

위성 통신에 응용되는 데이터 망

張壽泳, 崔龍一
金星情報通信(株) 安養研究所

I. 머릿말

위성을 이용한 상용통신 서비스들은 주로 통신망을 구성하여 운용되며 이들 통신망들은 대부분의 지상에서 운용되는 상용통신망에서 사용되는 망 방식들을 사용하나 위성통신이라는 기술적 특성들을 고려하여 몇가지 망구성 방식이나 망제어 방식등이 사용된다. 각 서비스 특성에 따라 그것에 적절한 망구성 방식과 망제어 방식이 선정되며 이들은 통신망 기술이 진보됨에 따라 새로운 기법들이 위성통신 서비스에 응용되고 있다. 본 고에서는 위성통신에서 사용되는 데이터 통신망에 대하여 알아보고 이들의 특성 및 발전추세에 대하여 알아보고자 한다.

위성통신은 크게 음성 및 데이터의 2가지 통신형태(format)를 갖는다. 즉 전달되는 정보가 음성인가 또는 인위적으로 만들어진 데이터인가에 따라 통신형태가 달라진다. 또한 이들 정보들은 실시간(real time)으로 처리되어야 하는 것과 중간경로에서 저장되었다가 전달되어도 되는 것이 있다. 우리가 일상 사용하는 전화통신등은 실시간으로 처리되어야 하는 것이고 데이터에 의하여 전달되는 정보는 전달되는 시점이 어느 정도 지연되는 것도 용납이 되는 경우가 많이 있다. 이들 정보를 송신자로부터 수신자까지 전달하는 데는 위성중계기간의 처리 지연시간(processing delay), 지구국과 위성중계기의 전송지연시간(propagation delay)등을 포함한 상당량의 지연 시간이 요구되므로 실질적으로 위성통신에서는 실시간 통신은 불가능하게 된다.

또한 많은 사용자(또는 송신자)가 공동으로 통신망(또는 채널)을 사용하는 경우 한 사용자가 단독으로 사용하는 경우보다 통신망을 보다 더 효율적으로 운용할

수 있으며 이런 경우 사용자의 가용성(availability)이 큰 관심 요소가 된다. 따라서 위성통신망을 평가하는데는 전달지연시간, 가용성 및 정보전달율(throughput) 등 크게 몇가지의 파라미터들을 갖고 분석하며 이들 상호간에는 연관 관계를 갖고 있다. 이들 통신망은 경로구성 방식에 따라 크게 회로 접속망(circuit switching networks) 및 패킷 접속망(packet switching networks)으로 나누어지고 이들 망들은 몇가지 파라미터에 의하여 평가 분석되며 이들 망들에 대한 개략적인 설명과 그들의 특성 및 평가 파라미터에 대하여 다음장에서 알아보고자 한다.

또한 데이터 통신망의 분류 및 이 망들의 기본적인 특성, 데이터 통신망에서 각 단말간의 원활한 데이터 송/수신을 관리하기 위한 에러 검출 방법과 에러 정정 부호의 종류 및 특성, 에러 발생시 재전송 요구를 통한 신뢰도 향상의 기술, 위성 통신 중계기의 시스템 충돌에 의한 불안정을 해소시켜 효율적 운용을 도모하기 위한 다중접속방식인 FDMA, TDMA, CDMA 및 위성 패킷망에서의 접속 프로토콜등의 특성 그리고 무궁화 위성에 사용될 망 제어 기능의 소개와 위성에 좀더 많은 망 제어 기능을 부여하는 on-board processing에서의 기본 신호 처리 및 라우팅, 다중화, TDM-FDM 변환등에 대하여 알아 본다.

II. 위성통신에서의 데이터 통신망

전기 통신법 제 45조에 의하면 데이터 통신이란 전기 통신 회선에 컴퓨터와 그에 부수되는 입·출력 장치 및 기타의 기기를 접속하고 이에 의해 정보를 송·수신하고

처리하는 통신이다. 데이터 통신을 구성하는 것은 정보의 이동을 담당하는 데이터 전송계와 데이터의 가공, 처리, 보관을 수행하는 처리계이며 이들은 초기에 음성용 저속 아날로그 접속에서 디지털 전용 교환망 그리고 최근에는 종합정보통신망(ISDN)으로 발전하고 있다. 위성을 이용한 데이터 통신망은 다양한 서비스, 고 신뢰도, 광역성 및 동보성등 여러가지 장점이 있는 반면 지상 통신과는 달리 긴 경로에 따른 어느 정도의 기본적인 지연시간(time delay)을 고려해야 한다는 특징이 있다.

대부분의 위성통신망은 TDMA 또는 FDMA 등과 같은 다중접속방식(multiple access protocol)을 사용한 음성통신망 또는 데이터 통신망이다. 이러한 통신망은 음성 전화 통신망과 같이 송신자와 수신자간에 물리적인 경로가 설정되고 어느 기간동안 유지되는 회로 접속망(circuit switching networks)과 전달 대상 데이터를 패킷(packet)이라고 불리는 하나 또는 하나 이상의 고정 길이 데이터 형태로 나누어 각 패킷별로 송신자로부터 수신자에게 전달되는 패킷 접속망(packet switching networks)으로 나누어진다. 회로접속망은 음성 통신이나 새로운 경로를 설정하는데 소요되는 시간에 비하여 긴 메시지를 갖는 데이터통신에 효율적이다. 경로를 선정하는데 복잡한 네트워크의 경우 수 초의 시간이 걸린다. 일단 경로가 설정되면 이 네트워크를 통하여 지속적으로 데이터가 전달되므로 접속하는데 추가의 시간이 소요되지 않는다. 따라서 위에 언급한 바와 같이 송신자-수신자 통신에 소요되는 시간은 전송지연시간에 의해서만 제한된다. 일반적인 데이터 특성은 음성보다 매우 더 다양하며 여러 사용자로부터 발생된 데이터들은 응용분야에 따라 통신 요구조건도 매우 다양해진다. 메시지의 길이도 다양하고 어떤 특정한 지연시간 제약을 갖는 경우도 있다. 한 예로 자주 데이터가 발생하지도 않지만 신속하게 통신을 해야 하는 버스트(burst) 데이터원의 경우를 고려해 보면 고정할당 방식에 의하여 채널을 할당하는 경우 상당량의 채널을 할당해야 하며 결과적으로 채널 이용율을 저하시키는 요인이 될 것이다. 신속하게 통신하기 위하여는 데이터가 몇개의 고정 길이 패킷으로 나누어져 연속적인 노드접속에 의하여 다른 사용자(또는 통신자)와 공동으로 통신망을 사용한다면 데이터 통신망을 효율적으로 사용할 수 있을 것이다. 이러한 패킷 접속망(packet switching networks)은 패킷이 전달과정에서 어려움이 발생하면 일반적으로 잠시 시간 저장하지 않고 버리고 송신자로부터 재송신한다. 이 패킷통신망에서는 각 노드에서 다시 다음 노드로 보내야 하기 때문에 목적지까지 데이터 패킷

이 도착하는 데에는 각 노드에서의 송출지연시간이 더해진다.

