

통신위성을 이용한 전자우편(Electronic Mail) System의 설계개념

84316

이명기

현대전자산업(주) 우주개발사업본부

1. 개요

본 논문에서는 경제적인 방법으로 우편업무를 처리할 수 있는 전자우편 System 과 같은 국내정보 (Message) 분배망에 대한 가상 위성전송 설계를 제시하였다. 이 기본 설계방법은 처리 및 제어기능의 개발업무에 초점을 맞춘 RF System 설계부문에서의 최신 기술을 필요로 한다. 이 방식은 DBS System 의 개발과 다른 여러 Service 가 가능한 위성체를 충분히 이용하고 있다.

본 논문에서 제시된 전체 System 은 다양한 통신 Service 를 수용할 수 있도록 충분한 융통성을 갖고 있으며, 요구조건의 증가에 따른 System 의 단계적 발전을 도모할 수 있도록 설계되었다.

이 System 설계는 Double Hop 개념에 바탕을 두어 전송을 위해 다음과 같이 분리된 위성 Link 가 사용되었다.

- (1) Branch Stations (BS : 수만개존재)에서 Master Processing Station (MAPS) 으로의 Link
- (2) MAPS 에서 BS 으로의 Link

또한 Ku-Band 위성 및 지구국을 사용함으로써 최신기술의 설계가 실현되었으며, 단 한쌍의 위성 Transponder (각각 forward 와 return hop)를 최소단위로 하는 Module 별 설계방법을 적용하여 MAPS 와 BS 를 연결시켜 준다. BS 는 작은 Antenna (직경 약 1m)와 간단하고 신뢰성있는 RF 소자를 사용함으로써 가격을 최소한으로 줄이도록 하는 한편, 중앙집중식 MAPS 설비는 다양한 Message 분배업무 및 자동운용이 가능토록 설계될 수 있다. 그러나, 위성 Link 을 통한 전송방식은 각 Module 이 수백개의 BS 를 제어하고 Service 해 줌으로써 비교적 간단하게 실현될 수 있으며, 서로 다른 Module 에 있는 BS 간의 정보교환은 MAPS 에서의 직접교환 동작을 통해 이루어진다.

이 System 은 Module 및 관련 위성 Transponder 를 추가시켜 줌으로써 더욱 확장될 수 있으며 신기술 발전의 영향은 단지 MAPS 설비에만 국한되므로 Service 증대에 따른 발생비용 및 운용상의 충격을 줄일 수 있다. 여기서 제시한 전반적 개념의 중요한점은 소용되는 Hardware 및 Software 가 비교적 과도하지 않은 가격으로 구입될 수 있다는 점이다.

한편, 제시된 System 구조는 전체 System 비용을 최소한으로 줄이도록 설계되었다고 생각한다. 위성에 기능을 추가하는 등 복합적인 설계를 한다고 해서 지구국 비용을 크게 낮추지는 못하며 오히려 융통성이 없는 설계가 되어

System 변경이나 새로운 또는 다른유형의 응용에 적합치 못하게 된다.
또한 복합적인 위성은 지구국 Antenna 크기를 줄일수는 있지만, 면밀히 검토해보면, 전체 지구국설비 비용을 크게 줄이지는 못한다.

2. System 개 념

2.1 배 경

전자통신기술응용을 통한 국내 Message 분배 System 에 대한 개념을 상세히 정의하기 위해서는 System 의 동작환경과 Service 요구조건에 관한 충분한 설명이 필요하다. 정의를 요하는 중요한 요소로는 발생된 Message 를 전달하거나 수신하는 설비 또는 사무실의 크기 및 분포상태, Message 의 성격(문서, 확장등)과 그 길이, Message 가 전달되어야 하는 시간, 수신 Message 의 통확량 대 시간 특성(특히, 통확량이 제한 많은 시간대), 고객에 대한 사용자 징수방법과 부가기능, Service 의 증가추세, 원하는 보안정도, 필요한 유용성 및 전반적 신뢰도 등이 있다.

이 제시안의 중요한 Service 내용은 영문자, 숫자, 도표, 확상이 포함된 인쇄 및 Graphic Message 이며, 이를 재생·복제 시킬수 있다.

