

# 가입자 선로망의 진화와 광가입자망 구조에 대한 고찰

윤 문 길\*, 차 동 완\*\*

(\*한국항공대학교 항공경영학과, \*\*한국과학기술원 경영과학과)

■ 차

례 ■

I. 개 요

II. 광대역 서비스와 가입자망의 진화

III. 광대역 서비스의 경쟁환경

IV. 광가입자망 구조

V. 결 론

## I. 개 요

과거 반세기 동안 정보통신 관련기술이 혁신적으로 발전하였으며, 그러한 결과를 토대로 통신망은 급격한 진화를 이루어 왔다. 초기의 통신망에서는 장거리 통신 부문에서도 단순한 동선을 이용하였지만, 점차 동축케이블, 마이크로 웨이브등이 사용되었고, 현재 광케이블로 대체되고 있는 추세이다. 그러나 아직 까지도 통신망에는 과거 수십년 동안 설치 되어온 낡은 설비들이 그대로 남아 있고, 그러한 설비는 주로 가입자 선로 부분에 많이 있어 이를 이용한 통신이 아직도 행해지고 있다. 따라서 가입자 및 전화국에 고도의 다기능 전자장비가 설치되어도 가입자 선로가 제공하는(주로 동선) 대역폭의 제한 때문에, 혁신적인 통신망의 진화에도 불구하고 가입자는 그에 따른 혜택을 누리지 못하고 있다. 현재의 기술로는 동선을 이용한 가입자 선로를 통하여 복합 영상 서비스 등의 광대역 서비스를 제공하기에는 불가능하다. 따라서 이러한 상황에서는 통신망 사업자가 광대역 시장에 참여하기 위해서는 광대역 신호를 수용할 수 있는 광대역 가입자 선로망의 구성이 우선적으로 요구된다.

공중통신망에 광케이블을 설치함으로써 주거용 가입자에게 오랜 기간 기다려온 “정보화시대(Information Age)”의 구현을 현실화 시킬 수 있다. 정보화 시

대의 개념은 고도 통신망의 구현과 전자기술을 이용한 서비스의 제공에 의해 기인하는 것으로, 쇼핑, 우편열람, TV시청 등 매일의 일상적 일들이 하나의 진화회선으로 소리없이 처리되는 전자적 거래행위로 바뀌는 것이다. 이러한 미래의 전망이 실현되기 위해서는 광통신망 기술의 발달 뿐만아니라 Network-based 서비스에 대한 가입자들의 인식 및 수요 확산이 이루어져야 한다. Network-based 서비스란 교환, 라우팅, 정보조회 및 처리 등 통신망 구성 요소인 교환기와 관련 통신장비에 의해 최선으로 공급할 수 있는 서비스를 말하고, 대표적인 것이 음성전화 서비스이다. 따라서 통신망 계획을 수립하기 위해서는 변화하는 통신서비스 시장을 평가하고, 신규서비스의 제공 광범등을 반드시 파악하여야 한다. 이러한 서비스가 파악되면 고려될 수 있는 여러 통신망의 구조에 대한 기술적이고 경제적인 평가를 수행해야 하지만, 망 구축비용 및 이용성향에 대한 불확실성 때문에 장래 통신망 계획의 수립은 매우 복잡한 과정을 거치게 된다. 이같은 이유로 가입자망의 구성계획도 복잡한 과정을 따르게 된다.

통신망의 진화는 단순히 기술발전에 의하여 이루어진 것이라기 보다는 여러 학문분야의 통합된 학제간의 연구결과로 이루어진 것이다. 즉, 경제학, 공학, 공공정책학 등의 학문 분야가 상호 연관되어 통신망

이 진화되어 왔기 때문이다. 이러한 점을 고려하여 통신망의 진화를 단순한 공학적 차원이 아닌 통합된 차원에서 살펴볼 필요가 있고, (그림 1)은 이러한 통합된 개념의 흐름도를 보여주고 있다. 이에 따라 본 고에서는 가입자망의 진화방향을 살펴보고, 가입자망을 통하여 제공할 수 있는 광대역 서비스의 유형 및 경쟁환경과 광가입자망의 구조형태에 대하여 검토하고자 한다.

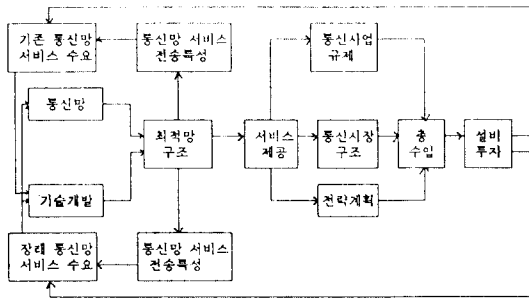


그림 1. 통신망 진화체계

2장에서는 광대역 서비스의 출현과 통신망 통합 추세에 따른 가입자망의 진화에 관한 내용을 다루었다. 광대역 가입자망의 구조는 망 설비의 기술적 특성과 비용구조 뿐만 아니라 제공하는 서비스의 종류와 규모에 의해서도 영향을 받게 된다. 따라서 가입자망을 이용하여 제공할 수 있는 광대역 서비스의 경쟁환경을 검토하고, 경쟁력 있는 서비스의 제공이 가능한 망 구조를 파악하여야 한다. 이같이 가입자망을 통하여 제공할 수 있는 광대역 서비스의 경쟁환경을 3장에서 검토하였다. 4장에서는 광가입자망의 여러가지 구조 형태를 살펴보고, 각 구조형태의 특성을 비교하였다. 끝으로 광대역 서비스의 수용을 위한 가입자망의 진화 방안과 광가입자망 구축 전략에 대하여 간단히 언급하였다.

## II. 광대역 서비스와 가입자망의 진화

### 가. 광대역 서비스의 출현

통신망은 아날로그 전송방식으로 부터 디지털 전송방식으로 발전되어 왔다. 디지털 유선신호는 쉽게 다른 신호와 혼합될 수 있고, 협대역 서비스를 N-ISDN으로 통합하는 기반을 제공할 수 있다. N-ISDN은 64 Kbps인 2개의 기본 정보채널과 16 Kbps인 하나

의 신호 및 데이터 응용 채널을 기본으로 제공한다. 협대역 서비스와 광대역 서비스를 하나의 표준 통신망 Interface로 결합한 것이 B-ISDN 혹은 IBN(Integrated Broadband Network)이다. 이같은 통신기술의 발달과 더불어 통신서비스도 커다란 변화를 가져왔다. 기존의 개별 통신서비스로 부터 음성 및 데이터가 복합된 협대역 ISDN 서비스로 발전하였고, 최근에는 영상정보 서비스에 대한 욕구 증대로 복합영상 정보 서비스를 제공하는 광대역 ISDN 서비스로 발전하는 추세를 갖고 있다. 그러나 복합영상 정보서비스는 기존 통신망의 전송 능력으로는 제공할 수 없는 넓은 대역폭(높은 전송속도)을 요구하기 때문에 광대역 서비스라 불리고 있고, CCITT에서는 1.544Mbps 또는 2.048Mbps 이상의 전송속도를 요구하는 서비스로 정의하고 있다.