위성통신망에서는 패킷 접속 방식이 회로 접속 방식에 비하여 큰 경제적인 잇점을 갖고 있다. 위성통신망에서는 지역적으로 넓은 지역에 걸쳐 많은 사용자(또는 수신자)에게 동시에 전달할 수 있기 때문에 -동보성 때문에- 경로 설정 및 노드접속기능이 필요없게 된다. 또한 송신자도 자신이 보낸 데이터를 같은 조건으로 수신하기 때문에 수신점검(acknowledgement)기능을 자동적으로 갖게되어 각 사용자의 통신사용량에 따라 위성 채널 능력을 할당하는 변동 할당 방식의 특별한 다중접속방식이 가능해진다.

앞에서 언급된 바와 같이 위성통신망은 몇가지의 평가 파라미터를 고려할 수 있다. 이들중 회로 접속망에서 가장 중요한 것은 가용성(availability)이다. 통신망에서 두 사용자간에 물리적인 경로를 항상 열 수 있는 것은 아니다. 따라서 어느 정도의 경로 가능성이 있는가에 대하여 관심이 있다. 이는 사용가능 채널수화 이 통신망에서의 통신량에 의하여 결정된다. 앞에서 설명한 바와 같이 어느 정도의 경로시간 지연은 위성통신에서는 불가피하다.

패킷접속망에서는 도달 데이터율(throughput)과 전송지연 시간이 중요한 성능파라미터이며 throughput은 송신자측에서의 송출 데이터량과 수신자측에서의 수신 데이터량의 비율이며 각 노드에서의 번잡도등에 의하여 결정된다. 또한 이는 송신시간과 수신시간의 차이 즉, 전송 지연 시간과 연관이 있으며 이들 throughput 및 지연 시간을 분석하는데는 주로 Queueing 이론이 사용된다. 이들 망형태 및 그들의 특성에 대해서는 III장 및 IV장에서 보다 자세히 설명된다.

위성통신망의 근간이 되는 망의 구조는 가장 단순한 형태의 지점간(point-to point)통신 형태로 토폴로지(topology)에 따라 결정되며, 성형, 링 및 버스 혹은 트리의 3가지 일반적인 토폴로지가 있다.

성형(star)구조는 중앙의 컴퓨터를 이용하여 망의 모든 통신 요소를 연결한다. 즉 중앙의 컴퓨터에 의한 관리를 중심으로 하는 중앙 집중식 이라고 볼 수 있다. 링(ring)구조는 많은 리피터(repeater)로 구성되어 전송 링크를 통하여 다른 리피터와 연결되며 형태상 닫혀진 원의 형태로 데이터는 하나의 리피터에서 다른 리피터로 전송한다. 링형 구조의 문제점은 하나의 링크가 고장 시 전체망의 기능이 마비된다. 즉, 에러가 생길 경우를 대비하여 패킷을 회복 시키는 시스템이 필요하다. 버스(bus) 혹은 트리(tree)형 구조의 특징은 멀티포인트 링

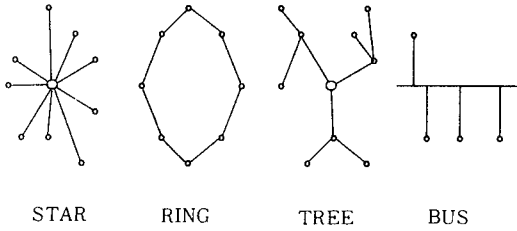


그림 1. 망의 기본 토폴로지

크(multipoint medium)를 사용하는 것으로 모든 디바이스가 하나의 통신 매체를 공유하므로 한 쌍의 디바이스만 동시에 통신 할 수 있다.

또 통신망을 데이터 전송시 사용되는 구조 기법에 따라 분류하면 크게 교환망과 방송 통신망이 있다.

1) 교환망

교환망에서 데이터는 여러개의 중간노드를 거쳐 송신측에서 수신측으로 전달된다. 이러한 노드들은 데이터의 내용에 대해 관여하지 않으며 각 노드들의 목적은 데이터가 최종 수신지로 전달될 때 까지 노드에서 노드로 데이터를 전달하는 교환 기능을 제공한다.

이 교환망에는 회선 설정, 데이터 전송, 회선 해제의 단계를 거쳐 전용의 통신로가 2개의 단말 사이에 설정되어 전송하는 회선 교환망, 보관 전달(store and forward) 시스템으로 알려져 있고 전송시 각 메시지에 수신 주소를 덧붙여 송신하고 각각의 메시지의 전송 경로는 일정하지 않은 메시지 교환망 그리고 회선 교환망과 메시지 교환망의 장점을 결합하여 데이터를 패킷이라고 하는 조그만 조각으로 나누어 전송하여 전용 회선을 할당할 필요가 없는 패킷 교환망이 있다. 패킷 교환망에는 논리적 접속이 설정되어 있는 가상 회선(virtual circuit)방식과 각 패킷이 독립적으로 처리되는 데이터그램(datagram)방식이 있다. 이들 망에 대하여는 이미 앞에서 개략적으로 설명한 바와 같다.

2) 방송 통신망

방송 통신망에는 패킷 무선 방송망과 위성망 그리고 근거리 통신망이 있으며 그중에서도 위성 통신망의 구성 형태에 의한 분류를 그림 2에 나타냈다.

그림 2(a)는 1960년대 중반부터 사용되어 온 전통적인 망 형태로 주로 국가간의 위성망 형태로서 이 위성은 주로 전송 기능 만을 사용하는 집중형으로 ALO-HANET에서 사용되고 있으며 그림 2(b)는 몇개의 지역적인 망이 대규모 망에 상호 접속되어 위성이 전송과 교환 기능을 제어하는 분산형으로 그 예로서 Montreal

Amateur Radio Club에 의해 개발된 MP-net는 컴퓨터들에게 분산형 네트워크의 계산 자원의 원거리 액세스를 제공하기 위하여 사용되고 있다. 그림 2(c)는 많은 terminal과 중앙의 지구국과 연결되어 있어 중앙의 지구국과 위성이 많은 신호 데이터 처리 기능을 수행하고 소형 터미날은 될 수 있으면 작고 값싸게 유지하는 형태이다.