우선, 이러한 형태의 Message 가 송신지의 지방우 체국이나, 개인단말기로 전달되어 수취인주소 에 가장인접한 우 체국, 또는 단말기로 전달된다고 생각 하자. 이때 Message 처리과정에서 여러 Level 의 우선권이 나타나는 데, 어떤 우선권 범주내에서든 먼저수신된 Message 는 우선적으로 처리한다. 그러므로 어떤정보는 거의 실시간적 (Real Time) 으로 처리되며, 반면에, 다른정보들은 오후 늦게 또는 다음날에 배달된다. 앞으로 10-20년사이에 많은 통신기기와 단말기 장치가 새로이 선보이게 될 것이므로, 미래의 기술 개발품을 이용할 수 있도록 이 System 을 융통성있게 설계하는 것이 중요하다.

또한 수만개에 달할 BS 관련장비들의 가격은 낮아야하며, 전 System 을 확장하거나 일부 기능을 개발하더라도 BS 관련장비에 대한 변경은 최소한으로 줄여야 한다는 자재보급 측면에서의 고려가 있어야 한다.

2.2 System 애 설

문서전송 System 에 관한 초기형태에 대해서는 제 3장에서 위성 및 지구국 RF 사양을 공학적으로 분석함으로써 광범위하게 예시되었다.

여기서는 문서전송 System 에 대한 잠재성장성 및 융통성에 관해 상세히

검토하였으며, 또한 위성 및 지상설비 양면에서 최신 기술을 사용한 초기 System 구성이 설명되었다. 이 System 은 그림 1에서와 같이 통신위성 System 을 통하여 BS 로부터 모든 Message 를 수신하는 하나의 MAPS 가 있으며, 이 MAPS 는 수신된 각 Message 를 명시된 Priority 및 통제관리 요구에 따라 적당한 BS 로 전송한다. 간단한 송수신국이라 할 수 있는 BS 는 Peak 통확량 수요를 처리할 수 있는 통신단말기가 장치되어 있는데, 이 Antenna 약 송신기출력은 중간정도로 제 3장에서 설명될 것이다. 이 System 의 접속방식 (Access Method) 은 주파수분할 다중접속방식 (FDMA: Frequency Division Multiple Access) 으로 각 BS 는 자신에게 할당된 Channel 을 통해 위성과의 접속을 수행한다. 변조방식은 FEC (Forward Error Correction) 를 장치한 QPSK 를 이용하며, 통상 56Kbps 에 상당하는 정보속도를 갖는 Channel 이 사용된다. 각 BS 는 이러한 Channel 중 적어도 하나의 Channel 을 할당받아 동작하게 된다. MAPS 에서 BS 로의 Link 에서는 4상 PSK (QPSK) 로 변조된 하나의 반송파를 사용하며 48Mbps 의 Bit Rate 를 갖는 시분할 다중화 신호 (TDM: Time Division Multiplexed Signal) 를 전송하게 된다. 이와같이 같은 정보를 많은 BS 로 배포하기에는 Double Hop 개념이 Single Hop 보다 유리한것을 알 수 있다. 여기서 사용하는 위성 Transponder 는 12-14 GHz 에서 동작하는 Channelized, Single-Conversion 중계기로, Ku-Band 국내위성용으로 사용 가능한 재래식 System 이다.

모든 전체기능, 즉, Message 배포, 처리 (Queuing, Store and Forward Arrangements, Order of Transmission and Destination 등) 및 기록유지등 여러동작들은 MAPS 에서 수행된다. 또한 MAPS 국은 적당한 Channel 주파수유지 및 Antenna 의 방향조정등 System 의 신뢰성 있는 운용을 위해 BS 의 전송을 논리적으로 감시-제어한다.

이 System 은 수요증가 및 MAPS 설비에의 신개발품 도입을 고려하여 구성배치되었으며, 위성과 BS 는 높은 신뢰도와 유용성을 갖도록 간단하고 비교적 안정된 구성이 이루어지도록 하였다.

