문헌 [5]에 의해 계산하면 보장형 년 임대료는 1억 1400만원(일반형은 8100만원)으로 회선 임대료만 비교했을 때 제 1 사업자의 회선 임대료에 비해 0.365%(또는 0.26%)로 가격 경쟁력이 아주 높다. 또한 1,2사업자 공용 위성망을 사용하면 위성 채널 임대료에 의한 경제적 효과는 더욱 커진다.

2.3.2 기술 경쟁력 있는 시스템

전용회선을 위성채널로 대체함으로써 위성의 특징인

신뢰성, 정보성, 이동성, 그리고 대재해성능을 장점으로 대세위 경쟁력을 높일 수 있다. 즉 전용선을 사용하지 않음에 따라 산간오지나 도서벽지등에 까지 서비스 지역을 확대시키고 지진이나 화재, 홍수등 천재지변에 대처할 수 있으며 데이터 수신율(기존 95% --> 99%대 이상(위성링크에서 10^{-7} 이상 BER 보장))을 증가시켜 서비스 품질을 개선시킨다. 또한 인접 지구국의 신호 중첩 지역에서 신호 지연에 의한 시각동기 문제가 개선되고 고속 전송이 용이하여 고속 무선호출이 가능하다.

3. 무선호출 위성 지구국 시스템의 구성 및 전송방식 제안

3.1 무선호출 위성지구국 시스템 망 구성 제안

무선호출 위성 지구국 시스템은 (그림 3)과 같이 성형망의 구조로 중심국과 단말국으로 구성하며 순방향의 다중 채널 데이터는 중심국에서 다중화 후 1개의 아웃바운드를 통해 TDM방식으로 모든 단말국(지구국)에 전송하고, 역방향 데이터는 버스트 모드로 단말국으로 부터 상향 발생서 인바운드를 통해 TDMA방식

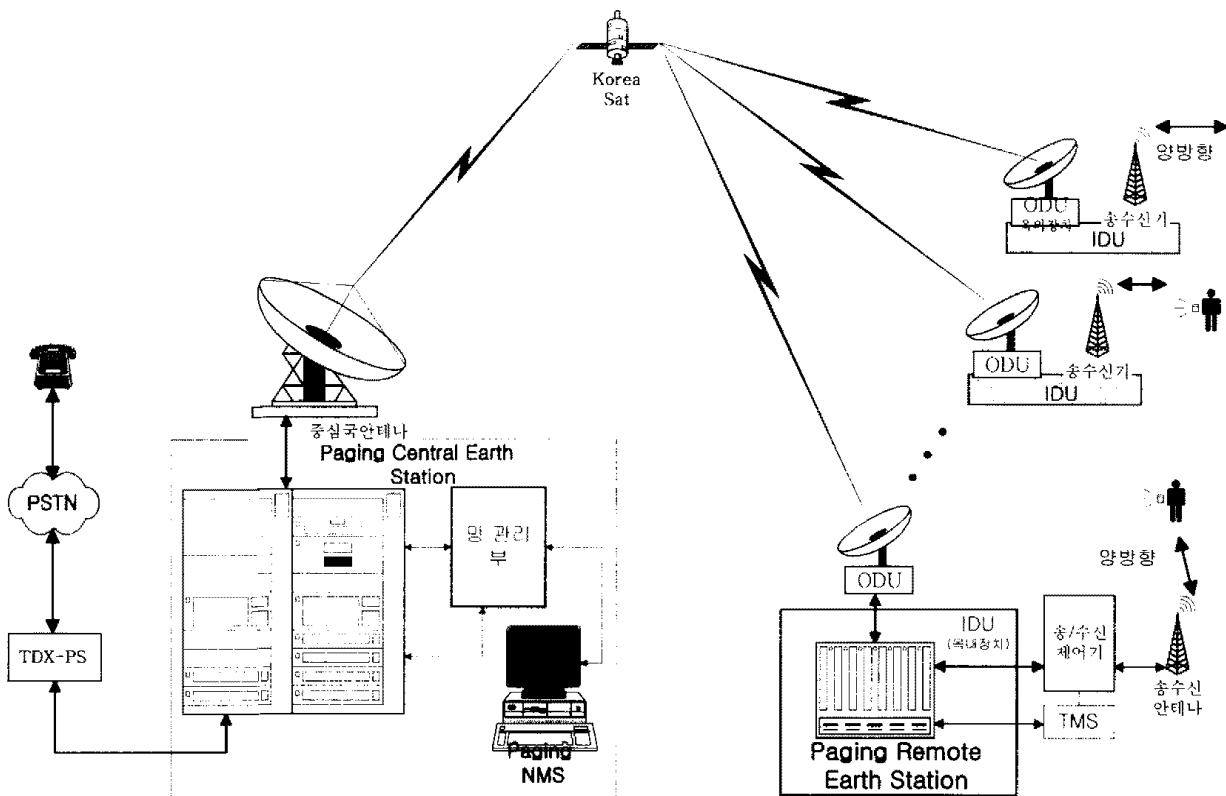
으로 중심국(무선호출 교환기, TDX-PS)에 전송한다 여기서 각 단말국의 접속(access) 시간 할당 및 제어는 아웃바운드를 통해 통제하며 중심국의 기준주파수를 모든 단말국의 기준주파수로 사용함으로써 순방향 데이터의 시각동기를 충족시키도록 한다.