IBN을 통하여 가입자에게 제공할 수 있는 광대역 서비스는 매우 다양하게 존재한다. 광대역 서비스는 사용되는 대역폭에 관계없이 교신성 서비스(communicative or interactive)와 분배형 서비스(distributive)로 분류되고, <표 1>에 유형별 가능한 서비스와 트래픽 특성의 정리되어 있다. 이러한 다양한 광대역 서비스 중에서 어떠한것을 IBN으로 가입자에게 제공하는 것이 통신 사업자 입장에서 가장 경제적인가를 검토하여야 한다. 장래 출현한 광대역 서비스의 일반적 특성만 가지고 도입될 광대역 서비스의 종류와 시장규모를 예상한다는 것은 매우 힘든 일이다. 현재까지 주 이용가입자 시장의 경우 오락용 비디오 서비스가, 업무용 가입자 시장의 경우 고속 데이터교환 서비스가 주류를 이룰 것으로 예상되고 있다. 특히 CATV 사업은 가입자의 영상정보 서비스에 대한 욕구와 연계되어 가입자망의 진화를 촉진시키고 있다. 그러나, 통신사업에 대한 정부의 규제가 없다면 이러한 서비스는 통신망 사업자 뿐만아니라 CATV 사업사도 제공이 가능하게 된다. 현재의 세계적 추세는 통신사업에 대한 비규제, 경쟁시장의 방향으로 나가고 있기 때문에, 통신망 사업자는 장래의 광대역 서비스시장에서의 경쟁과 시장확대를 위하여 제공하는 서비스의 차별화를 시도해야 한다. 기존 시장에 대한 분석에 따르면 통신망 사업사가 IBN을 통하여 제공할 수 있는 수익력 있는 광대역 서비스는 기존의 CATV 시스템으로 제공이 곤란한 교환성 비디오 서비스가 될 것으로 보인다. 따라서 다른 서비스와의 순위순 통합, 영상품질의 향상, 비디오 프로그램의 교신통신과 통제를 순위

표 1. 광대역 서비스의 유형별 트래픽 특성

유형	서비스	트래픽 특성		
		트래픽량(bps)		Burstiness
교신성 서비스	전화	64 K		1
	영상전화/회의	1.5 M	130 M	1 ~ 5
	광대역 Video 검색	1.5 M	130 M	1 ~ 20
	고속File 전송	1.5 M	45 M	1 ~ 20
	Data 전송	1.5 M	130 M	1 ~ 50
분배형 서비스	TV(NTSC)분배	30 M	130 M	1
	HDTV 분배		130 M	1

게 할 수 있어야 한다.

한편으로 이러한 IBN 서비스가 가능하도록 하는 소비자들을 감당할 만한 수입원이 어디서 발생할 것인가를 검토해야 한다. 이것을 검토하기 위하여 광대역 서비스에 대한 고객의 이용형태를 분석할 필요가 있다. 과거의 몇몇 연구에 의하면 소비자가 통신매체에 대하여 지출하는 총액이 시간에 관계없이 전체 소득의 일정비율로 변하지 않음을 나타내고 있다(Principle of relative constancy). 따라서 일반적으로 소비자는 소득금액 중 통신매체에 동원한 비율로 지출하기를 바라지만 그 금액으로 더 많은 통신 서비스 상품을 구매하기를 희망하고 있다. 그럼에도 불구하고 최근에 개발된 많은 새로운 기술을 소비자들이 선택할 수 있었던 것은 그 기술을 이용한 상품과 서비스의 가격이 낮기 때문이었다. 그러나 새로 출현할 광대역 서비스는 기존의 통신 서비스 보다 높은 가격이 예상되기 때문에 광대역 서비스 시장의 확대에 있어서 많은 문제점을 예상할 수 있다. 즉, 일반적인 소비자들이 시장성이 불확실하고 고가인 제품 및 서비스에 대하여 상대적 손실을 감내해야 하는 선진적 소비자가 되기를 바라지 않고 있기 때문에, 광대역 서비스에 대한 특별한 동기유발 요인이 없다면 시장의 확대는 요원한 문제가 된다. 결국 광대역 서비스가 성공적으로 정착되기 위해서는 전체 소득이 증가하거나, 다른 통신매체의 지출 또는 다른 지출항목으로부터 전용된 예산을 이용하여 광대역 서비스를 이용하도록 하여야 한다.

따라서 아무리 좋은 광대역 서비스가 도입되어도 특별한 소득 증가없이 소비자의 지출이 크게 증가되리라고 보이지 않는다. 그러나, 최근에 미국에서 CATV, VCR, 영화산업에서의 수익 증가는 오락용 비디오 산업에 대한 소비자의 소비형태가 변화되고 있음을 암시하고 있다. 즉, 오락용 비디오 서비스 시장

과 기존 통신 서비스 시장이 동시에 성장하고 있는 것으로 비추어, 소비자의 다른 소비지출 부분의 예산이 오락용 비디오 서비스 부문에 사용될 것으로 보인다. 그러나 아직은 어떤 지출항목이 어떠한 비디오 서비스 부문에 사용되고, 앞으로 사용될 것인가에 대하여는 계속적인 연구가 필요하다.

#### 나. 광대역 통신망

IBN은 비싼 Repeater 없이도 전체 통신망을 통하여 통합된 서비스를 충분히 전송할 수 있는 전송기술을 요구한다. 광케이블이 이 같은 대역폭 요구조건과 전송거리에 대한 요구조건을 충분히 만족시키기 때문에, 대부분의 IBN 계획 수립시에는 광전송망식의 도입을 제안하고 있다. 통신망 사업자의 관점에서 보면 현재의 통신망을 의심할 여지없이 광통신망으로 진화하는 것이다. 즉, 장거리 구간에 광케이블을 설치하는 것을 시작으로, FTTC, FTTC를 거쳐, 경제성이 확보되는 대로 FTTH가 실현될 것으로 보고 있다.

광케이블은 금속케이블에 비하여 많은 잇점이 있다. 그러나 광케이블의 이론적 전송속도가 수 Tbps까지 가능하지만, 현재 통신 장비로 제공할 수 있는 전송속도가 수 Gbps 정도밖에 안되고 있다. 이와 같은 광케이블의 대역 이용제한은 앞으로 수년 동안 광전송 기술 및 집과기술의 제약으로 인하여 존재하게 될 것이기 때문에, 광케이블에 기반을 둔 통신망의 실질적 상에는 교환과 전송에 필요한 통신장비와 통신망의 구조에서 비롯된다. 따라서 현재 설치하는 광케이블은 전송장비의 기술개발 여하에 따라 상대에는 추가적인 케이블의 설치 없이도 용량증가가 가능할 수 있다.

이러한 이유로 인하여 광통신망에서는 성장 추세에 있는 정보통신 서비스의 수요를 충족시키기 위하여 많은 비용을 들여 통신망의 일부를 새로 설치하거나, 설치면적 등으로 인한 통신망 재구성 같은 물리적 명확화 없이, 이미 설치된 광전송장비의 일부 전자장비를 대체하거나 S/W의 변환 등으로 증가된 수요를 수용할 수 있는 잇점을 가지고 있다. 물론, 현실적에서는 광가입자 선로망을 구성하는데 많은 비용이 소요되기 때문에 경제성있는 장비의 개발이 우선적으로 요구되고 있다. 그러나, 가까운 시일안에 경제성있는 고속 광전송장비의 개발을 기대하기 어렵기 때문에, 단기적인 관점으로는 증가하는 수요를 충족시키기 위하여 광케이블의 추가설치를 고려하여야 하고,

이에 따른 망구조의 변화도 동시에 검토되어야 한다.