3. 설계 예와 전송 System Tradeoffs

3.1 개념 설명

그림 1은 제시한 System 에 대한 간략한 도해로서 수많은 BS 와 하나의 중앙집중식 MAPS 간의 통상적인 위성 Service Links 를 나타내고 있다. 이 제시 System 에 대한 공학적인 분석을 해보면, 이 System 은 모든

BS 가 하나의 공통위성을 통하여 MAPS 로 연결되며 위성의 각 Channel 들은 56Kbps 로 정보를 전송할 수 있도록 되어 있다. 이 Link 에는 QPSK 변조를 이용한 FDMA 형태의 SCPC System 이 적용 되었다.

MAPS 에서 각 BS 로의 Link 에는 48Mbps Bit Rate 의 Single Carrier, QPSK, TDM Channel 이 사용 되었으며, 이 Module 에 사용된 위성은 40W TWT 를 갖고 있으며, 약 40MHz 의 대역폭을 갖는 Transponder 로 되어 있는 진보된 위성체이다.

이 논문에서는 단 하나의 Transponder 용량을 기준하였으며, 여기서 제시한 System 개념상으로 볼 때, Transponder 의 수나 위성의 수에 어떠한 제한이 있는 것은 아니다.

MAPS 설비에 의해 얻어지는 용통성 때문에 Module 별 구성이 가능하며, MAPS 에서 수신된 Message 에 관계없이 이 설비는 Message 를 목표 BS 와 관련된 위성 및 Transponder 로 송신하게 된다. 그러므로 장래 BS 수가 증가되거나 수요증가에 따른 BS 용량이 증설될 경우에도 별도의 제한이 요구 되지 않는다.

이 논문에서 언급한 하나의 Transponder 이라함은 하나의 Module 용량을 나타낸다.

3.2 Link Parameter

이 논문에서 사용한 기본적인 위성 Link Parameter 는 표 1에 나타나 있다. 56Kbps 의 Message 전송속도에 7/8 FEC 를 부가시킴으로써 Channel 당 (또는 Carrier 당) 64Kbps 의 요구조건을 만족시킬 수 있다. 또한, 45KHz 의 Channel Spacing 과 진폭응답 (Amplitude Response) 이 비교적 일정한 Transponder 대역폭을 사용하여 한 Transponder 에 822 Channel 까지 수용할 수 있다.

그림 2는 Link Channel (64Kbps) Bit Error Rate (BER) 와 E_b/N_o 비의 변화에 따른 FEC Coding 곱이에 의한 Nominal BER 사이의 관계를 나타낸다. Coding 에 의해 E_b/N_o 가 수 dB 개선됨을 알 수 있다.

SCPC Carrier 의 45KHz Channel Spacing 은 Channel 주파수가 제한된 허용치 내에서 유지된다고 가정할때 현재설계 기술로 가능하다. BS 의 주파수발전기 가격을 최소한으로 줄이기 위한 한가지 가능한 방법은 MAPS 와 같은 중앙설비가 각 Channel 주파수를 감시하여 Channel 주파수가 규격 허용치를 넘어설 때마다 자동적으로 통제 Channel 을 통제 수정을 가하도록 하는 것이다.

99.8% - 99.9%의 전체 Link 의 소용도 (Availability) 를 이룩하기 위해서는 많게 개인 하늘에서의 BER 가 10^{-8} 또는 10^{-12} 이 되어야한다.

Uplink 는 송신기 출력을 조정함으로써 비교적 적당한 HPA 출력으로써 위의 목적을 달성할 수 있도록 설계되어 질 수 있다. (표 4 참조)

표 2에서는 Link Power 에 있어서 4-5 dB 의 Rain Margin 이 최악의 지역 (비가 많이 오는 지역)에서 위의 목적을 달성하는데 충분하다는 것을 보여준다.

지구국 송신기의 출력을 조정함으로써 Uplink 에 있어서의 강우에 의한 감쇄를 근본적으로 극복할 수 있다는 사실에 주의해야한다.

그러나 Downlink 는 강우에 의한 감쇄를 받기 쉬우므로, 보다 약한 Link 임을 나타낸다.

Multi-Carrier Operation 을 위한 효과적인 Transponder 의 운용을 방해 하는 요소중의 하나는 Intermodulation Interference 이다.