단말국에 대한 제어 및 상태요구 정보는 아웃바운드의 송신채널을 통해 전송하고 단말국 및 무선호출 송수신기의 상태정보는 인바운드를 통해 전송하며 무선호출 위성 지구국 시스템의 망 및 시스템 상태 관리는 NMS(Network Management System)를 이용함으로써 단말국들을 무인으로 운용 가능하도록 한다. 그리고 무선호출 위성 지구국 시스템은 전용선의 대치로 통신링크만 제공하고 기존의 무선호출 시스템에 영향을 미치지 않도록 한다.

3.2 무선호출 위성지구국의 전송방식 제안

페이징 방식에서 채널당 수용 가입자 수는 참고문헌 [3]에 의해 식 (4)와 같다.

$$\text{수용가입자수} = \frac{\text{시간당사용가능한}codeword\text{수} \times \text{시스템효율}}{\text{시간당사용한}codeword\text{수} \times \text{호완료율}} \quad (4)$$



(그림 3) 위성을 이용한 양방향 무선호출 지구국 시스템의 구성도

<표 1> 전송속도별 수용가입자 수

페이징 방식	POCSAG 1200	FLEX 6400
숫자(10 자리)	90,700	371,200
문자(40자리)	181,00	87,300

식 (4)와 참고문헌 [3]의 자료로부터 페이징 방식과 데이터 전송속도별 수용가입자 수를 계산하면 표 1과 같으며 FLEX 6400의 고속 페이징 방식이 POCSAG 1200방식에 비해 숫자나 문자의 경우 4~5배정도의 더 많은 가입자를 수용하는 것으로 확인된다. POCSAG 1200방식에서 1채널당 5만 가입자를 수용한다고 가정하면 FLEX 6400의 고속 페이징 방식은 약 20만 가입자 이상을 수용할 수 있으며 서울과 같은 대도시를 기준할 때 고속인 FLEX 6400은 26채널로서 520만 가입자 이상을, POCSAG 1200은 256kbps 전송망에서 800~1000만 가입자를 수용할 수 있다. 이 기준으로 FLEX 6400을 26채널 수용하는 위성전송망을 설계하면 다음과 같다.

6400bps의 26채널을 1개의 위성채널로 전송하려면 다중화(multiplexing)가 필요하며 다중화하면 전치어에 의해 9600bps의 26채널로 256kbps급의 전송속도가 요구된다. 이 256kbps 위성채널은 기존의 POCSAG 및 고속무선호출 방식 모두를 수용할 수 있으며 숫자와 문자서비스는 물론 데이터, 그래픽, 팩스, 음성까지 다양한 서비스를 전송할 수 있고^[2,6] 현재까지 제안된 양방향 무선호출의 최고속인 모토롤라사의 InFLEXion 112kbps도 전송할 수 있도록 한다. 이와 같은 분석에 의해 순방향의 다중화된 채널 데이터 속도는 256kbps 이고 TDM 방식으로 전송하며 이 아웃바운드는 1개의 위성채널로 전송한다.

역방향 데이터 속도는 제안된 양방향 무선호출의 역방향 데이터 속도^[2]를 모두 지원할 수 있도록 하고 제안된 채널간격(50kHz/12.5kHz)과 채널속도^[2] 그리고 TDMA 방식의 상용 위성망을 참조, 순방향 데이터 속도의 1/4인 64kbps로 결정하며 TDMA 방식으로 전송한다. 이 인바운드는 1개의 채널로서 비스트 데이터의 충돌(collision) 방지를 위해 아웃바운드로부터 전송시간을 스케줄링 받도록 한다.