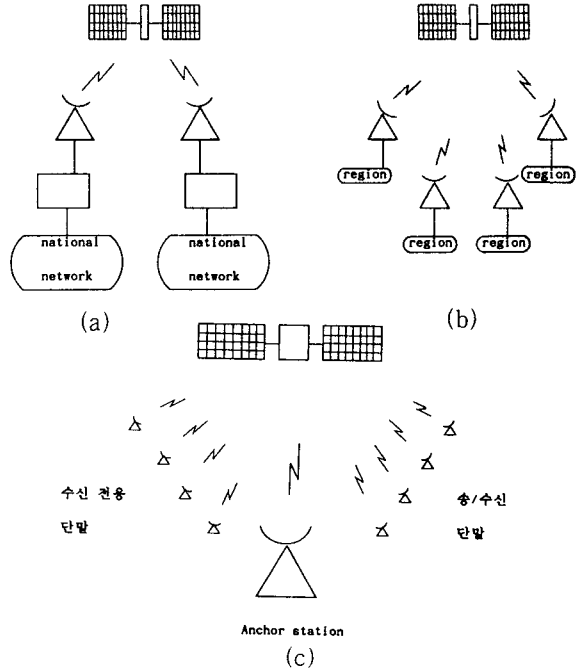


그림 2. 위성 통신망의 구조

Ⅲ. 다원 접속 방식(Multiple Access)

위성 통신에서 여러 서비스 지구국이 동일한 성질의 음성 신호나 화상 신호를 동일한 주파수로 동시에 송출하게 되면 상호 혼신이 발생하여 교신을 할 수 없게 된다. 이때 상호 혼신을 주지않고 통신을 하기 위해서는 각 지구국에 서로 다른 주파수를 할당하든지 동일한 주파수의 사용 시간을 정하여 줄 필요가 있는데, 이렇게 하나의 통신 위성을 거쳐 동시에 필요한 통신로를 설정하는 것을 다원 접속(multiple access)이라 한다.

위성 통신에서는 각 지구국이 하나의 위성을 거쳐 다른 어떤 지구국과도 직접 통신 가능한 장점이 있으므로 다원 링크 구성의 회선망을 효과적으로 구현하면 위성의 서비스 영역내 어떤 지구국과도 상호 교신이 가능하게 된다.

다원 접속 방식에는 주파수, 시간 및 공간의 측면에서 주파수 분할 다원 접속(frequency division multiple access : FDMA), 시 분할 다원 접속(time division multiple access : TDMA), 부호 분할 다원 접속(code division multiple access : CDMA) 방식 등으로 나뉘고, 회선 할당 측면에서 다원 접속 방식은 고정 할당(pre-assignment), 접속 요구할당(demand-assignment), 임의 접속 방식으로 분류된다.

시간, 주파수, 부호분할 측면의 3 가지 다원 접속 방식의 특징은 표 1과 같다.

표 1. 다원 접속 방식의 특징

방식	장점	단점	비고
FDMA	<ul style="list-style-type: none"> · 다원접속 절차가 간단 · 소용량 지구국에 적합 · 동기를 맞추기가 용이 · 변/복조의 동작속도가 낮을 경우 시스템 성능 양호 	<ul style="list-style-type: none"> · 회선 설정 변경에 따른 유연성 결여 · 캐리어수의 증가에 따른 효율저하 · 고속 데이터 전송이 어려움 	<ul style="list-style-type: none"> · 소용량 · SCPC에 적용가능
TDMA	<ul style="list-style-type: none"> · 고속 데이터 전송용이 · 회선 설정 변경에 대한 유연성 · 중계기 송신 전력 및 대역의 사용효율이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · 동기를 맞추기 어려움 · 지구국 송신 출력이 높음 	<ul style="list-style-type: none"> · SS-TDMA에 적용가능
CDMA	<ul style="list-style-type: none"> · 각 지구국의 불규칙 다원접속 가능 · 간섭 및 방해에 강함 · 정확한 신호 타이밍을 얻을 수 있음 	<ul style="list-style-type: none"> · 대역이용효율이 나쁨 · 광대역의 주파수가 필요 	<ul style="list-style-type: none"> · PAMA 또는 DAMA 운용

1. 주파수 분할 다원 접속 방식(FDMA)

주파수 분할 다원 접속 방식은 위성의 각 트랜스폰더가 갖는 주파수 대역을 분할하여 여러개의 반송파에 할당하고 그 스펙트럼이 상호 겹치지 않도록 주파수 축상에 배치하여 다원 접속을 실현한다. 이때 할당된 각 반송파의 전력 레벨과 대역폭은 지상국의 트래픽 양과 요구된 신호 품질에 따라 각기 다를 수 있다.

주파수 분할 다원 접속 방식중 반송파당 1개의 신호 채널을 갖는 것을 특히 SCPC(single channel per carrier)라 부르고 보통 DAMA(demand assignment multiple access)방식에 의하여 위성 중계기의 사용 효율을

높일 수 있다. 또한 하나의 반송파에 복수개의 다중 채널을 갖는 MCPC(multiple channel per carrier)방식이 있는데 음성 삽입 기술(digital speech interpolation : DSI)을 적용하여 위성 중계기의 효율을 높일 수 있다.

2. 시 분할 다원 접속 방식(TDMA)

시 분할 다원 접속 방식은 각 지구국이 디지털 신호로 변조된 반송 주파수를 시간에 따라 분할하여 전송함으로써 통신 링크를 설정하는 방식으로 각 지구국은 할당된 시간내에 자기의 신호를 단속적으로 송출한다. 수신 지구국에서는 수신 신호의 시간 위치나 식별 신호에 의해 송신국을 식별하여 원하는 채널의 해당 시간 신호만을 수신한다.

시 분할 다원 접속 방식은 크게 다원 회선 루팅 방법과 시스템 운용 방법에 따라 분류 할 수 있다. 다원 회선 루팅 방법은 지구국에서 행하는 방법과 위성체에서 행하는 방법이 있는데 지구국에서 행하는 방법에는 송신국을 기준으로 하는 방식(source-oriented)과 수신국을 기준으로 하는 방식(destination-oriented)으로 나뉘어진다. 또한, 위성에서 행하는 방법에는 SS-TDMA(satellite switching-TDMA)방식이 있다. 시스템 운용 방법은 고정 할당 TDMA 방식(pre-assigned-TDMA)과 각 지구국의 요구에 따라 시간 대역을 할당하는 DAMA-TDMA(demand assigned multiple access-TDMA)방식이 있다.

송신국을 기준으로 하는 방식은 각 송신국이 지정된 자신만의 반송 주파수를 갖고 각 수신국으로 보낼 트래픽을 하나의 버스트(burst)로 송신하고, 각 수신국에서는 모든 송신국에서 송신한 반송파를 수신, 복조하여 자국의 신호만을 추출한다. 수신국을 기준으로 하는 방식은 송신국을 기준으로 하는 방식과는 반대로 송신국에서 신호를 송신할때 각 수신국에 지정된 수신 주파수로 신호를 송신하는 방식이다.