이 영향을 감소 시키기 위해서, 일반적으로 Transponder 는 포화상태 (Saturation) 이하에서 동작되어 진다.

그림 3은 Multi-Carrier Transponder 출력과 Input Back-off 의 선택된 Level 에서 Carrier 당 Intermod Interference 의 비율 (Carrier-to-Intermod Interference Ratio) 을 보여준다.

이 Multi-Carrier 전달곡선 (Transfer Curve)은 SCPC Carrier 로 충분히 점유된 (예를 들면, 약 800 Channel) Transponder 에 의거한 것이다.

예를 들면 5.0dB 의 Input Back-off 에서 출력 Power 는 3.0dB 만큼 감소되어 C/Im 의 비율은 13.0dB 이 된다.

9.0dB 의 Input Back-off 에서 출력 Power 는 5.0dB 만큼 감소되어 C/Im 의 비율은 16.4dB 이 되므로 후자의 Parameter 에서는 3.4dB 이 개선된다.

그러나 만일 Transponder 가 Carrier 로 완전히 점령된 상태 이하에서 작동된다면, 표 1 에서 정의된 대역폭 점유 비율(Bandwidth Occupancy Ratio)

에 따라 C/Im 의 개선이 가능하다.

예를 들어 200개의 Channel 만이 Transponder 를 점유한다면, C/Im 에 있어서 6.1dB 의 개선이 가능해진다. 이것을 앞의 예에서 구한 5dB 의 Input Back-Off 에서의 C/Im 에 더하면 C/Im 은 19.1dB 이 된다.

전체 Link Analysis 에 필요한 다음의 Parameter Tradeoff 는 Antenna 특성이다. MAPS 는 System Design 을 최적화 하기 위해서 비교적 큰

Antenna 를 구비하게 된다. 이 예에서 그것은 유일한 지구국이므로 경비 및 장비를 구매하는 관점에서 고 려사항들이 그렇게 중요한 요인은 안된다. 직경 8-10m Antenna가 압당할 것으로 보인다.

그러나 BS 는 잠재적으로 수천에 달하므로 그들의 규모 및 경비는 이 연구 에서 중요한 요인이된다.

표 3은 12/14 GHz 의 사용에 있어서 여러가지 크기의 Antenna 에 대한 Antenna 이득 (Antenna Gain) 을 나타낸다.

여러 제조업체들이 "작은" Antenna Design 에 경쟁적으로 참여하며, 이러한 Antenna* 에 대해서 75%의 효율 (efficiency) 이 요구된다.

표 3은 저잡음 수신기 (Low Noise Receiver) 를 가진 기존의 System 에 대한 C/T 값을 열거하였다.

Link Analysis 에 요구되는 최종적인 Parameter 는 위성특성 (Satellite Characteristics) 이다. 진보된 위성 전송 System (Satellite Transmission System) 은 49 dBW 의 EIRP 와 $-1.5\text{dB}/^\circ\text{K}$ 의 G/T 와 함께 Receiving Antenna 에서 $-86\text{dBW}/\text{m}^2$ 의 전체 Power Flux Density 를 제공하도록 되어있다.

Link Analysis 는 Uplink, Downlink 및 Carrier-to-Intermodulation Noise Density 를 최적화하여 Net C/kT 가 61 dB-Hz 가 되도록 설계되어 졌다.

60 dB-Hz 는 많은 하늘 (Case 1) 에서 요구되는 C/kT 값이다.

58 dB-Hz 의 조금 안만한 C/kT 는 Case 2 에서 요구되는 값이다.

(Threshold 는 56 dB-Hz 로 가정함)

이 Link Analysis의 결과는 그림 4에서 하나의 Transponder 의 Channel 또는 Carrier 의 수에 대한 용량이 지구국의 Antenna 직경에 대해서 그려져 있다. 구매한 Carrier-to-noise Ratio 는 Transponder 당 Carrier 의 수에 매우 민감하지만, Antenna 직경이 4-5 m 이상에서는 비교적 민감하지 못하다.