전송을 위한 변복조 방식은 전송전력과 대역폭이 제한되어있는 본 성형 위성통신 망에서 비트 오류 확률이 낮고 반송파 복원이 빠르며 변조신호간에 상호 간섭이 적고 구조가 간단한 BPSK 변조방식을 선택함으로써 현재의 중심국에 설치될 다수의 단말기에 대한 부담을

줄이도록 한다.

서비스 형태에 따른 요구품질을 ITU의 권고^[7]에 따라 계산하면 <표 2>와 같으며 무선통신의 요구품질은 데이터를 기준으로 한다.

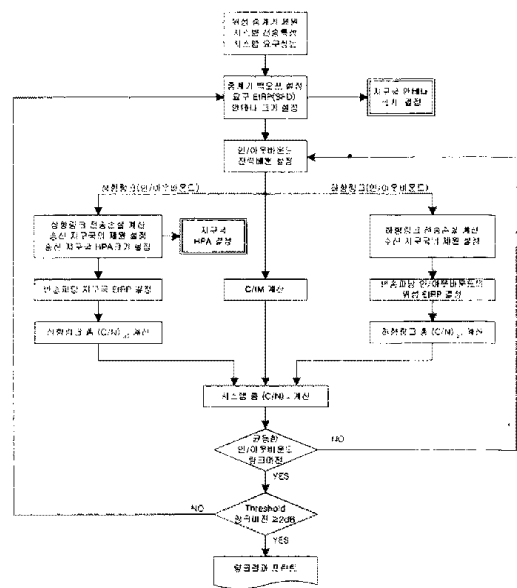
<표 2> 데이터 전송의 요구품질[ITU-R S & PN]

신호형태	요구 BER 또는 S/N	요구품질 (년 시간을 %)
데이터	10 ⁻⁷ 이하	97.91
	10 ⁻⁶ 이하	99.64
	10 ⁻³ 이하	99.957

4. 위성 링크 설계

위성을 이용하는 지구국 시스템을 설계하기 위해 먼저 복잡한 위성통신 링크에 대한 종합적인 설계가 필요하고 위성의 크기 및 무게 그리고 주파수 제약을 극복할 지상시스템의 설계가 요구되며 공간상의 손실 및 잡음요소에 대한 분석이 요구된다. 또한 위성통신 시스템은 고가의 장비로 시스템 설계 제작후 변경이 어려우며 시스템의 골격은 링크설계에 의해 결정되기 때문에 시스템 계획시 링크설계가 최우선한다.

링크설계의 절차는 (그림 4)와 같으며 인바운드와 아웃바운드의 균형을 맞추도록 한다.



(그림 4) 링크설계의 절차

4.1 설계의 목표

링크설계전 망의 형태나 시스템 구조 그리고 서비스

경태에 따라 설계의 목표를 정해야 한다. 무선호출 위성국 안테나 크기는 위성 자동 추적장치를 사용하지 않도록 4m급 이하를 목표로 하고 시스템 가격을 낮추기 위해 단말국 안테나 크기를 줄이는 방향으로 설계한다. 또한 중심국과 단말국의 HPA를 SSPA급으로 설계하여 시스템 가격을 줄이도록 한다.

데이터 요구품질은 ITU-R의 권고에 따라 <표 2>와 같이 맑은 날씨에서 BER을 10^{-7} 이하로 유지하도록 설계하고 강우시 10^{-3} 이하로 유지하도록 설계하며 필요시 UPC 기능 및 중심국 사이트 다이버시티 기능을 추가한다.

4.2 무궁화 위성의 제원

무궁화 위성의 제원은 <표 3>과 같으며 위성 EIRP와 안테나 송/수신 이득, 위성G/T는 최악의 링크설계를 가정하여 EOC(3 dB) 값을 기준으로 설계한다.