고정할당 TDMA 방식은 송신 버스트(burst)의 주기와 길이가 항상 같으나 DAMA-TDMA 방식은 트래픽 양에 따라 송신 버스트(burst)의 주기와 길이를 조정할 수 있다.

3. 부호 분할 다원 접속 방식(CDMA)

부호 분할 다원 접속 방식에서 각 지구국은 정해진 시간 대역 내에서 각 시간 대역마다 주파수 대역을 서로 달리하여 신호를 전송하는 방법으로 확산 대역(spread-spectrum)방식을 사용한다. 확산 대역 방식에

는 직접 시퀀스(direct-sequence), 주파수 도약(frequency-hopping), 시간 도약(time-hopping) 및 복합(hybrid) 방식이 있다. 시간 도약 방식은 극도로 기밀이 요구되는 군사 통신에서 사용했으나 현재 거의 사용되지 않으며, 직접 시퀀스와 주파수 도약 확산 대역 방식이 오늘날 많이 사용되고 있다.

직접 시퀀스 확산 대역 방식은 의사 임의(pseudo-random) 시퀀스에 의하여 데이터를 포함하고 있는 반송파의 위상을 전이 시킴으로써 대역을 확산시키는 방식이며, 주파수 도약 확산 대역 방식은 반송파의 주파수를 임의로 편이(shift)시킴으로써 대역을 확산시킨다. 또한 시간 도약 확산 대역은 신호 버스트(burst)를 임의의 시간에 시작함으로써 대역을 확산시키는 방식이며, 상기의 3가지 확산대역 방식중 2가지 이상의 방식을 결합한 것이 복합 확산 대역 방식이다.

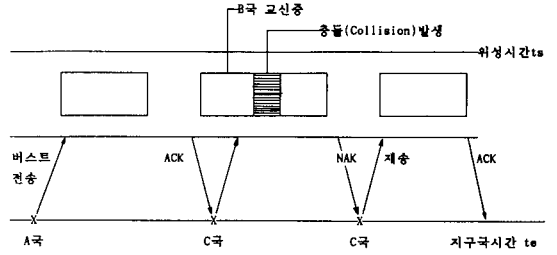


그림 3. P-ALOHA(pure-ALOHA) 액세스 과정

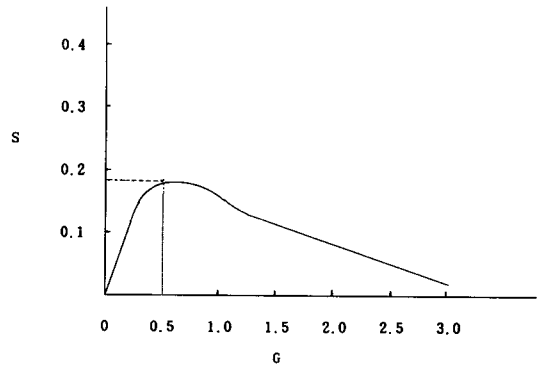


그림 4. Pure-ALOHA 채널의 채널트래픽 대 throughput

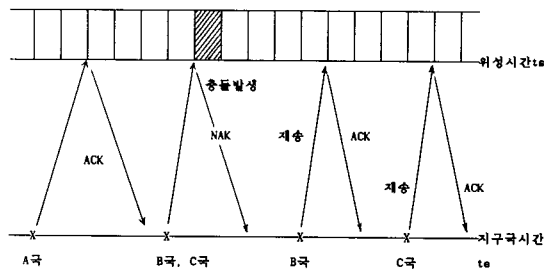


그림 5. S-ALOHA(slotted-ALOHA) 액세스 과정

4. 패킷 위성 통신망의 다원 접속 프로토콜

패킷 위성에서의 다원 접속 프로토콜에는 각 터미널 간에 교신을 설정하고자 할때 사용하고자 하는 채널을 사전에 예약하는 예약 접속(reservation access) 방식, 사전에 채널을 접속하기 위한 별도의 과정을 두지 않고 전송할 메시지가 있을 때만 채널을 접속하는 랜덤 접속(random access) 방식이 있으며 랜덤 접속 방식에는 pure-ALOHA와 slotted-ALOHA등이 있다.

1) Pure-ALOHA 방식

Pure-ALOHA 방식은 미국 하와이대학에서 무선통신 및 위성통신을 이용하여 컴퓨터와 터미널간을 연결하기 위하여 사용한 방식으로 지상국에서 패킷을 송출하고 이에 대한 위성의 ACK를 수신하면 다음 패킷을 전송하고 그렇지 않으면 다른 지상국과 동시에 패킷을 전송하여 충돌이 생긴 경우로 인식하여 재 전송을 시도하고, 재 전송 시간 간격은 되도록 랜덤하게 선정하여 충돌을 피하도록 한다. 이런 충돌이 많을 경우 채널의 효율(throughput)은 급격히 저하된다.

Pure-ALOHA 방식은 간단하고 각 터미널 사이의 동기가 필요없어 저가적으로 사용 가능하나 그림 4에 나타난 바와 같이 효율면에서 채널 트래픽 G가 0.5일 때 최대 18.4%의 효율을 얻을 수 있다. 그림 3은 pure-ALOHA의 액세스 과정을 나타낸다.

2) Slotted ALOHA

Slotted ALOHA는 pure-ALOHA의 효율(throughput)을 개선하기 위해 개발된 방식으로 충돌 확률을 감소 시키기 위해 위성 채널 내에 패킷 전송 시간과 재전송시간을 동기화 하며 같은 크기의 슬롯으로 시간을 나

누고 중앙의 클럭이나 다른 방법으로 각 스테이션을 동기화 한 후, 기준되는 하나의 지구국이 한 슬롯 위치에서 송출하고 다른 지구국은 이 슬롯을 참고로 다른 슬롯을 사용하도록 한다. 그림 5는 slotted-ALOHA 방식의 액세스 과정을 보여준다. Pure-ALOHA의 경우 패킷길이의 2배 시간정도 겹쳐질 수 있는 시간이 있을 수 있으나 slotted-ALOHA의 경우 같은 슬롯을 사용하므로 전체적으로 패킷이 겹쳐질 수 있는 시간은 패킷길이 정도의

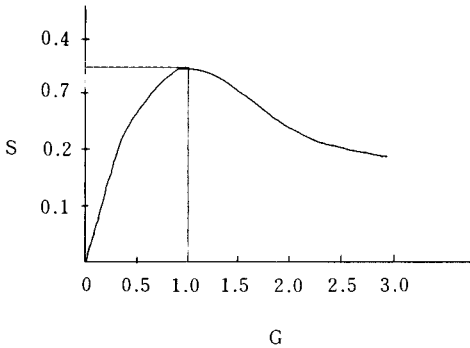


그림 6. Slotted-ALOHA 채널의 채널트래픽 대 throughput

시간이므로 겹쳐지는 확률이 줄어든다. Pure-ALOHA와 slotted-ALOHA는 간단하지만 통신량이 증가할수록 안정도가 낮아지고 최악의 경우 지연이 무한대로 되어 교신이 불가능하게 된다. 최대 효율은 그림 6에 나타난 바와 같이 채널 트래픽 G가 1일 때 36.8%이다.