**다. 가입자망의 진화추세**

동선케이블을 이용하여 점 대점(point-to-point) 방식으로 연결하던 가입자 선로망이 기술개발과 더불어 Pair-gain 시스템을 이용한 이중성형방식으로 발전되어 왔고, 점차 광대역 서비스가 가능한 광가입자망으로 진화되고 있는 추세를 나타내고 있다. 가입자 선로의 광케이블 도입은 비단 CATV 서비스의 효과적인 제공이라는 측면 뿐만 아니라, 광대역 종합정보통신망(B-ISDN)의 하부구조(Infrastructure) 구축이라는 측면을 동시에 고려하여 결정하여야 한다. 즉, 하나의 광케이블이 설치되면 다양한 속도의 많은 전송 채널이 확보될 수 있기 때문에, 통신망 사업자 입장에서는 CATV 서비스 전송외에 발생하는 여유 채널을 통하여 각종 교환서비스(N-ISDN 및 B-ISDN 서비스)를 동시에 제공하여 훨씬 경제적인 망 운용을 달성할 수 있게 된다. 물론 이 문제는 통신망 사업자의 CATV 사업 참여라는 문제로 논란의 여지가 있을 수 있으나, 규모의 경제성과 사업범위에 따른 경제성을 고려하면 이용자에게 훨씬 저렴한 가격으로 영상, 데이터 및 음성어 복합된 양질의 광대역 서비스를 제공할 수 있게 된다. 또한 다양한 복합 광대역 서비스의 개발 및 제공은 망 사업자에게 새로운 수입원을 제공함으로써, 보다 합리적인 경영여건을 제공해 줄 수 있고 가시적인 다양한 응용서비스의 제공으로 정보통신 서비스에 대한 저변 확대 뿐만 아니라 새로운 수요의 발굴 및 확산에 큰 효과를 갖게 된다.

〈가입자망의 진화추세〉

60년대	동선, 아날로그방식의 point-to-point 구조
70·80년대	동선, 동축케이블을 사용한 디지털방식의 point-to-point 구조, 또는 multiplexer, concentrator 등 pair-gain 시스템을 이용한 이중성형 구조, N-ISDN 출현
90년대	광케이블을 도입하여 FTTO, FTTC, FTTH의 부분적 실현, 성형 또는 이중성형 구조, N-ISDN의 활성화, B-ISDN 출현
2000년대	B-ISDN의 활성화, 가입자 선로의 전구간 광케이블 설치, B-ISDN으로 통신망 및 광대역 서비스 통합

따라서 기존의 전송망을 점차 광대역화하여 복합된 영상정보 서비스를 제공함으로써 가입자의 요구 수준에 부응함과 동시에 서비스 수익의 증대를 도모

하여야 한다. 이러한 복합 영상정보 서비스를 효과적으로 제공하기 위하여는 가입자 선로의 광대역화가 필수적이고, 이 때문에 광케이블을 이용한 광전송 시스템의 구축이 가입자 망의 진화 방향이 되고 있다. 광가입자망이 구성되면 광대역 서비스는 당국적으로 ATM-cell 방식에 의한 B-ISDN을 통하여 제공되는 것이 가장 바람직 하지만, B-ISDN의 구축까지는 많은 비용과 시간이 필요하다. 따라서 광대역 서비스는 개별 서비스제공, 물리적 가입자망 통합, 서비스 통합의 단계를 거쳐 B-ISDN으로 발전하게 될 것이고, 이에 따라 광가입자망의 구축전략이 수립되어야 할 것이다. 현실적으로 광가입자망이 설치된 후 이용 가능한 응용 서비스가 대부분 CATV가 주류를 이룰 것으로 전망되고 있기 때문에, CATV서비스와 통신 서비스를 위주로 가입자망의 진화방향을 설명한다.

**1) 개별 서비스망**

기존의 통신망과는 별도로 영상분배 서비스를 위한 전송망을 구성하는 형태로 기존 통신서비스와 영상분배 서비스가 각각 별도의 접속표준과 전송표준을 갖는 방식이다. 주로 CATV 사업이 시작되는 초창기에 나타난다. 전송망의 구성은 기존 통신망 사업자로 부터 회선을 임대하거나, 자체적으로 통신망을 구축할 수도 있다. 그러나, 통신서비스와 영상분배 서비스의 상호교환이 불가능하고, CATV 시스템을 이용한 다양한 영상정보 서비스의 제공도 관련한 단점을 가지고 있다. 그러나 기존 통신의 전송 표준이나 접속 표준 등에 영향을 받지 않기 때문에, 회선 임대만 가능하면 빠른 시일 안에 CATV망의 구성이 가능하여 제한된 광대역 서비스에 대한 신속한 제공과 광대역 서비스 이용자(CATV가입자 등) 확보 측면에서 잇점을 갖는다.

**2) 물리적 통합망**

하나의 가입자 회선을 이용하여(대부분의 경우 광케이블 이용) 영상분배 서비스와 통신서비스를 동시에 제공하지만, 영상분배서비스는 레드엔드와 연결된 별도의 광대역 교환기(혹은 분배전용 교환기)를 이용하고, 통신 서비스는 기존의 통신용 교환기를 이용하는 방식이다. 이것은 물리적인 측면에서 가입자 선로를 두 서비스가 공유하는 형태지만, 통신 서비스와 영상분배 서비스가 각각 사전에 지정된 별도의 채널을 이용하고 있기 때문에 논리적인 면에서는 별도

의 두 전송망이 존재는 것과 동일한 방식이다.

현실적으로 모든 가입자까지 광케이블이 설치되어 복합 정보서비스를 제공할 수 있기까지는 많은 시간이 필요하기 때문에, 물리적 통합에 의한 서비스 제공 방식이 상당기간 경제성을 갖게 될 것이다. 또한 광 사업자 입장에서 보면 광대역 정보통신망의 하부구조를 이루게 될 광가입자 망 구축 측면에서 투자된 광가입자 케이블의 효율적 운용이라는 점에서 잇점을 갖게 된다. 이와 같은 물리적 통합망은 ATM 방식을 이용한 광대역 교환기의 도입 만으로도 즉각적으로 서비스 통합이 가능하여 궁극적인 광대역 종합 정보 통신망으로 진화할 수 있는 특성을 갖고 있다. 이 경우 역시 물리적으로만 통신망과 CATV망이 통합된 형태이므로 영상, 데이터 및 음성용을 복합적으로 제공하기에는 망 사업자나 CATV사업자 모두에게 많은 제약이 따르게 된다.

### 3) 서비스 통합망

이것은 전송 부분 뿐만아니라 교환 부분까지도 통합하여 모든 서비스를 하나의 통신망에서 제공하려는 방식이다(그림 3). 특히 B-ISDN에서는 표준 가입자 전송속도가 155Mbps이므로, 기존의 CATV 뿐만아니라 HDTV의 전송도 가능하기 때문에 복합 정보서비스의 동시제공은 매우 효과적으로 구현될 수 있다. 따라서 다양한 영상정보 서비스의 개발 및 이용이 용이하므로 정보 서비스의 확산에 큰 기여를 한 것이다.

서비스 통합이 이루어지는 경우에는 서비스별 전송속도의 차이에 의하여 여러가지 문제점이 예상될 수 있다. 첫째는 수 Mbps 또는 수십 Mbps의 전송속도를 요구하는 영상분배서비스와 단지 수십 Kbps의 전송속도를 요구하는 음성 및 데이터 서비스 간의 과급 체계에 대한 문제이다. 개별망 또는 물리적 망 통합의 경우에는 통신망 서비스와 영상 분배서비스가 각각 별도의 채널을 이용함으로써 별도의 과급체계로도 큰 문제점이 발생하지 않을 수 있다. 그러나 서비스가 통합되어 하나의 정보통신망에서 제공되는 경우에는 제공되는 서비스의 전송 또는 교환되는 데이터량이 통신망의 성능에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 전송대역 이용량에 따른 공평한 요금부담이 원칙이므로 대역이용량에 따른 과급방식이 합리적인 방법일 수 있으나, 그렇게 되면 영상정보 분배서비스의 경우 일반 음성서비스에 비하여 수백배 또는 수천배의 요금을 부담하여야하므로 광대역 정보서비스 이용을 억제하게 되는 비현실적인 문제가 발생할 수 있다. 문

제, 영상분배 서비스에 대하여 요금할인제도를 채택하는 경우에는 서비스간의 내부보조 문제와 광대역 고속 서비스 채널의 임대후 임대료 저축 서비스제공을 위한 채널 재판매가 가능할 수 있다. 따라서 CATV와 통신망 서비스의 통합이 이루어지는 경우에는 CATV 사업과 통신망 사업의 이원적 제공시에는 과급체계, 통신망 이용방법 등에 있어서 많은 문제점이 발생할 수 있기 때문에, 사전에 통신망 이용에 대한 법적, 제도적 장치마련과 함께 합리적인 과급체계의 수립이 요구된다.