제강조 되어져야 할것은 그림 4가 BS 에서 MAPS 로의 Link 를 나타내며, 지구국의 Antenna 직경 대 56 Kbps Channel의 수에 대한 Tradeoff 는 단지 MAPS 요구조건에 해당된다는 사실이다. 즉 MAPS 국의 Antenna 크기 에 따라 받을 수 있는 Channel 수를 나타낸것이다. Power Control 때문에

* ALCOA-NEC Communications Corporation 에 의해서 규정된 DBS Antenna

Uplink 는 BS 의 Antenna 크기의 관점에서 제한되어지지 않는다.
 그림 4는 5.5 m 직경의 MAPS Antenna 가 $C/kT = 57$ dB/Hz 인 Full 822 SCPC Channel 을 수용하기에 충분하다는 것을 보여준다. 비고목적상, 그림 5는 Antenna 직경 대 그림 4와 같은 Link 의 Carrier 수를 나타낸 것이다. 그러나 이 경우, Intermodulation Noise 는 포함되지 않는다. Intermodulation Noise 의 의미는 두 그림이 비교 되었을 때 매우 명백해진다.

이 Link Analysis 에서 다음으로 중요한 요소는 강우 감쇄에 의한 Downlink C/kT 값의 저하를 결정하는 것이다. 그림 6은 이러한 Parameter 를 보여주는 그림이다.

이러한 것은 Carrier 수의 함수로서 지구국 (MAPS) Antenna 크기를 결정하는 방정식의 인수가 되며, 그림 7에 그려져 있다. 그 결과는 많은 하늘의 $C/kT = 60$ dB-Hz ($E_b/N_0 = 12.0$) 에 근거를 둔 것이며, Threshold 는 $C/kT = 56$ dB-Hz ($E_b/N_0 = 8.0$) 이다. 이것은 10 m 직경의 Antenna 에 대해서도 단지 440개의 Carrier 가 수용 되어질 수 있다는 것을 보여 준다. 그림 8에서 보듯이 많은 하늘에서의 요구 조건을 $C/kT = 58$ dB-Hz로 완화하면, Carrier의 최대수는 700까지 증가될 수 있다.

Uplink 는 Uplink Power Control 때문에 무시된다. 10m Antenna 를 갖고서는 그림 7과 8에서 보듯이 Downlink 는 충분한 Rain Margin 을 갖는다.

MAPS 에서 BS 까지의 Link 에 대한 Carrier-to-noise Density 의 계산은 표 5에 나타나 있다. 이 Link 의 기능은 앞에서 논의된 Link 약는 무관하다. 전파 마찬가지로, 이 경우 Downlink 는 특별한 성능상의 목표 (Specific Performance Objective) 를 만족시키는 견지에서 Control 된다. 이 Data 는 지구국 Antenna 크기 대 Transponder 당 Channel 의 수의 함수로서 그림 9에 그려져 있다.

이제는 BS 의 Antenna 크기에 관해서 언급하기로 한다. 현재 미국에서 제작중인 Ku-Band 위성 의 49dBW 의 EIRP (40-Watt TWT's) 로서는, 1.2m 직경의 Antenna 는 날씨가 맑은 동안에 한 Transponder 당 700개의 Channel 을 수용할 수 있다. 3dB 의 Rain Margin 을 감안하면 이 숫자는 300개의 동시에 존재하는 Channel 도 감소된다.

비가 많이 오는 지역에서는 과도한 강우 감쇄를 극복하기 위해서 보다 큰 Antenna 를 가지거나 또는 Message 를 반복하는 것도 가능하다. 높은 용량의 BS 를 위해서는, 특히 56 Kbps 보다 더 큰 Channel 용량이 요구되어지는 경우에는, 역시 보다 큰 Antenna 가 바람직하다.

이 System 설계 (System Design) 는 개개의 지점국 (BS) 요구 사항에 관하여 높은 융통성을 가질 수 있다.