3) 예약 접속(reservation access)

앞에서 위성망에서의 패킷전송을 위한 두 가지 형태의 접속방식을 보았다. P-ALOHA나 S-ALOHA 같은 랜덤 액세스의 경우는 흔히 발생하는 사용자간의 트래픽 충돌이 시스템의 성능을 저하시키고 트래픽의 변화에 따라 시스템을 불안정하게 하므로 적절한 시스템 제어 알고리즘이 필요하게 된다. 이에 비해 고정 할당 프로토콜의 경우 각 사용자간의 트래픽이 시간에 따라 변화할 때는 비록 랜덤 프로토콜에서 발생할 수 있는 트래픽 충돌은 없어도 전송대역을 합리적으로 이용할 수 없다. 이 결점을 보완하기 위하여 위성의 채널을 예약받아 통신하는 방법이 예약 방식이다. 그러므로 예약 프로토콜에서는 예약용 요구(request) 채널은 주정보 채널과 별도로 나누어져 있다. 요구 채널은 위성 채널을 직접 이용하는 사용자가 한정되어 있는 경우 TDM이나 FDM을 사용하여 충돌을 방지할 수 있지만 사용자가 많은 경우에는 요구 채널을 무한정 증가시킬 수 없으므로 전송할 패킷이 있을 경우 요구 채널을 사용하여 채널 할당을 요구한다. 채널이 할당되면 사용자는 할당된 정보 채널로 패킷을 전송하고 할당을 받지 못하면 다시 채널을 요구하게 된다.

다른 방법으로는 글로벌 데이터 슬롯을 사용하는 방법이 있으며 이것은 중앙에서 채널 접속이 이루어질 때마다 다른 사용자에게 알려주는 것과 각 사용자가 위

성망의 슬롯에 대한 정보를 갖고 접속을 계획하는 방법이 있다.

이 들의 예는 임의로 선정하는 임의 선정 방식(random selection)과 먼저 슬롯에 참여한 사용자가 먼저 채널을 할당받는 사용자 우선 방식(first-in-first-out), 데이터용 슬롯을 차례대로 돌아가면서 채널 접속을 행하는 순차 순환(round-robin) 예약 방식 그리고 특수한 경우 사용자에게 우선권을 주는 우선순위(priority) 방식등이 있다.

IV. 위성 통신망에서의 에러 제어

데이터 링크에서 전송로상의 에러를 보상하는 데는 FEC(forward error correction)방식과 재전송 요구 (ARQ) 방식이 있는데 이들은 모두 여분의 비트를 데이터와 함께 전송하여 수신측에서 에러를 검사하는데 사용토록 한다. FEC 방식에서는 이 여분의 비트들을 이용하여 에러의 검출만이 아니라 에러 정정까지도 수신측에서 수행하도록 한다.

ARQ 방식에서는 이 여분의 비트들을 에러를 검출하는데 사용할 뿐이고 에러가 검출되면 송신측에 대하여 재 전송을 요구한다. 곧 ARQ는 FEC에 비하여 필요한 여분의 비트가 더 적어도 된다. FEC 방법은 오정정이나 오탐지가 많으면 부호의 효율성이 떨어지며, 또 오정정이나 오탐지율을 낮추기 위해서는 여분의 비트가 많아지므로 부호화율(code rate)이 낮아진다. 부호가 효과적이라면 부호길이(code length)가 길어야 하지만 긴 부호어를 처리하는 데는 복잡하고 비싼 하드웨어가 필요하게 된다. 그러므로 FEC는 많은 장점을 갖고 있으나 다른 대안을 필요로 하고 이 대안으로서 에러율이 낮은 경우에 많이 사용되는 ARQ를 사용한다. 따라서 ARQ는 부호(code)의 사용을 더욱 효율적으로 만들어 준다. 그러나 각 단말에서 데이터 지연시간이 다르게 되어 실시간 처리를 요구하는 데이터에는 적용하기 어렵다. 따라서 FEC와 ARQ를 복합적으로 사용함으로써 가장 효율적인 에러 제어 시스템을 갖을 수 있다.

1. 에러 정정 부호(FEC)

위성 통신에 있어서는 중계 간격이 길고(정지 위성의 경우 단방향 약 72000Km), 수신 신호 전력이 작으므로 소정의 회선 부호 오류(bit error rate:BER)을 얻기 위한 신호 전력 대 잡음 전력비(carrier to noise ratio

:CNR)를 작게하기 위하여 여러 정정 부호가 사용된다. 여러 정정 부호는 그 생성 방법에 따라 크게 블록 부호(block code)와 컨볼루션 부호(convolution code)로 분류된다.

1) 블록 부호

블록 부호는 송신하고자 하는 정보 비트를 K 비트씩의 블록으로 나누어 각 블록마다 (N-K) 비트의 패리티 비트(Parity bit)를 추가하여 각 블록을 N 비트로 만든 후 전송하는 것으로서 특히 랜덤 오류에 대하여 우수한 성능을 갖고 있어 고속 TDMA 방식의 경우에 전송 처리 시간이 짧은 이 방식을 주로 많이 사용한다.

이 블록 부호에는 해밍 부호(Hamming code)와 BCH 부호가 있으며 해밍 부호는 소수의 비트에 대한 여러 정정 부호로서 여러 정정 특성은 그다지 우수하지 않아 많이 사용되지는 않으며 BCH 부호는 다수의 여러 정정이 가능한 부호로서 Intelsat V호 TDMA 시스템에서 사용되고 있다.