<표 3> 무궁화 위성의 중계기 제원^[5]

구분	제원
상향링크 주파수	140~14.5GHz
하향링크 주파수	12.25~12.75GHz
위성 중계기 대역폭	36MHz
위성 중계기 포화전력	14W
위성 EIRP (EOC)	50.2dBW
입력 포화 전력밀도	-88~-103 dBW/m ²
안테나 송/수신 이득(EOC)	42.9/43.8 dB
G/T (EOC)	13.5 dB/K

4.3 데이터 성능특성(BER)

참고문헌 [8]의 PSK시스템 성능특성에 의해 BER대 요구 Eb/No값을 결정한다. ITU의 권고인 요구 BER값이 정상에서 10^{-7} 과 최악의 경우에서 10^{-3} 이하를 만족하는 Eb/No값은 다음과 같다.

$$BER=10^{-7}에서 Eb/No=5.8dB-Hz$$

$$BER=10^{-3}에서 Eb/No=3.6dB-Hz$$

Eb/No로부터 요구 반송파 대 잡음비 C/N값은 식 (5)와 같다. 여기서 Rb는 전송할 신호의 데이터 정보 속도, BW는 전송할 신호의 대역폭이다.

$$C/N = Eb/No + 10 \log(Rb/BW) \tag{5}$$

<표 4> 데이터 서비스의 BER대 강우감쇄(대전)

BER	년시간율(%) (강우시간율)	강우감쇄		강우복합	
		Up	Down	Up	Down
10^{-7} 이하	97.91이상 (2.09이하)	-	-	-	-
10^{-6} 이하	99.64이상 (0.36이하)	3.2	2.8	45.87	45.45
10^{-5} 이하	99.957이상 (0.043이하)	8.7	7.5	37.5	37.07

무궁화 위성을 이용하는 Ku밴드 신호의 경우 강우에 의한 강우감쇄값이 크므로 ITU-R에서 규정한 최대 BER에 대한 시간율에 해당하는 강우감쇄값을 참고문헌 [9-11]의 CCIR모델을 이용하여 계산함으로써 표 4와 같이 서비스 요구품질에 따른 강우감쇄값(CCIR 모델, 시간율 0.01%에서 강우강도 60mm/h를 기준)을 알 수 있다.

4.4 상향링크 설계^[8,12,13]

상향링크는 지구국으로부터 위성으로 전송되는 신호에 대한 링크로서 인바운드와 아웃바운드에 대해 각각 설계하며 또한 4.3절의 강우감쇄와 전송손실등을 고려하여 설계한다. 설계절차는 참고문헌 [8,12,13]을 따르며 상향링크에서 고려해야 할 특별한 사항은 다음과 같다.

4.4.1 전력배분(Power Allocation, PA)

본 양방향 무선호출은 인바운드와 아웃바운드의 정보속도가 다르고 단말국의 안테나와 HPA크기를 중심국보다 작게 만들기 위해 위성중계기의 전력을 적절히 배분하는 전력배분 개념을 제안한다. 설계자는 위성중계기의 전력배분에 의해 중심국과 단말국의 안테나와 HPA 크기를 결정하고 인바운드와 아웃바운드의 링크마진을 균등하게 함으로써 링크설계를 최적화한다. 사용할 위성중계기의 총전력을 1로 가정하고 식 (6)과 같이 인바운드와 아웃바운드의 전력을 배분한다. 여기서 는 인바운드의 전력배분 값이다.

$$\begin{aligned} Inbound PA &= 10 \log(\alpha) \\ Outbound PA &= 10 \log(1 - \alpha) \end{aligned} \tag{6}$$

4.4.2 상향링크 반송파 대 잡음비(C/N)_u

EIRP는 송신부 안테나에서 방사되는 전력으로 중심국 또는 단말국의 HPA전력 P로부터 전력배분과 IPBO를

고려하여 (7)과 같이 계산한다.

$$EIRP = P + G_{tx} - L_{CKT} - L_{pnt,u} + PA - IPBO \quad (7)$$

여기서 안테나 이득(G_{tx}), 안테나 지향 손실(L_{pnt}), 송신 회로 손실(L_{CKT})은 참고문헌 [8,12,13]으로부터 계산하고, IPBO(위성 입력 백오프)은 위성중계기의 TWTA 입력을 포화점으로부터 백오프시켜 선형영역에서 동작하도록 함으로써 혼변조^[10,12,13] 값을 줄이기 위한 값이다.