## III. 광대역 서비스의 경쟁환경

광케이블에 기반을 둔 광가입자망의 구조는 제공되는 광대역 서비스의 유형 및 시장환경에 따라 여러 가지 망 구조가 고려될 수 있기 때문에, 특정한 망구조가 항상 우월한 장점을 갖는 것은 아니다. 따라서 경제적으로 최선의 광가입자망 구조를 파악하기 위하여 우선적으로 제공되는 광대역 서비스의 유형, 가입자의 이용형태 및 경쟁환경에 대한 검토가 이루어져야 한다. 현실적으로 가입자 선로에서 광대역 서비스를 제공한 경우 가장 수익력 있고, 고객 확보가 용이한 사업이 CATV 사업이다. 따라서 통신사업자가 가입자망을 광대역화함과 동시에 광대역 서비스시장에 진출한 경우 우선적으로 고려될 수 있는 것이 CATV 사업이 될 것이기 때문에, CATV 사업에 진출한 경우에 적면하게 되는 경쟁환경에 대하여 검토할 필요가 있다.

### 가. CATV 사업에 대한 경쟁환경

CATV 사업은 기본 가입비 및 기본 월사용요금으로 기본적인 프로그램을 제공하는 것, 일정한 추가요금으로 추가 채널을 제공하는 pay 서비스, 특정한 행사나 경기등을 특정한 시간대에 가입자의 요구에 따라 제공할 수 있는 pay per view 서비스 등을 제공한다. 미국내에서는 CATV 사업이 큰 성장을 이룩하고 있어, 1989년 연간 순이익이 177억 달러에 달하고 있다. 통신사업자가 실제로 비디오 프로그램을 제작하여 전송하는 사업에 참여하게 되는 경우에는 수 많은 경쟁 상황을 면할하게 될 것이다.

첫째, 기존 CATV 사업자가 자체의 광 통신망을 구성하여 품질 좋은 비디오 서비스 및 기타의 광대역 서비스를 제공하려는 것이다. CATV 사업자에 의한 광대역 서비스의 제공에 대하여는 추가적인 설명을

생략하기로 한다.

두번째 경쟁상대가 직접위성방송(DBS) 시스템이다. DBS 시스템의 주 목표고객은 CATV 시스템이 보급되지 않은 TV 보유가구를 대상으로 하고 있지만, DBS가 실질적인 경쟁 위협이 되는 것은 전송 특성 때문이다. 인공위성을 이용하면 매우 넓은 지역에 걸쳐 가입자에게 접속을 제공할 수 있기 때문에, 각 지역별로 소수의 가입자만 DBS 서비스를 받는다고 하여도 전체적으로 보면 그 수는 매우 많게 된다. 특히, 국내에서도 통신위성의 발사를 계획하고 있기 때문에 이를 이용한 DBS의 제공도 고려할 수 있다. 이밖에 DBS 시스템의 초기 가입비용도 지상시스템에 비하여 훨씬 적게 소요될 가능성을 갖고 있다. DBS 시스템은 용량의 제약으로 특정 지역의 지역 TV 프로그램이나, 대규모의 교환 비디오 서비스는 제공하지 못하는 단점을 갖고 있기는 하지만, 결국 DBS 시스템은 장래 영상서비스 전송시장에서 의미있는 경쟁 위협이 될 것이다.

최근의 디지털 압축기술의 발달은 CATV 시장에 대한 또하나의 의미있는 경쟁대상이 된다. Digital 영상처리 회상들은 최근에 표준 TV 신호를 2Mbps로, HDTV 신호를 그 4배 수준으로 압축할 수 있는 새로운 비디오 처리 칩을 발표했다. 이와 함께 현재 개발 중인 유사한 기술이 Intel이 보유한 DV-I(Digital Video Interactive) 기술이다. DV-I는 CD-ROM 디스크를 이용하여 고도로 압축된 동화면 70분의 분량을 저장할 수 있고, 이것을 전송, Decompression하여 실시간으로 화면에 보여줄 수 있다. DV-I를 이용하여 가입자는 장래의 사용을 목적으로 필요한 비디오를 저장하기도 하고 다시 볼 수도 있다. 또는 한가한 시간대를 이용하여 필요한 비디오 프로그램을 download로 받아 편리한 시간에 볼 수 있다. DV-I를 이용하여 광대역 시장에 참여하기 위한 하나의 시스템이 차세대 VCR인 DV-I에 프로그램을 저장하고 이를 편리한 시간에 볼 수 있도록 위성을 사용하여 download하는 것이다.

마지막 경쟁대상으로는 기존의 공중 방송시스템을 들 수 있다. 공중을 이용하여 방송하는데 비용이 부과되지 않지만, 이 시스템은 스펙트럼에서 할당된 채널수의 제약과 전송 품질에 의하여 제약을 받는다. 이러한 공중 방송과 관련된 연구가 무선 CATV 시스템이다. 무선 CATV 시스템은 파장이 바뀐 TV 신호(scrambled TV signal)를 가입자까지 microwave를 이용하여 전달하는 것이다. 이 시스템은 비싼 분배장비 없이

도 공중 방송방식보다 우수한 품질로 33개의 채널까지 제공이 가능하다. 과거에 장애요인이었던 스펙트럼의 이용과 프로그램 소스에 대한 제약은 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service)라 불리는 무선 CATV 시스템으로 극복될 수 있다. 현재 약 50개의 무선 CATV 시스템이 미국내에 운용 중이며 약 30만 가입자가 이를 이용하고 있고, 추가적인 시스템의 구축이 계획중에 있다.

#### 나. 규모의 경제성과 범위의 경제성

디지털 신호를 전달하는 광전송망의 출현은 가입자 선로에 IBN의 도입을 가능하게 만들었다. 궁극적으로 이러한 시스템을 어느정도 설치할 것인가하는 것은 IBN 서비스에 대한 비용 및 수요에 의하여 결정된다. 통신망 구성시에 고정비용이 너무 많이 소요되기 때문에 정보통신 상품의 평균 비용은 산출량에 따라 감소하는 전통적인 규모의 경제를 나타낸다. 물론 자연독점이 존재하는 경우에 경쟁이 도입되면 새로운 기업들의 참여로 인하여 생산비를 증가시킬 것이므로, 사회적 복지를 증진시킬 수 없게 된다. 이러한 이유가 가입자 선로에 대한 진화서비스를 규제하는 논리이다.

가입자 선로망의 지리적 특성은 시내전화 서비스에 대한 강력한 규모의 경제가 존재하도록 하는 큰 요인이다. 가입자들은 넓은 지역에 산재해 있고, 각 가입자에게 전용의 통신설비가 설치되어야 한다. 따라서 지리적으로 산재한 가입자에게 케이블을 설치하는데는 케이블 비용 뿐만아니라 이의 설치를 위한 많은 공사비가 소요되므로, 한번의 공사로 전체 가입자 선로망을 구성하고자 한다. 이러한 요인들이 전화 서비스 시장을 자연독점으로 취급하는 이유가 된다.