2) 컨볼루션 부호

컨볼루션 부호는 입력 비트와 이것에 앞선 일정한 수의 비트(제한 길이, constraint length)와의 Modulo 2 가산에 의해 생성되고 이 비트들은 쉬프트 레지스터(shift register)에 의해 출력된다. 그림 7은 컨볼루션 부호의 생성과정을 보여준다. 제한 길이는 컨볼루션 코드의 특성을 결정하는 파라미터로서 출력의 부호화 비트에 영향을 미치는 입력 정보의 비트 수이다. 이 컨볼루션 부호화의 결과로 얻어진 신호는 (제한길이-1) 타임슬롯(time slot)이전의 출력신호와 밀접한 관계가 있고 컨볼루션 부호의 복호는 이러한 특징을 이용하여 이루어진다. 즉 수신단에서 복호한 신호를 일정 수 만큼 저장하여 다음 수신된 신호로 얻어지는 출력신호의 조합(상태 천이)를 고려하여 가장 적정하다고 생각되는

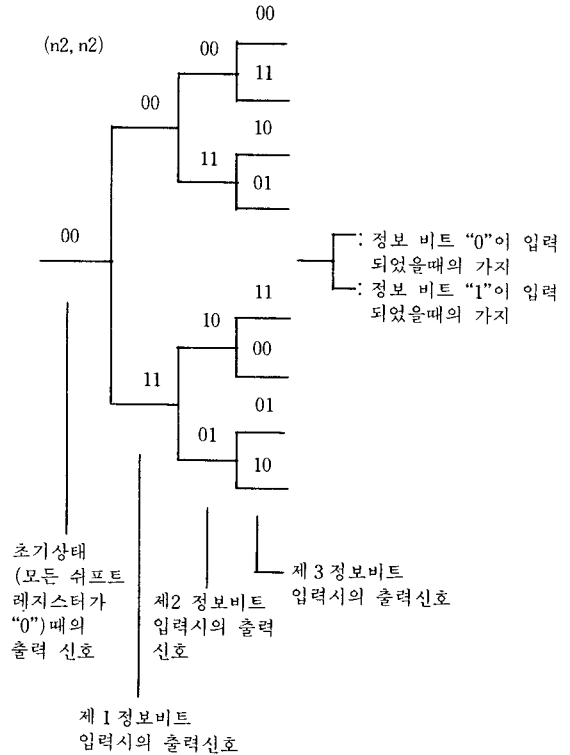


그림 8. 부호기 입력과 출력신호

상태를 추정하는 것으로 가장 널리 사용되는 것이 Viterbi 알고리즘이다. 이러한 복호과정을 나타내면 그림 8과 같다. 이 같은 여러 정정 부호를 사용하면 일정한 회선 품질을 확보하기 위해 필요한 신호대 잡음비(S/N)를 작게할 수 있다. 이에 반해 송출 데이터양이 증가하게 되어 넓은 주파수 대역이 필요하게 되고, 복호기 동작시 대역 확대분 및 부호화 이득 만큼 더 낮은 CNR(carrier to noise ratio)에서 동작을 하여야 하고, 큰 부호화 이득을 얻고자 할 때 복호 회로의 크기에 문제가 생기게 되므로 실제의 시스템에서는 부호화 이득과 이득을 고려하여 여러 정정 방식을 결정하고 있다. 위성 통신용으로는 BCH 부호와 컨볼루션-Viterbi 복호법이 많이 사용된다.

2. 재전송 요구 시스템(ARQ)

대부분의 통신 시스템에서 여러 검출은 간단하지 않다. 여러 검출 코드를 사용하여 에러를 갖는 데이터 블록을 재전송 하도록 송신단에 요구하므로써 수신단에서는 정확한 데이터를 얻을 수 있다. 즉, 에러가 없는 데이터는 수신측에서 ACK(acknowledge)를 송신하고 에

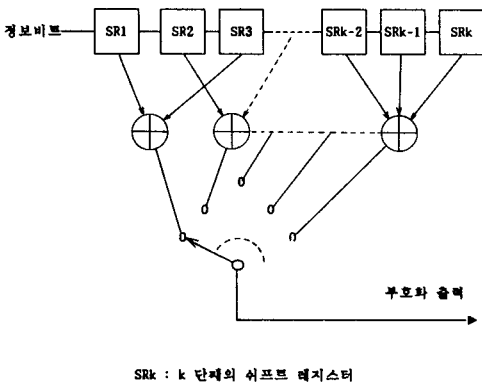


그림 7. 컨볼루션 부호기의 구성

러가 검출된 블록 데이터에 대해서는 NAK(not acknowledge)신호를 전송한다. 이것을 자동 재전송(automatic repeat request : ARQ) 시스템이라고 한다. 이 방식은 지상 데이터 링크에서 저속 데이터나 작은 시간 지연을 갖고 있어도 잘 동작한다. 그러나 전송 지연이 큰 위성 링크에 적용하면 각 데이터에 해당하는 ACK나 NAK를 수신하는데 걸리는 시간이 지연되어 송신단에서는 에러 발생으로 인지하는 경우도 있게 된다. 재 전송 기술에는 링크에서 사용되는 형태에 따라 3가지 기본 기술이 있다.

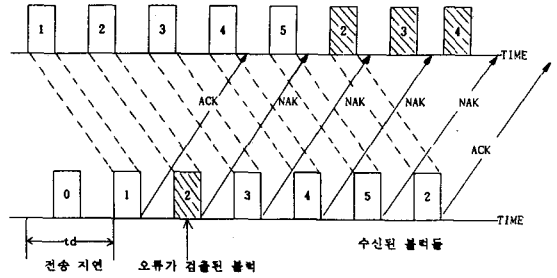


그림 10. Go-back-N-blocks ARQ 시스템(N은 3임)

1) 정지-대기(stop-and-wait) ARQ

정지-대기 ARQ 시스템은 송신단에서 데이터 블록을 전송하고 수신단으로 부터 ACK가 도착하는 것을 기다린다. 이 지연은 단방향과 같지만 구현은 간단하며 그림 9는 이러한 ARQ방식의 동작순서를 보여준다.

2) Go-back-N ARQ

연속 전송 시스템에서 사용되는 go-back-N 기법은 송신단에서 데이터를 연속 전송하고 링크의 수신단에서 이 데이터를 버퍼에 저장하고 있다가 각 데이터 블록이 수신되면 에러를 검사하고 송신단으로 ACK나 NAK를 보내며 이를 위하여 각 블록의 일련번호가 첨가된다. 송신단에서 NAK(N)가 수신되면 N블록만큼 되돌아가 이후의 데이터 블록을 연속적으로 재전송하게 된다. 이 시스템은 그림 10에 나타낸 바와 같다.

3) Selective repeat ARQ

연속 전송 시스템에서 송/수신단에 충분한 버퍼가 있으면 데이터를 많이 저장하여 대기하고 있다가 필요한 블록만을 재 전송하는 방법으로 선택적 재전송 ARQ(selective repeat ARQ)가 이들 3가지 방법 가운데 가장 많이 사용된다.

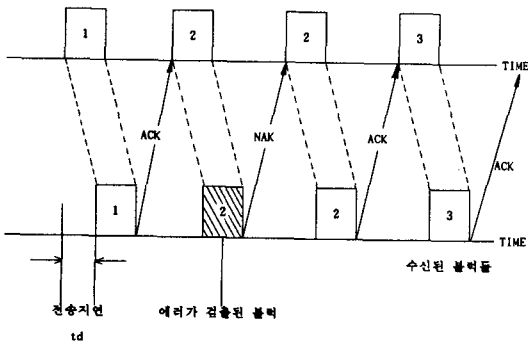


그림 9. Stop-and-wait ARQ 시스템

V. On-Board Processing(OBP)

현재까지 대부분의 위성시스템에서는 위성체에서 상향 링크 반송파를 직접 하향 링크로 전송하거나 위성 안테나 사이에서 주파수 변환하여 반송파를 처리하였으나, 앞으로의 경향은 위성체에서 전송하기 전에 복잡한 처리를 수행하는 OBP에 많은 노력을 기울이고 있다. 이는 전체 위성 링크를 효율적으로 유지하여 지상에서의 장비를 단순화할 수 있다.