4. 위성부문 용량에 대한 요구조건 및 주파수 대의 선택

4.1 위성 부문 용량에 대한 요구 조건

위성부문 전송능력 (Space Segment Transmission Capabilities) 에 대한 제 3장에서 의 분석결과 는 각 Transponder 는, 56Kbps 의 Digitized Data 또는 Message 를 전달하도록 설계되어진 각 Channel 로써, 약 500-700개의 Single Hop Channel 또는 Carrier 를 수용할 수 있다는 것을 보여준다. Transponder 당 Channel 또는 Carrier 수의 변동은 지점국 (Branch Station) 의 부하 (Loading) 약 분포 (Distribution) 에 달려 있다. 보다 큰 BS 은 Single Carrier 로 통합된 하나이상의 Channel 할당 (Channel Assignment) 을 가질 수 있으나 가장 작은 BS 는 Single Channel Carrier Assignment 를 가질 것이다.

표 6은 제 3장의 자세한 분석을 요약한 것이다. 이 표는 지점국에서 Antenna 직경의 함수로서 각 Transponder 의 용량을 나타낸 것이다. Transponder 의 용량은 3개의 다른 측정단위, 즉, 56Kbps Data Channel 의 수, Mbps 로 표시되는 총량 (Total Thruput) 그리고 시간당 Page 로 표시 되는 문서 전송속도로 나타나 있다. 문서전송속도는 9.6Kbps Data 속도로 분당 3 Page 를 전송하는 기존의 Group III Facsimile 로 부터 측정되어 질 수 있다. 이 속도는 56Kbps Data 속도에서는 분당 17.5 Page 의 속도로 해석된다. 이와같이 각 Transponder 의 최대 전송속도는 시간당 약 75만 Page 가 된다.

각 BS 에서는 4 Feet Antenna 를 사용하면 문서전송속도는 각 Transponder 에 대해서 시간당 50만 Page 정도가 된다. 본 분석에서 사용된 위성부문 Parameter 들은 전 미국을 Cover 할 수 있는 진보된 위성 (40 Watt Tube) 로써, 인구 밀집지역에서 49 dBW 의 EIRP 를 제공할 수 있는 것이다. 만일 미래 한국 단독위성이 훨씬 더 높은 EIRP 와 G/T 를 제공할 수 있다면, 똑같은 크기의 Antenna 로 더 많은 Data 를 보내는 것이 가능하거나 또는 지점국의 Antenna 크기가 상당하게 줄어들 수 있을 것이다. 위성체의 높은 G/T 로 말미암아 모든 지구국이 표 4에서와 같은 높은 HPA 출력을 요구 아지는 않을 것이다.

4.2 주파수 대의 선택

이러한 응용에 있어서 12-14 GHz FSS 대를 사용하는 것은 상당한 장점을 가진다. 이 주파수 대에서의 위성기술 (Technology), 장비 및 운용은 성공적으로 증명되었다. 지구국 특히 BS 에서의 Antenna 요구조건은, 크기 및 경비의 관점에서 매우 합당하다. 만일 상업적인 지상 Service 가 11.7-12.2

그리고 14.0-14.5 GHz 대에 일차적으로 할당되어 있지 않다면, 지구국의 주파수 조정 (Frequency Coordination) 에 관한 문제는 없을 것이다. 최근 예, Sidelobe Interference Discrimination 이 상당히 좋고 직경이 1-2 m 정도의 작은 Antenna 가 개발되어 제작되고 있다. 짧은 일정이내에 비교적 저렴한 가격으로 문서전송 System 의 개념을 증명할 단계가 시작되었다.

5. 요약 및 결론

이 논문에서 서술한 개념은 전국적으로 분포된 많은 사용자들에게 정보의 분배, 기상자료, Text, Facsimile 또는 Video 와 같은 많은 매력적인 정보 Service 를 제공하는데 까지 확장되어질 수 있다. 이 개념은, 많은 정보방식 처리가 요구되어 질 경우에는 다소 복잡하다고 하더라도, Processing Center 의 개발 및 운용에 있어서의 많은 융통성과 성장 가능성을 제시하고 있다. 한편으로, 이 논문은 많은 사용자들의 장비 및 설비를 비교적 간단하고 가격이 저렴하도록 해 줄 것이다. 이 전체 System 은 현재의 기술 상태로써 충분히 수행 가능한 것이다.

끝으로, 이 논문을 끝까지 검토, 수정해 주신 현대전자(주) 우주개발 사업본부의 심재규, 장기홍, 이연범 제씨께 감사드린다.