가입자 선로에서 여러 서비스를 동시에 제공하는 경우에 단일 사업자에게 여러가지 서비스를 공급하도록 하는 것이 최선인가 하는것은 규모의 경제성만으로는 설명될 수 없다. 이러한 경우에 고려할 수 있는 중요한 평가기준이 범위의 경제성이다. 범위의 경제성은 하나의 선로상에 서로 다른 서비스를 제공하는 것이 각각 다른 선로를 통하여 제공하는 것보다 경제성이 있다는 것이다. 이러한 범위의 경제성에 대한 예는 여러 통신시스템에서 보이고 있다. CATV 시스템의 경우에는 기본 CATV 서비스와 pay CATV 서비스에 대하여 범위의 경제성이 존재하고, 전기통신망에서는 전화서비스와 저속 데이터 서비스에 대하여 범위의 경제성이 존재한다. 다시말하면, 가입자 선

로에서 별도의 분배망을 구성하는 것이 비용이 많이 들기 때문에 범위의 경제성이 확보 되는 것이고, 그러한 범위의 경제성이 구현되기 위해서는 여러 서비스를 결합하여 하나의 선로로 전송할 수 있는 기술이 필수적으로 요구된다.

규모의 경제와 범위의 경제간의 상호관계가 주로 기술요인과 주어진 시장 상황에 따라 크게 의존되기 때문에 경제이론에서는 이들간의 관계에 대하여 거의 언급하고 있지 않다. <표 2>는 가입자 선로에 적용될 수 있는 이들간의 관계를 제시하고 있다. 이 표에서 규제의 효과는 고려하지 않고 있다. 오른쪽 부분이 가입자 선로에서 현재 나타나는 바람직한 규모의 경제를 보여주고 있다. 범위의 경제성은 각 통신망에 의해 제공될 수 있는 서비스의 종류로 나타난다. 범위의 경제성이 약한 경우에는 각 서비스별로 별개의 통신망을 통하여 서비스를 제공하는 것이 좋고, 범위의 경제성이 강한 것은 모든 서비스를 단일 공급자에 의하여 제공하는 것이 바람직함을 나타낸다.

표 2. 통신 서비스 시장 구조(정부 규제가 없는 경우)

		규모의 경제성	
		약 함	강 함
범위의 경제성	약 함	완전경쟁: 많은 서비스 제공자가 별도의 통신망으로 단일 서비스 제공	독점: 각각 별개의 통신망으로 서비스 제공
	강 함	부분경쟁: 각각 별도의 통신망으로 여러 서비스를 제공하는 사업자간 경쟁	Multi-product 독점: 하나의 통신망으로 하나의 사업자가 여러 서비스 제공

기술혁신은 시간이 지남에 따라 자연독점을 와해시키는 경향이 있다. 이러한 추세는 통신시장 구조를 <표 2>상의 왼쪽 부분으로 밀어넣는 결과를 초래한다. 이러한 추세의 예가 무선전화와 무선 CATV 기술들이다. 물론, 무선기술이 통신망 설치 비용을 줄임으로써 고정 투자비용을 감소시킬 수 있는가 하는 것은 향후 계속 연구되어야 할 분야이다.

이상을 요약하면, 규모의 경제와 범위의 경제는 가입자 선로의 IBN 구성을 위한 경제성을 분석하는데 있어 중요한 특성을 제공한다. 이 두 요인간의 상대적 강함과 약함에 따라 서비스를 제공하는 효율적인 시장구조를 분석할 수 있기 때문이다. 특히, IBN의 구축을 위하여는 협대역과 광대역 서비스에 대하여 범위의 경제가 어느 정도인지를 사전에 추정하여야 한다. 그렇지 않으면 개별 통신망에 의하여 서비스를 제공

하는 것이 더 효율적일 수 있기 때문이다. IBN에 대해서 범위의 경제성을 강조하기 위해서는 통신사업자는 주사용 가입자에 대해 제공할 수 있는 더 많은 광대역 응용 서비스를 개발하고 보급하여야 한다.

#### IV. 광가입자망 구조

##### 가. 광케이블을 통한 교환 및 전송기술

광통신망은 단순한 광케이블의 접합과 분리만을 뜻하는 것은 아니고, 광케이블상에서 정보를 결합 분리하고, 루팅해 주는 교환 및 전송장비의 도입을 요구한다. 이들 장비의 대역폭에 대한 제약이 전체 통신망의 수용력을 좌우한다.

IBN에서는 일반적으로 물리계층(Physical Layer)에서 동기식 전송채위를 가정하고 있으며(CITT에서는 STS-M으로 표현되는 SONET 표준을 채택하고 있고, B-ISDN의 표준 속도를 가입자선로는 STS 3, 국간의 경우는 STS-12로 정하고 있다. SONET은 아직 개별 서비스의 전송속도에 관한 결정이 확립 되지 않았지만, 여러 서비스를 통합할 수 있는 지침을 제공하고 있다. 가입자망에서의 전송문제에 있어서 주된 연구분야가 비디오 신호의 데이터 속도이다. 이것은 비디오 신호의 압축비율과 전송속도간에 상충관계가 있기 때문이다. STS-3(155.52Mbps)인 경우 압축되지 않은 하나의 NTSC 품질의 비디오 신호를 전송할 수 있지만, 많은 비용이 소요되는 고도의 압축기술을 이용하면 HDTV를 STS 3 속도로 압축전송이 가능하기 때문이다.

현재의 통신망에서는 교환과 전송을 위해 STM 방식을 채택하고 있다. 이것은 회선교환 방식으로 서비스를 제공하고, TDM 방식을 이용하여 신호를 결합한다. 이와 다른 새로운 방식이 ATM이다. ATM은 패킷 교환 및 루팅 방식을 채택한다. 비디오 신호는 셀(cell)이라는 작은 정보단위(53 byte)로 분할되어, 루팅을 위한 헤더와 데이터 전송을 위한 정보전달부(Information Field)를 가지고 있다. 이 셀들은 동일한 목적지를 위해 다른 종류의 서비스로 부터 발생한 셀과 결합하여 전송된다. ATM의 유연성은 비용의 고려 없이 평가할 수 없다. 패킷 기반 ATM은 통신망 전체를 통하여 디지털 전송을 요구하고, 고속 패킷교환 기술을 이용한 고성능 패킷교환기를 요구하고 있다. ATM 방식이 상기적으로 진화해야 할 통신방식으로 고려되고 있고 국제표준화 위원회에서는 이미 IBN의 장

래 표준과 관련하여 ATM을 고려하고 있으나, ATM 채택을 늦추게 하는 요인은 고속 패킷교환에 대한 요구와 기존 동기식 망과의 호환성 문제 때문이다.

디지털 교환 및 전송기술의 유연성과 성능은 IBN에 대한 다양한 서비스의 제공을 가능하게 하기 때문에, 디지털 교환방식이 광대역 교환 방식의 추세가 되고 있다. 교환성 비디오 서비스는 STS-3속도로 교환을 요구한다. 통신 사업자는 이러한 교환성 비디오 서비스를 광대역 시장에서의 강력한 경쟁도구로 사용할 수 있다. 이러한 디지털 교환 추세에도 불구하고 광대역 서비스에 대한 아날로그 전송기술이 아직도 가입자 선로에서는 계속되고 있는데, 이것은 디지털 전송에 비하여 채널당 더 적은 대역폭을 사용할 수 있기 때문이다.

광가입자 선로상에 아날로그 신호는 ATM방식과 FM방식의 두가지로 전송할 수 있다. 동축 케이블상에서 AM, FM 전송기술이 이미 완벽하게 개발된 반면에 광케이블상에서 아날로그 전송방식은 최근에 개발된 기술이다. AM 전송의 중요한 잇점은 기존 TV 신호와 거의 완벽한 호환성을 가지고 있다는 점, 완전히 정착된 기술로 부터 얻어지는 비용절감과 적은 전송 대역이 소요된다는 점이다. NTSC전송을 위해 AM 방식은 6MHz, FM은 거의 40MHz의 대역폭이 요구되지만, 디지털 신호의 경우 100MHz의 높은 대역폭이 요구된다.