OBP는 대략 두가지로 구분하며 첫째는 반송파/마이크로웨이브/처리기(carrier / microwave /processor)라고 하는 기능이며, 이는 상향 링크 고주파 변조 반송파를 마이크로 웨이브 연결회로와 게이트 스위치를 통해 하향 링크로 직접 분배되는 형태로 baseband 데이터에 대한 복구를 시도하지 않으며 변조 형식에도 변화는 없다.

두번째 형태는 베이스밴드 처리기(baseband processor)라고 하는 기능이며 상향 링크 고주파 반송파를 복조한 후 기저 대역 데이터로 만들어 demultiplex 및 라우팅기능을 거치고 하향 링크 반송파로 재변조한다. 라우팅중에는 하나의 반송파에서의 여러 그룹의 데이터 비트들이 번지 지점이 되어지고, 각각 다른 하향 링크로 재분배된다. 또, 위성체에서 직접 복호화하는 것은 데이터의 reformatting과 라우팅의 능력을 향상시키고 성능 개선을 위해 상향 링크로부터 하향 링크의 변조 구성 형태를 완전히 변경할 수 있다. 기저 대역 처리는 복조-재변조 개념에 의한 것으로 상향 링크시 잡음의 재전송을 회피하여 성능 향상을 얻을 수 있다. 또 작은 소모전

력이 요구되고, 무게가 가벼우며, 크기가 작고, 전기장
의 간섭에 둔감하며 큰 대역폭을 얻을 수 있는 광 소자
의 특성을 이용하기도 한다. 이 특성은 위성의 소모 전
력과 탑재체의 크기를 줄일 수 있고, 위성서비스 분야에
서 고속전송을 필요로 하는 분야에 많은 잇점을 제공할
수 있다.

1. Baseband Digital Decoding

위성의 on-board digital decoding은 analog to digi-
tal(A-D) 변환에 기초한다. 상향 링크된 고주파 입력을
sampler와 quantizer가 일련의 디지털 신호로 만든다.
즉, 입력 신호를 일정 시간 간격으로 sampling하고, 이
결과로 얻어진 연속적인 샘플값을 이진 값으로 변환하
게 된다. 이 A-D 처리의 비트 타이밍은 디지털 전이 추
적 루프(digital transition tracking loop : DTTL)라고
하는 부시스템에서 복호에 사용되는 양자화된 시간 샘
플에서 직접 얻는다. 이 DTTL 시스템은 한 개의 IC 칩
으로 장착할 수도 있고 고속 처리의 장점을 갖고 있으
며, 신호 대 잡음비(SNR)가 큰 곳에서는 아날로그 비
트 타이밍 방식과 거의 같지만 신호대 잡음비가 작으면
성능이 급격히 저하되는 특성이 있다.

2. Data Reclocking, Routing and Multiplexing

DTTL에 의해 재생된 데이터는 상향 링크의 타이밍
에 의존하는 타이밍 추출 기법을 갖고 있으며 상향 링
크시 발진기의 지연, Doppler 천이, DTTL 잡음등이 비
트열에 전달된다. 이 시간 지연을 제거하기 위해 위성체
에 내재된 안정된 국부 클럭으로 클럭재생을 하도록
한다.

클럭 재생회로는 이진 디지털 파형이 비트의 중앙에
서 샘플되고 비트의 극성은 국부 클럭과 더해져 디지털
파형을 만든다. 만일, 지연이 계속될 때는 같은 비트에
대해 2회의 샘플링 또는 한번도 샘플링되지 않는 경우
가 발생하여 보상이 불가능해지며 이를 방지하기 위해
탄력 버퍼(elastic buffer) 회로를 사용한다. 이 비트열
이 병렬 직렬 변환기(parallel serial converter : PSC)
에 입력되거나 하향 링크로 직접 전송된다.

PSC는 여러 복호된 비트열을 다중화하며 독특한 단
어(word)를 삽입하여 주소를 인식 하는데 사용하고
correlation pulse를 사용하여 비트 절환한 후, 라우팅
이 이루어진다. 이 절환된 비트들은 특정 버퍼에 전송되
어 목적으로 전송된다.

PSC에서 생성된 TDM 데이터 속에는 라우팅 주소가
포함되어 있고, 병렬의 버퍼가 주소를 인식하여 데이터

를 버퍼속으로 읽어들이고 후 주기적으로 데이터를 적당
한 곳으로 라우팅하기 위해 데이터를 내보낸다.

3. FDM-TDM 변환

각 채널에서 병렬로 입력된 데이터를 PSC에서 연속
된 형태의 데이터로 만든후 주소에 따라 각 메모리에
저장된다. 이 PSC의 처리는 간단한 FDM-TDM 변환
이다.

그림 11에는 baseband digital decoding과 PSC를
통해 TDM 비트열을 만들어 라우팅하는 전체 블록도를
나타낸다.

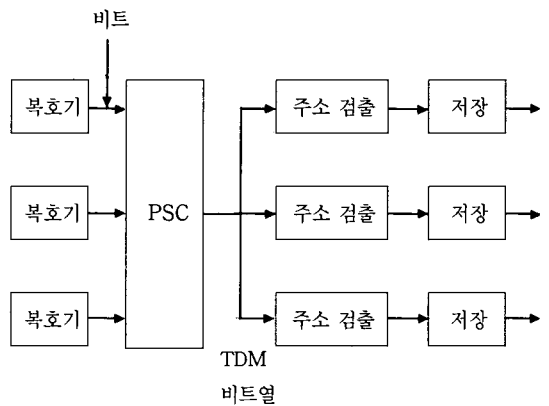


그림 11. PSC를 통한 데이터 routing

VI. 무궁화 위성의 망 관리

1995년 4월과 10월에 발사에예정인 무궁화 위성의 지상
관제국에는 위성통신 서비스를 시작한 후에 이 서비스를
질적, 양적면에서 최상의 상태로 유지하도록 하기 위해
서 서비스 중심국이나 송신국과 운용 데이터를 교환하고
위성 제어센터와 연결되어 망운용을 계획 조정 및 제어
를 하는 위성통신망 시스템의 망 제어 센터(network
control center : NCC)가 있다. 망 제어 센터의 주임무
는 아래와 같다.