표 1

56Kbps SCPC SYSTEM 에 대한 LINK ANALYSIS

Assumptions:

- Source Rate: 56 Kbps
- 7/8 FEC Conventional Codecs
- Encoded Bit Rate: 64 Kbps
- Channel Spacing: 45 KHz, Δf_c
- Noise Bandwidth: 35.2 KHz (BTs = 1.1) QPSK Modulation, where T_s is the symbol period
- Transponder Usable Bandwidth: 37 MHz, BW_t
 - 0.6 dB BW = 37 MHz
 - 3.0 dB BW = 41 MHz

For Contiguous Mux Filter Configuration of Spacecraft
- Number of Available-Carrier Locations,
 $N_s : N_s = BW_t / \Delta f_c = 822$
- Bandwidth Occupancy Ratio,
 $\gamma_{BW} : 10 \log \frac{N_s}{N_a}$ Where Number of Active Carriers = N_a
- Power Call-Up (Uplink Power Control)
- Clear Sky Performance Objective: BER = $10^{-8} \sim 10^{-12}$
- Availability Objective: 99.8 ~ 99.9%

표 2

DOWNLINK 에서의 강우 감쇄에 대한 통계

Site	Rain Attenuation Margin		
	<3.0 dB	<4.0 dB	<5.0 dB
Light Rain Zone	99.98 %	99.99 %	99.99 %
	99.95 %	99.98 %	99.99 %
	99.90 %	99.95 %	99.97 %
	99.83 %	99.90 %	99.93 %
Heavy Rain Zone	99.75 %	99.80 %	99.84 %

표 3

Ku-BAND 주파수에 대한 ANTENNA 이득

Antenna Diam. (M)	G (Gain With 75% Eff.) at 12 GHz (dB)	G/T* (dB/K)	G at 14 GHz (dB)
0.5	34.7	8.5	35.0
1.0	40.7	14.5	42.0
1.2	42.3	16.1	43.6
1.8	45.8	19.6	47.1
2.0	46.7	20.5	48.0
2.5	48.7	22.5	50.0

* System T = T_a + T_R = 60 + 359 = 419 °K or 26.2 dB - K⁰

Receiver Noise Figure of 3.5 dB Assumed

표 4

UPLINK POWER CONTROL 을 위한 HPA POWER 요구 조건

	ANTENNA SIZE					
	0.5m	1.0m	1.2m	1.8m	2.0m	2.5m
ANTENNA GAIN(dB)	36.0	42.0	43.6	47.1	48.0	50.0
WAVEGUIDE LOSS(dB)	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0	-1.0
HPA OUTPUT WITHOUT PWR CNTRL	7.1dBW (5W)	1.1dBW (1.3W)	-0.5dBW (0.3W)	-4.0dBW (0.4W)	-4.9dBW (0.3W)	-6.9dBW (0.2W)
HPA OUTPUT WITH 5 dB UPLINK POWER CONTROL	15.8W	4.1W	2.8W	1.3W	0.9W	0.6W
HPA OUTPUT WITH 7 dB UPLINK POWER CONTROL	25W	6.5W	4.5W	2.0W	1.5W	1.0W

E/S EIRP Per Carrier

$$\begin{aligned}
 &= \text{S/C S.F.D.} - \text{Total I.B.O.} - 10 \text{ Log } N_a + 10 \text{ Log } (4\pi R^2) \\
 &= -86.0 - 6.0 - 10 \text{ Log } (700) + 162.6 \\
 &= 42.1 \text{ dBW}
 \end{aligned}$$

Where R is Slant Range (in Meters) from E/S to Satellite

- S/C Saturation Flux Density : -86 dBW/m²
- E/S EIRP Per Carrier : 42.1 dBW
- Number of Active Carriers : 700

표 5

MAPS 에서 지점국 (BRANCH STATION) 에 이르는 LINK (2ND HOP)