아날로그 신호를 결합하여 전송하는 기술이 Sub-carrier Multiplexing(SCM)기술이다. SCM은 아날로그로 변조된 신호를 하나의 fiber에 결합하기 위해 사용되는 기술로서 가입자 선로 적용시 여러 잇점이 발생한다. 첫째는 아날로그와 디지털 신호를 서로 다른 subcarrier를 이용하여 동일한 fiber상에 전송할 수 있는 것이고, 둘째는 TDM 대신 FDM을 사용하여 데이터 속도 한계를 초과할 수 있다는 점이다. 광통신 시스템은 광신호를 전기신호로 바꾸기 위하여 전체 분배지역에 걸쳐 원격장치를 필요로 한다. AM의 경우 이러한 원격장치가 거의 기후변화에 영향을 안 받지만, FM의 경우는 매우 민감한 반응을 보인다. 따라서 FM전송을 위해서는 실내 또는 공조장치가 설치된 고가의 CEV(Controlled Environmental Vault) 장비내에 원격장치가 설치되어야 하기 때문에 AM방식에 비하여 고품질을 전송할 수 있으나 많은 비용이 요구되는 단점이 있다.

#### 나. 가입자망의 기본구조

통신망을 통하여 제공하는 서비스가 분배형인가 대화형인가 하는 것은 그 서비스를 제공하기 위한 최선의 망구조를 결정하는데 큰 영향을 준다. 여기에서는 가입자 선로에서 고려될 수 있는 여러가지 망 구조와 서비스 제공에 적절한 망 설계 구조에 대하여 살펴본다.

대부분의 통신망에서 3가지의 기본적인 망구조인 성형, 이중성형, 비스형이 제시되고 있다. 성형구조는 개별 케이블 CO(Central Office)에서 각 가입자까지 설치하게 된다. 이 구조는 가입자에게 대 용량을 제공하고, 높은 사적 보호와 단순한 망상비로도 제공이 가능하지만, 많은 케이블 비용이 소요된다. 이러한 구조는 케이블 비용이 상대적으로 싼 경우에 교환성 광대역 비디오 서비스의 제공에 가장 바람직한 구조가 된다. 이중성형구조는 여러 가입자에게 일정부분 케이블을 공유하게 함으로써 케이블 비용을 절감하려는 것으로, 다중화 또는 교환 기술들이 사용되는 RDU(Remote Distribution Units)를 채택한다. 이중성형구조가 단순성형구조와 거의 동일한 기능을 제공하지만 RDU의 비용이 비싼것이 단점이다. 따라서 충분한 전송이득(pair-gain)이 있지만 하면 이중성형구조는 매우 효과적인 것이 된다. 비스형구조는 전체 통신망을 통하여 공통설비의 사용이라는 잇점을 가지고 있다. 이것은 분배형 비디오 서비스에 아주 효과적으로 적용될 수 있으나, 사적 보호의 확보가 곤란하고, 충분한 대역폭을 확보하지 못하는 한 교환성 비디오 서비스를 제공하지 못하는 제약을 가지고 있다. 그러므로, 전송비용이 비싼 경우에는 설비를 공유하는 망 구조가 효과적일 수 있고, 전송비용이 싼 경우에는 개별 설비를 구축하는 성형 구조가 효과적이다. 따라서 가입자망의 구조를 결정하는 데 있어서 전송설비의 비용요소가 매우 중요하게 고려되어야 한다.

전통적으로 통신망 사업자는 협대역 전화서비스를 위하여 switched-star망 구조를 취해왔으나, 광가입자망 구조의 결정은 장래 통신 사업자에게 수익을 제공하고 규제로부터 자유로운 광대역 서비스의 종류에 의해 영향 받기 때문에 매우 복잡한 문제가 된다. 다시말하면, 장래의 광대역 서비스 시장에서도 통신사업자가 단순히 협대역 서비스만 제공하는 경우와, 광대역 서비스와 혼합하여 제공하는 경우의 통신망 구조가 다르게 구성되기 때문이다. 따라서 제공되는 서비스의 특성(대역폭 등)이 설정된 경우에만 적절한 망 구조가 선택될 수 있는 것이다.



한편, 광가입자망에서는 하나의 광케이블 고장이 엄청난 정보의 손실을 초래하므로, 이에대한 대책이 필수적으로 요구된다. 광케이블의 고장에 대비한 방 설계는 통신망의 생존도(Survivability) 차원에서 검토 되고 있고, 비용을 최소화하면서 생존도를 높이기 위 한 여러가지 연구가 진행되고 있다. 이러한 맥락으로 생존도를 고려한 광가입자망은 단일연결/이중경로, 다중연결/이중경로 및 Ring 구조를 기반으로 연구되 고 있다.

**다. 광가입자망 구조 형태**

광가입자망 구조는 설치하는 주체와 전송매체 및 전송방식에 따라 여러가지 형태를 취할 수 있다. 통신 사업자가 설치하는 경우에는 주로 DLC, 협대역 시비 스를 위한 광케이블과 광축 케이블의 혼합구조, 완전 광케이블 구조, 광-동축 혼합구조, IBN 구조등을 들 수 있다. 광가입자망을 설치되는 전송설비의 종류에 따라 여러가지 형태로 구축될 수 있다. Loop carrier 시스템을 이용하는 경우, 광케이블과 동축/동선 케 이블을 혼용하는 경우, 전체 가입자망을 광케이블로 설 치하는 경우로 구분할 수 있다. 이를 각각의 경우에 대하여 고려될 수 있는 가입자망의 유형과 제공가능 한 서비스 수준을 <표 3>에 나타내었다.

**표 3. 가입자망 구조와 제공서비스 유형**

가입자 선로망 구조	서비스 수준		
	협대역 서비스	분배형 비디오서비스	교환성 비디오서비스
Loop Carrier	●		
Fiber-copper 혼합	●		
All Fiber	●		
Narrowband Network	●		
Fiber-coaxial 혼합	●	●	
All Fiber IBN	●	●	●

**1) Loop Carrier 시스템 구조**

기존 가입자망에서 PCM을 이용한 Pair gain 시스 템과 동일한 개념의 가입자 선로구조이다. 이 시스템 은 가입자와 CO 사이에 RDU를 설치하여 음성회선 을 STS-1으로 다중화하여 광전송함으로써, 광케이블 및 광단국장치의 소요수를 줄일 수 있는 잇점을 가지 고 있다. 따라서 원거리 가입자들이 많은 지역에서는 매우 경제적으로 광가입자망을 구성할 수 있는 구조 이고, 본질적으로는 CO, RDU, 가입자간에 물리적 이

중성형구조를 취하고 있기 때문에 사적 보호분제와 명확상 분제 등에 대하여 효과적으로 대응할 수 있는 구조이다.