상향링크의 성능은 식 (8)과 같이 반송파 대 잡음비인 $(C/N)_u$ 에 의해 평가할 수 있다.

$$(C/N)_u = (EIRP_{ES} - FSL_U + GIT)_{sat,r} - K - L_{atm} - L_{rain} - L_{pnt} - B \quad (8)$$

여기서 FSL(Free Space Loss)은 전파거리와 송신 신호의 주파수에 의한 자유공간손실이고 K는 볼츠만 상수, L_{atm} 은 대기손실, L_{rain} 은 강우손실, B는 신호의 대역폭이다.

4.4.3 상향링크 반송파 대 간섭비(C/I)_u

반송파에 대한 전파간섭요인으로는 인접위성에 의한 간섭, 대역외 방사, 동일주파수 사용에 의한 동일채널 간섭등이 있다. 상향링크의 인접위성에 의한 간섭은 CCIR Rec.524에 권고된 간섭 위성시스템의 지구국 off-axis EIRP밀도값을 적용하고 좌우 2개의 위성시스템을 고려하면 상향링크 간섭은 식 (9)와 같다.

$$I = 39 - 25 \log \theta + 10 \log (BW/40kHz) @ KOREASAT : \theta = 6.8^\circ \quad (9)$$

대역외 방사는 INTELSAT IESS-402의 규정을 적용하며 반송파 대역폭이 4MHz이하인 경우 반송파 대역폭에 대해 10dB(BW/4kHz)를 적용하여 식 (10)과 같이 계산한다.

$$I = 10 \log (BW/40kHz) \quad (10)$$

무궁화위성은 동일궤도에서 주위성과 예비위성이 동일주파수 대역을 편파만을 달리하여 운용하므로 동일채널 간섭을 위성과 지구국의 편파분리도에 의해 식 (11)과 같이 계산한다. 무궁화위성은 30dB이상, 지구국은 35dB이상의 편파분리도를 규정한다.

$$C/I_{co} = [(XPD)_{ES}^{-1} + (XPD)_{sat}^{-1}]^{-1} \quad (11)$$

식 (9~11)의 간섭들을 고려한 상향링크의 반송파 대 간섭비 $(C/I)_u$ 는 식 (12)와 같다.

$$C/I_u = [((C/I)_{adj})^{-1} + ((C/I)_{co})^{-1} + ((C/I)_{int})^{-1}]^{-1} \quad (12)$$

4.4.4 상향링크 총 반송파 대 잡음비(C/N)_{uT}

상향링크의 반송파 대 잡음비와 반송파 대 간섭비를 고려한 상향링크의 총 반송파 대 잡음비 $(C/N)_{uT}$ 는 식 (13)과 같다.

$$(C/N)_{uT} = [((C/N)_u)^{-1} + ((C/I)_u)^{-1}]^{-1} \quad (13)$$

4.5 하향링크 설계^[8,12,13]

하향링크는 위성으로부터 지구국으로 전송되는 신호에 대한 링크로서 인바운드와 아웃바운드에 대해 각각 상향링크의 링크설계 절차를 따르며 손실값은 하향링크를 기준으로 설계한다.

또한 하향링크 반송파에 대한 전파간섭요인인 동일채널 간섭은 상향링크와 같은 방법으로 계산하고, 간섭위성 시스템으로부터 52dBW/36MHz의 EIRP밀도가 지구국에 수신된다고 가정하면 하향링크 간섭전력은 식 (14)와 같다. 여기서 $29 - 25 \log \theta$ 는 지구국 안테나의 사이드로브 특성, BW는 반송파 대역폭, θ 는 안테나 지향방향과 간섭파 도래방향과의 각도로 무궁화위성은 6.8° 이며 무궁화위성 양쪽 2개를 고려(3dB)하였다.

$$I = 52 + 10 \log (BW/36MHz) + (29 - 25 \log \theta) + 3 \quad (14)$$

4.6 링크 설계의 결정

4.6.1 반송파 대 혼변조 잡음비(C/IM)

혼변조 잡음에 의한 반송파 평균전력 대 혼변조잡음비 C_{av}/IM 은 참고문헌 [6,12]에 따라 식 (15)와 같이 IPBO의 함수값으로 계산한다.

$$C_{av}/IM = F(IPBO) \quad (15)$$

그런데 본 링크설계에서는 인바운드와 아웃바운드의 반송파를 전력분배에 의해 다르게 분배하므로 전력분배값을 고려해야 한다. 인바운드와 아웃바운드의 전력배분 비율을 r이라 하면 식 (16)과 같다. 여기서 α 는 인바운드의 전력배분값이고 $C_i(C_o)$ 와 $n_i(n_o)$ 는 각각 인