- 궤도내 시험(in-orbit test : IOT) : 초기 서비스 시작
전에 궤도내에서 위성의 성능을 시험.
- 정기적인 위성 탑재장치 감시 : 정기적으로 서비스
중인 위성 탑재장치의 성능을 감시.
- 통신시스템 감시(communication system monitor-

ing : CSM) : 응용되는 망내의 모든 지구국을 포함하여 무궁화 위성 시스템 전체 통신망을 감시.

- 원격지구국 시험 : 각 지구국의 기본적인 RF 특성을 확인.

이들 시험에 따른 결과를 망제어 센터의 실시간(real-time) 처리 컴퓨터에 저장, 분석하고 이 데이터를 통해서 위성망의 운용 상태를 관리, 감독하여 향후 망 운용 계획에 사용된다. 망 제어 센터에서 유지, 관리, 분석하는 데이터는 위성통신망의 구성, 지구국 안테나, 증계기, 반송파와 이에 관련된 데이터가 있다.

Ⅶ. 맺음말

본고에서는 기본적인 데이터 망들의 종류, 위성 망의 데이터 링크 제어 그리고 다중 접속의 여러가지 특성 및 형태를 살펴 보았다. 데이터 통신망은 저속 아나로그 접속에서 디지털 전용 교환망을 통해 종합 통신망으로 발전하고 있으며, 정보 이동을 담당하는 데이터 전송계와 데이터의 가공, 처리, 보관을 수행하는 처리계로 구성되어 있다. 망의 구조를 살펴보면, 성형, 링, 버스 혹은 트리의 3가지 일반적 토폴로지로 나뉘어지며, 데이터를 전송하는 데 사용되는 구조화 기법에 따라 분류하면 교환망과 방송 통신망으로 나눌 수 있다.

이상과 같은 데이터망에서 관심 분야는 주로 이기종간의 데이터망 접속이며 이를 위해 서로 다른 제조회사와 다른 기계가 함께 통신될 수 있도록 표준 규정을 정하는 것이라 할 수 있다. 이 표준 제정의 큰 예로서 ISO(International Standard Organization)는 망의 특성에 따라 7 계층으로 나누어 정의하고 있다.

하나의 통신 위성을 거쳐 동시에 필요한 통신로를 설정하는 것을 다원 접속 방식이라 하며, 이 회선을 효과적으로 이용하는 방법은 주파수, 시간 및 공간의 측면에서 주파수 분할, 시 분할, 부호 분할, 공간 분할 등의 방식이 있으며, 회선 할당측면에서 고정 할당, 전속 요구 할당, 임의 접속 방식등으로 분류된다. 또한 위성통신 기술과 일련의 전송 데이터를 패킷화하는 데이터 통신 기술이 서로 결합하여 생긴 위성 패킷 통신은 트래픽이 많아지는 최근 상황에 그 역할이 매우 중요하다. 따라서 위성의 패킷통신의 규모가 더욱 소형화되고 이동성이 뛰어난 지상단말국들의 대중화에 따라 채널접속 지연시간이 짧고 트래픽을 최소화 할 수 있는 프로토콜의 개발이 요구된다.

데이터 통신망에서 전송로 상의 에러를 검출하고, 보정하기 위해 수신측에서 에러를 검사하는 FEC 방식과 재송신을 요구하는 ARQ 방식을 일반적으로 사용한다. FEC 방식은 많은 장점을 갖고 있으나 값비싼 하드웨어를 필요로 하며, ARQ 방식은 실시간 처리는 힘들지만 효율적이다. 현재는 이 두 방식의 복합적인 방식을 사용함으로 서로의 단점을 보완하고 있다. 이러한 방식은 전송상 에러를 발견하면, 정지-대기 ARQ, go-back-N ARQ, 선택적 재전송 ARQ등의 방법들을 사용하여 에러를 포함한 데이터를 재전송한다.

위성 통신의 상용화 이후 성능의 향상과 위성 통신 기술의 진보에 따라 그 적용 범위는 국내외 통신, 이동통신등으로 확대되고 있다. 이의 배경에는 세계적인 정보화 사회의 발전이 기대되고 있는 중에서 효율적인 대용량 복합 통신을 제공할 수 있고 또, 경제적인 광역 망의 구축이 용이한 디지털 위성 통신 시스템의 가치를 인정 받고 있다고 본다.


최근 위성 통신 기술의 현저한 진보를 반영하여 각국에서는 위성 통신에 의한 이동 통신 방식이 개발되거나 새로운 계획을 수립해 놓고 있다. 그 가운데 LMSS(land mobile satellite system), MSAT(mobile satellite), ETSV/EMS(experimental mobile satellite system)과 이리디움 프로젝트등이 활발하게 추진되고 있다.

본고를 통하여 우리 모두 다시 한번 위성 통신의 중요성을 깨닫고, 다가올 정보 통신 사회에 대비하여, 아직 기반이 취약한 우리의 현실을 자각하고, 모두 경각심과 위기 의식을 가지고 새로운 기술과 서비스 분야를 개척하여 경쟁력 강화는 물론, 21세기 첨단 기술의 주역으로 나아갈 수 있는 확고한 기반을 구축하여 나아가야 하겠다.

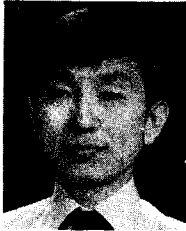
參 考 文 獻

- [1] 정진욱, 변옥환, "데이터 통신과 컴퓨터 네트워크", Ohm사, 1985.
- [2] 홍완표, "인공위성과 위성통신", Ohm사, 1990. 3.
- [3] Dimitri Bertsekas and Robert Gallager, *Data Network*, Prentice-Hall, 1987.
- [4] 조성준 역, "디지털 위성통신", 1985.
- [5] 금성정보통신, "무궁화 위성 시스템 개발 규격서", 1992.

[6] Timothy Pratt and Charles W. Bostian, *Satellite Communication*, John-Wiley & Son, 1986.

[7] Robert M. Gagliardi, "Satellite Communications", Thomson Information/Publishing Group, 1991. 

筆者紹介



張 壽 泳

1956年 6月 11日生

1980年 2月 서강대학교(학사)

1988年 8월 미국 펜실바니아주립대학교(석사)

1991年 2월 미국 펜실바니아주립대학교(박사)

1979年 12月 ~ 1986年 6月 국방과학연구소 연구원

1991年 2月 ~ 1992年 1월 미국 펜실바니아주립대학교 연구원(포스트 닥터)

1992年 1월 ~ 현재 금성정보통신(주) 안양연구소 책임연구원

주관심분야: 위성시스템, 위성서비스, 데이터망 설계/분석, 오류제어, 데이터 압축



崔 龍 一

1967年 서울대학교 전기공학과 졸업

1969年 금성사 입사

1975年 금성통신 교환연구실장

1989年 ~ 현재 금성정보통신(주) 안양연구소 통신연구단 단장(이사)