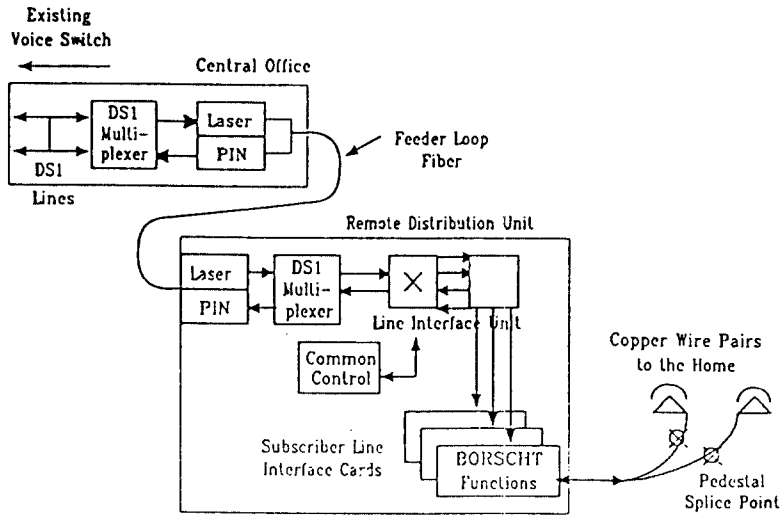
Loop Carrier 시스템에서는 음성 서비스 위주로 제 공하기 때문에 많은 비용을 들여 광케이블을 설치하 여도 Carrier 시스템의 전송제한 때문에 광대역 시비 스를 제공할 수 없는 단점을 갖는다. 그러나, 현재에 는 광대역 서비스에 대한 수요가 미약하지만 상래의 통신망의 하부구조를 구축하기 위해서 광케이블을 설치하는 경우에는 가입자망의 진화 단계상 조기에 취할 수 있는 매우 의미있는 구조가 된다. 특히, 일단 설치된 광케이블은 상래에 Carrier 시스템이 광대역 서비스를 전송할 수 있는 장비로 대체 되기만하면 즉 시 광대역 서비스를 제공할 수 있는 가입자망으로 진 화될 수 있기 때문에, 망 재구성이나 추가적인 케이블 의 설치 없이도 광대역 가입자망을 효과적으로 구현 할 수 있다.

Loop Carrier 시스템을 구축하기 위해서는 교환국 에 광전송장치가 설치되어야 하고, 광전송장치를 포 함하는 원격분배장치(RDU) 및 광전송 케이블, 가입 자 분배용 동선 케이블이 소요된다. 따라서 이들 요소 의 설치비용을 최소화할 수 있는 선로망 설계비용이 개발되어야 한다.

**2) Fiber-copper 혼합구조**

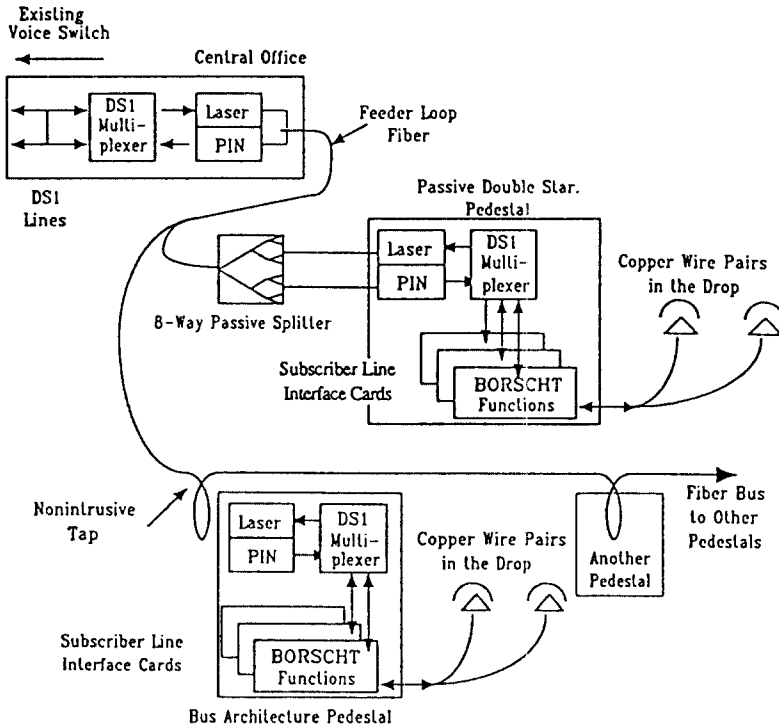
가입자선로 중에서 각 가입자의 가까운 지역(ped- estal)까지 광케이블을 설치하고, pedestal에서 가입자 까지는 동선을 사용하는 구조를 말한다. 이때 광전송 된 신호가 수동 Splitter에 의하여 분기되어 각 pedestal 까지 전달되는 수동 이중성형 구조와, non-intrusive tap에 의해 여러개의 pedestal이 연결될 수 있는 BUS 구조를 취할 수 있다. 수동 이중성형구조는 형태상 물 리적 이중구조를 취하고 있지만, pedestal이 가입자에 아주 단접하여 있고 pedestal에 수용될 수 있는 가입자 가 매우 작기 때문에 망설계모형 수립시에는 pedestal 이하를 하나의 노드로 간주하는 단일성형구조로 고 려하는 것이 바람직하다.

이 구조는 성형구조를 갖는 광가입자망을 구성하 기 이전에, 하나의 광케이블을 고가의 전송장비 없이 다수의 가입자가 이용할 수 있도록함으로써 광가입 자망을 단계적으로 확장하는 전략을 채택하는 경우 에 효과적인 구조가 된다. 이 경우에도 Loop Carrier시 스템에서와 같이 음성서비스 제공을 위한 것이므로



광대역 서비스는 제공할 수 없는 구조이다. 주요 구성 장비로는 교환국의 광전송장치, 광케이블, Passive double star 구조를 취하는 경우에는 Passive splitter,

Bus 구조를 취하는 경우에는 non-intrusive tap, 가입자 가까운 지점에 설치되는 pedestal unit(광전송장치 포함)과 동선 가입자 인입케이블 등이 소요된다.



3) All fiber narrowband network 구조

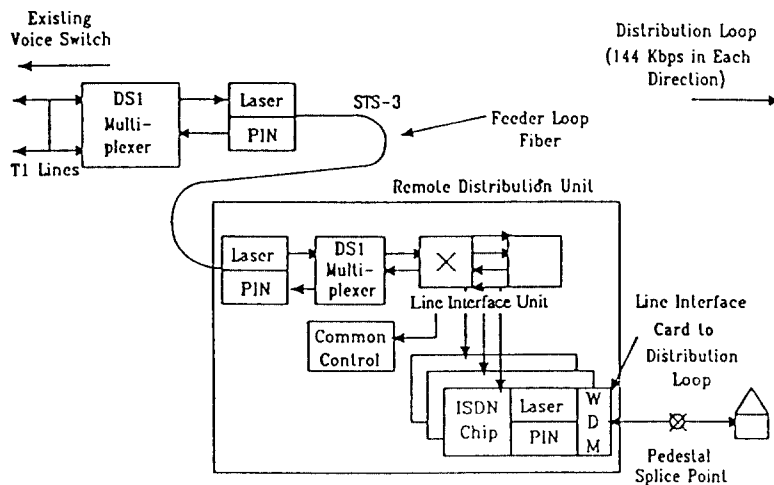
가입자 선로에 광케이블이 설치되지만 제공되는 서비스는 여전히 음성급 또는 저속 데이터 서비스 등 협대역 ISDN 서비스에 국한되는 경우이다. 이 경우 역시 광대역 통신망으로 진화하기 위한 과도기적 통신망의 구조로서, 광대역 서비스가 도입되어 보편화되기 이전에 비교적 값이 싼 광전송장비와 광케이블로 광대역 통신의 기반을 구축하기 위하여 아주 바람직한 구조가 될 수 있다. 이 구조에서는 광전송장비의 특성에 따라 능동성형(Active-star)과 수동성형(Passive-star) 구조로 구분할 수 있으나, 망 설계모형 수립 시에는 비용요소만 차이가 있을 뿐 전체적으로 동일한 모형이 된다.