반송파(아웃바운드)의 반송파당 전력에 반송파수이다.

$$\begin{aligned} \gamma &= a/(1-a) = n_1 C_1/n_0 C_0 = n C_1/C_0 \\ \alpha &= \gamma/(1+\gamma) \end{aligned} \quad (16)$$

$R_1(R_0)$ 를 인(아웃)바운드의 반송파당 출력전력 대 반송파의 평균전력이라 하면 식 (17)과 같고 이 식을 이용하여 인바운드와 아웃바운드의 반송파 대 혼변조 잡음을 계산하면 식 (18)과 같다.

$$\begin{aligned} R_1 &= C_1/Cav = \gamma(1+n)/[n(1+\gamma)] \\ R_0 &= C_0/Cav = (1+n)/(1+\gamma) \\ Cav &= (n_1 C_1 + n_0 C_0)/(n_1 + n_0) \end{aligned} \quad (17)$$

$$\begin{aligned} C_1/IM &= Cav/IM + C_1/Cav = Cav/IM + R_1 \\ C_0/IM &= Cav/IM + C_0/Cav = Cav/IM + R_0 \end{aligned} \quad (18)$$

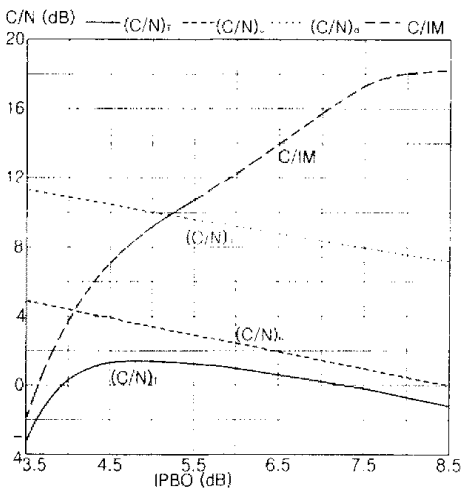
4.6.2 시스템 총 반송파 대 잡음비 $(C/N)_T$

링크설계의 결과로서 상하향링크와 혼변조잡음을 모두 고려한 총 반송파 대 잡음비는 식 (19)와 같으며 이 $(C/N)_T$ 가 설계된 시스템의 성능이다.

$$\begin{aligned} (C/N)_T &= [((C/N)_{UT})^{-1} \\ &+ ((C/N)_{DT})^{-1} + (C/IM)^{-1}]^{-1} \end{aligned} \quad (19)$$

4.6.3 최적의 반송파 대 잡음비 $[(C/N)_T]$ 계산

링크설계 결과는 (그림 5)이며 여기서 알 수 있듯이 최대의 총 $(C/N)_T$ 를 만족시키는 백오프값이 최적의 IPBO값이며 최적의 설계를 위해 IPBO값을 변경시킨다. 즉 IPBO값이 커지면 C/IM 값은 커지고 상/하향 링크의



(그림 5) IPBO에 따른 최대의 $(C/N)_T$ 계산

를 변화시키면서 최대의 총 $(C/N)_T$ 값을 만족하는 IPBO를 선택한다. 또한 IPBO값을 변화시키면서 인바C/N값은 작아지며 IPBO값이 작아지면 C/IM 값은 작아지고 상/하향 링크의 C/N 값은 커지기 때문에 IPBO값은 아웃바운드의 $(C/N)_T$ 값이 균등하면서 최대값을 갖고 중심국과 단말국의 안테나와 HPA를 원하는 크기로 설계하도록 전력할당값을 변경함으로써 최적의 전력 할당값(PA)을 선택한다.