ANTENNA SIZE	(C/KT)UP	(C/KT)DN	DOWNLINK RAIN ATT.	SYSTEM NOISE TEMP. INCREASE	(C/KT)TOT.	TRANSMISSION BIT RATE FOR Eb/No OF 8.5 dB	NUMBER OF CHANNELS
0.5m	97.7	78.4	-5.0	-1.7	71.7	A = 2.09 Mbps	30
1.0m	97.7	84.4	-5.0	-1.7	77.7	B = 8.32 Mbps	119
1.2m	97.7	86.0	-5.0	-1.7	79.3	C = 12.02 Mbps	173
1.8m	97.7	89.5	-5.0	-1.7	82.7	D = 26.30 Mbps	378
2.5m	97.7	92.4	-5.0	-1.7	85.4	E = 48.98 Mbps	704

Number of 56 Kbp Channels Per Transponder = (A, B, C, D, E,) X 10^3 / 64 kbps X 0.92*

(*Frame Efficiency)

표 6

우편통신 SYSTEM 의 용량에 대한 요약

ANTENNA DIAMETER (M)	HPA OUTPUT POWER* (W)	CAPACITY PER TRANSPONDER FOR THE 2nd HOP** (Channels)	CAPACITY PER TRANSPONDER (Mbps)	CAPACITY PER TRANSPONDER (Pgs/Hr)
0.5	25.0	96 - 52	5.4 - 2.9	100,000 - 54,600
1.0	6.5	375 - 204	21.0 - 11.4	390,000 - 210,000
1.2	4.5	534 - 293	29.9 - 16.4	560,000 - 307,000
1.8	2.0	700 - 636	39.2 - 35.6	735,000 - 670,000
2.0	1.5	700	39.2	735,000
2.5	1.0	700	39.2	735,000

* With 7 dB Uplink Power Control (See Table 4 of Section 3)

** Includes 1.0 3.0 dB Rain Margin on the Downlink (See Figure 9 of Section 3)

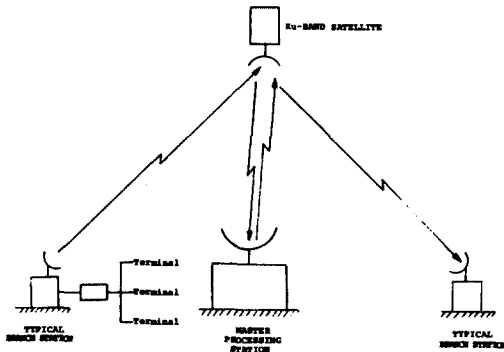


그림 1) SCPC 시스템의 기본 구성 및 시스템의 개략도

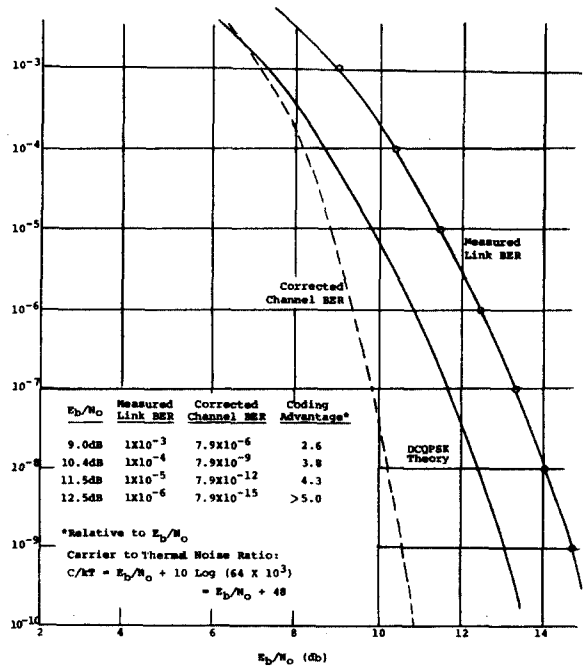


그림 2) CONEL Modem 각 Rate 7/8 FEC Performance

그림 3) SCPC DEMODULATION 각 TRANSPONDER POWER BACKOFF 특성의 비교

Ref: C. C. Sanderson & L. Ct. Ludwig, "SCPC Voice Transmission via Communications Satellite," AIAA 5th Communications Satellite Systems Conference, April 22-24, 1974, L.A. Ca.