4.6.4 링크마진(Link margin, LM)

링크마진은 식 (19)에서 계산된 $(C/N)_T$ 와 식 (5)에서 계산된 요구 C/N 과의 차에 의해 식 (20)과 같이 계산하며 이 링크마진값은 제작마진(implementation margin)을 위해 2dB 이상을 권고한다.

$$LM = (C/N)_T - (C/N)_{Req} \quad (20)$$

4.6.5 지구국 크기 결정

중심국과 단말국의 HPA 크기는 설계의 목표에 맞도록 전력할당 값과 안테나 크기를 변경하면서 식 (21)과 같이 계산하는데 단말국의 HPA는 SSPA를 사용하도록 2W이하를 설계 목표로 한다. 또한 지구국 안테나 크기는 링크마진을 만족하고 HPA의 크기가 설계목표내에 있도록 안테나 크기를 변경하면서 결정한다.

$$P_{L,E} = EIRP_{ES/ED} - G_{E,t} + L_F \quad (21)$$

4.7 링크설계 결과

4.7.1 시간율 0.043%의 링크설계 결과 (ITU-R PN)

시간율 0.043%의 링크설계 결과는 <표 5>와 같다. 설계 결과 중심국과 단말국의 안테나 크기는 3.7m와 1.2m로 설계되어 설계목표를 만족하였고 HPA는 각각 10.37W와 2.0W로 설계되었다. 또한 인바운드 링크마진은 9.09dB(맑은날)와 2.59 dB (시간율 0.043%의 경우), 아웃바운드 링크마진은 8.09dB(맑은날)와 2.74dB (시간율 0.043%의 경우)이고 인바운드 전력할당은 16%, 아웃바운드 전력할당은 84%로 설계되었으며 강우시 상향링크 전력제어(UPC)를 8.7dB로 설계하였다.

4.7.2 시간율 0.02%의 링크설계 결과

시간율 0.02%의 링크설계 결과도 중심국은 3.7m, 단말국은 1.8m 안테나 크기로 설계되어 단말국 안테나 크기만 1.8m로 커졌으며 중심국 HPA는 10.49W,

단말국HPA는 2.0W로 설계되었다. 또한 인바운드 링크마진은 12.55dB(맑은날)와 1.14dB(시간율 0.02%의 경우), 아웃바운드 링크마진은 8.4dB(맑은날)와 2.17dB(시간율 0.02%의 경우)이고 인바운드 전력할당은 37%, 아웃바운드 전력할당은 63%로 설계되어 경우 시간율 0.043%에 비해 인바운드의 전력이 상대적으로 증가하였고 경우의 경우 상향링크 전력제어(UPC)를 10dB로 설계하였다. 또한 참고문헌 [14]에 의한 사이트 다이버시티 방법을 적용하면 경우 시간율 0.015%까지 중심국 3.7m 와 단말국1.8m의 안테나로 통신할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선호출 가입자의 요구를 충족시킨다. 이때 링크마진은 인/아웃바운드 각각 2.59/2.74dB로 설계되었다. 또한 시간율 0.02%에서 중심국과 단말국의 안테나 크기는 3.7m와 1.8m, HPA는 10.49W와 2W로 설계할 수 있음을 보였다. 새로운 서비스로서 양방향 무선호출 서비스의 필요성 및 서비스 종류를 제시하였고 가격 및 기술 경쟁력

을 위한 위성 무선호출 시스템의 필요성을 분석하였다. 위성을 사용할 경우 현재의 전용회선 임대료에 비해 회선가격을 0.37% 이하로 줄일 수 있음을 보였다. 또한 고속의 양방향 무선호출 위성시스템을 위한 인바운드와 아웃바운드의 데이터 전송특성 및 위성링크설계 기법을 제시하였으며, 인바운드와 아웃바운드의 데이터 전송속도가 다르고 중심국과 단말국의 안테나 및 HPA의 크기를 다르게 설계하기 위해 전력할당 기법을 통한 최적값을 제안하였다. 인바운드와 아웃바운드에 대해 ITU-R에서 규정 한 시스템 성능을 만족시키도록 설계한 결과 시간율 0.043%에서 중심국과 단말국의 안테나 크기는 3.7m와 1.2m, HPA크기는 각각 10.37W와 2W로 SSPA급으로 시스템을 구성할 수 있음을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] 이원택, 최건, "협대역 개인 휴대 통신으로의 무선호출 기술 발전 동향", KMT Technology, pp.52~66, vol.3, 1995.
- [2] 정종민, 권장안, 임재성, 박순, "양방향 무선호출

〈표 5〉 링크설계 결과(0.043%)

Parameter	Inbound(to Hub)			Outbound(to Remote)		
Frequency(GHz)	Tx : 14.25, Rx : 12.25			Tx : 14.25, Rx : 12.25		
Inf. Rate(kbps)	64kbps			256kbps		
Req Eb/No(dB-Hz)	5.8(clear), 3.6(rain)			5.8dB(clear), 3.6(rain)		
Req C/N(dB)	1.03(clear), -1.17(rain)			1.03(clear), -1.17(rain)		
Power allocation	16%(-7.96dB)			84%(-0.76dB)		
# of carriers	1			1		
UP LINK	clear	up	down	clear	up	down
EIRPE/S /car(dB)	45.38	45.38	45.38	52.58	61.28	52.58
Rain loss(dB)	0.00	-8.70	0.00	0.00	-8.70	0.00
E/S Tx Ant G(dB)	42.84	42.84	42.84	52.62	52.62	52.62
Sat G/T(EOC, dB)	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
IPBO(dB)	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9	4.9
C/Nu total(dB)	12.21	3.51	12.21	13.13	13.11	13.13
E/S HPA(W)	2.0	2.0	2.0	10.37	10.37	10.37
DOWN LINK	clear	up	down	clear	up	down
Sat EIRP(dBW)	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2	50.2
OPBO(dB)	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38	3.38
Power alloc.(dB)	-7.96	-7.96	-7.96	-0.76	-0.76	-0.76
Rain loss(dB)	0.00	0.00	-7.50	0.00	0.00	-7.50
E/S Rx Ant G(dB)	51.48	51.48	51.48	41.70	41.70	41.70
E/S G/T(dB/K)	25.3	25.3	23.4	17.3	17.3	14.7
C/Nd total(dB)	18.82	10.12	9.96	12.08	12.08	2.23
C/IM(dB)	17.53	8.83	17.53	24.50	24.50	24.50
C/NT(dB)	10.12	1.41	7.18	9.12	9.12	1.57
Link Margin(dB)	9.09	2.59	8.35	8.09	10.29	2.74

기술 및 서비스 개편 동향”, KMT Technology, pp.28~48, July, 1996.

[3] 김희수, 유봉국, 이원택, 변재완, “FLEX 무선호출 방식의 수신특성에 관한 고찰”, KMT Technology, pp.38~57, vol.11, 1995.

[4] 전자통신연, “새로운 무선통신 서비스(쌍방향 무선호출)”, 주간전자통신연, 제189호, pp.12, Dec., 1996.

[5] 한국통신 위성사업본부, 무궁화위성 중계기 이용 업무처리 지침, 한국통신, Jan., 1996.

[6] Don Bishop, “New paging network offers voice now, data soon,” Mobile Radio Technology, pp.42~48, Sep., 1995.

[7] ITU, Quality objectives to be met for telephony, ISDN, and TV, ITU-R S and PN series, 1994.

[8] G.Maral and M.Bousquet, Satellite Communications System, 2nd ED. Wiley, 1994.

[9] CCIR-R, Propagation in non-ionized media, CCIR Rep.56-34, pp.132~133 & Rep.721-3 pp.227~230, 1990.

[10] CCIR-R, Fixed Satellite Service, CCIR Rep.524 4, pp.189~198, 1992.

[11] Radio Regulations, RR28-9, item 2573~2575.

[12] Tri T.Ha, Digital Satellite Communications, McGraw Hill Company, 1990.

[13] X.T.Vuong, F.S.Zimmermann and T.M.Shimabukuro, “Performance Analysis of Ku-Band VSAT Networks,” IEEE Communications Magazine, pp.25-32, May, 1988.

[14] Kuan-Ting Lin, Curt A. Levis, “Site Diversity for Satellite Earth Terminals and Measurements at 28GHz,” *Proceeding of the IEEE*, pp.897~904, June, 1993.



장 대 익

e-mail : dchang@etri.re.kr
 1987년 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)
 1989년 한양대학교 대학원 전자통신공학과(공학석사)
 1999년 충남대학교 대학원 전자공학과(공학박사)

1990년 2월~현재 한국전자통신연구원 선임연구원
 관심분야 : 위성통신시스템, 디지털 변복조, 오류정정부호 등



김 대 영

e-mail : dykim@ccl.chungnam.ac.kr
 1975년 서울대학교 전자공학과 (공학사)
 1977년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학석사)
 1983년 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(공학박사)

1979~1980년 독일 Aachen공대, Hannover공대 연구원
 1987~1988년 미국 University of California, Davis 객원연구원
 1983년~현재 충남대학교 정보통신공학과 교수
 관심분야 : 전송부호화 및 모뎀, 인터넷, 컴퓨터 네트워크, 멀티미디어 등