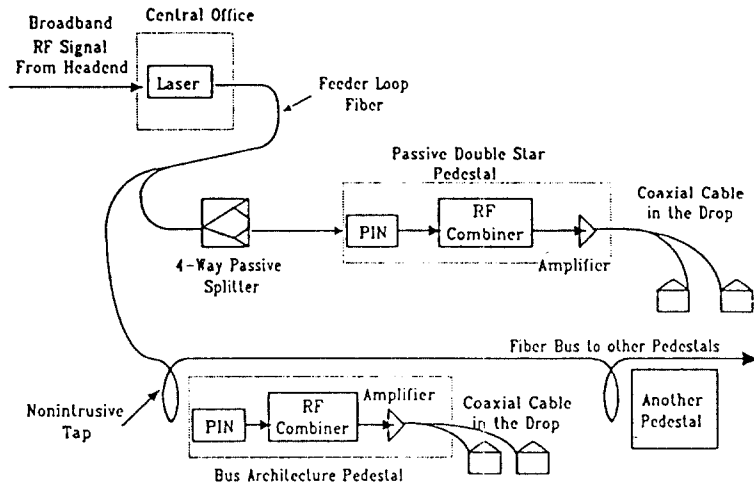
능동성형 구조의 경우는 구성장비가 Loop Carrier 시스템과 유사하지만, 원격분배장치에 ISDN 서비스 처리장치가 부가될 뿐만아니라 하나의 가입자 케이블에서 동시에 발생하는 여러종류의 서비스를 처리하기 위한 파장다중기(WDM)이 설치되어야 한다. 이 구조는 RDU의 일부 기능을 대체함으로써 손쉽게 광대역 통신망으로 전환할 수 있는 장점이 있는 반면에, 초기단계 부터 전 가입자 선로를 광케이블로 설치해야하므로 많은 초기 투자비가 소요된다.

4) Fiber-coaxial 혼합구조

가입자 선로를 통하여 제공할 수 있는 가장 현실적이고 수익성 있는 서비스가 CATV 서비스임은 이미 언급하여 알려져 있다. 그러나 양방향 CATV를 제공하기 까지에는 많은 비용과 장비개발 뿐만아니라 관련된 서비스의 개발이 뒤따라야 하기 때문에, 일차적으로는 단방향 복수채널 CATV 서비스의 제공을 목표로 광대역 서비스의 수요기반을 확대할 필요가 있다. 이러한 경우에는 광케이블과 동축케이블을 혼합하여 가입자 선로를 구성함으로써, 비교적 적은 비용으로 광대역 서비스가 가능한 가입자 선로망을 구성할 수 있다. 특히, 이 구조는 광케이블 부분은 정형으로 구성되고 동축부분은 전통적 CATV 구조인 TB 구조를 취하고 있는데, 동축 부분을 광케이블로 대체하고 이를 성형 구조로 교체하면 즉시 교신성 광대역 서비스 제공이 가능한 이중 성형 광가입자망 구조가 된다.

이 구조는 분배형 영상 서비스를 경제적으로 제공할 수 있을 뿐만아니라 교신성 광대역 서비스로의 확장이 비교적 용이하기 때문에 광가입자망 구축의 중간단계로 활용될 수 있다. 구성장비는 Fiber-copper 혼합 구조와 유사하지만, 가입자 인입 케이블로 동축케이블을 사용함으로써, 제한된 종류의 광대역 서비스를 제공할 수 있는 잇점을 가지고 있다.





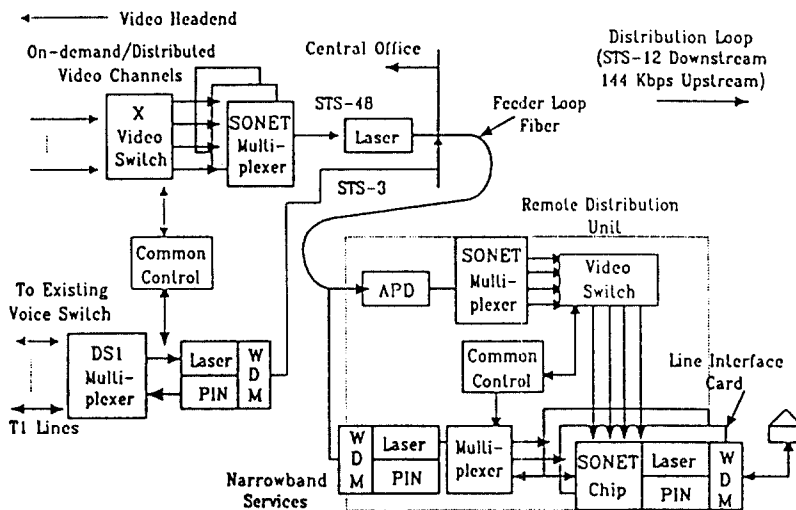
5)IBN(Integrated Broadband Network) 구조

통신망 사업자가 궁극적으로 목표로하는 확대역 및 광대역 통신 서비스의 통합제공이 가능한 통합 광대역 통신망의 구조로는 Switched-star, 능동성형 및 수동성형 구조를 들 수 있다. 이때 모든 IBN 서비스는 디지털 교환 및 전송기술을 가장하고 있다. 이 경우에는 모든 가입자까지 광케이블을 이용한 광전송을 수행하기 때문에 각가입자마다 광단국 및 신호분배 장치를 내장하는 가입자단말장치(Customer Premises Equipment : CPE)가 필수적으로 요구된다. 현재의 기술수준으로는 CPE 비용이 고가이기 때문에 가

입자 선로의 광케이블화가 지연되고 있지만, 계속적인 기술개발의 결과로 급속한 가격하락이 예상되고 있다.

a. Switched star 구조

이 구조는 모든 가입자에게 전용 광케이블을 설치해 주고, 영상 및 음성신호가 교환기에 입력되기 전에 각각 영상 신호와 음성신호로 분리하여 영상분배 교환 및 음성 교환기로 분리하여 교환처리를 수행하는 구조이다. 따라서 이 같은 구조에서는 분배형 비디오 서비스는 영상교환기를 이용하여 서비스를 제공하



고, 음성서비스는 기존의 디지털 음성교환기를 이용함으로써 ATM 교환기 없이도 서비스 통합제공을 가능하게 할 수 있다.

**b. 능동이중성형(Active double star) 구조**

이 구조에서는 몇개의 광대역 가입자 채널을 고속의 광분배 케이블에 다중화 시킴으로써, 전체적인 광케이블 설치량을 절감시킬 수 있다. 능동형 RN를 사용함으로써 많은 가입자를 수용할 수 있고, 가입자의 증가에도 용이하게 대응할 수 있다. 이구조는 비교적 단순한 기술이 요구되고, 망 유지 및 관리 측면과 가입자 정보보호의 측면에서도 많은 잇점을 가지고 있기 때문에 광대역 가입자 신호망의 구조로 바람직하지만 많은 비용이 소요되는 것이 큰 단점이다. 구성상으로는 CO와 RDU 및 가입자간의 모든 구간에 광케이블이 설치되고, WDM 및 광단광장치를 포함하고 있는 RDU가 설치되어야 한다.

**c. 수동이중성형(Passive double star) 구조**

수동성형망은 적은 비용으로 쉽게 광전송망을 구성할 수 있기 때문에 많이 채택되고 있는 구조이다. 가입자 근처에 설치되는 원격노드인 광분기/결합기 또는 과상다중화 장치의 수용능력에 제약이 있기 때문에 원격노드에 접속되는 가입자수에 제약이 따르게 된다. 따라서 가입자의 증가에 따른 망확장시에 순쉽게 대응하지 못할 뿐만아니라, 새로운 서비스의 추가제공이 곤란하고 복잡한 기술이 요구되는 단점을

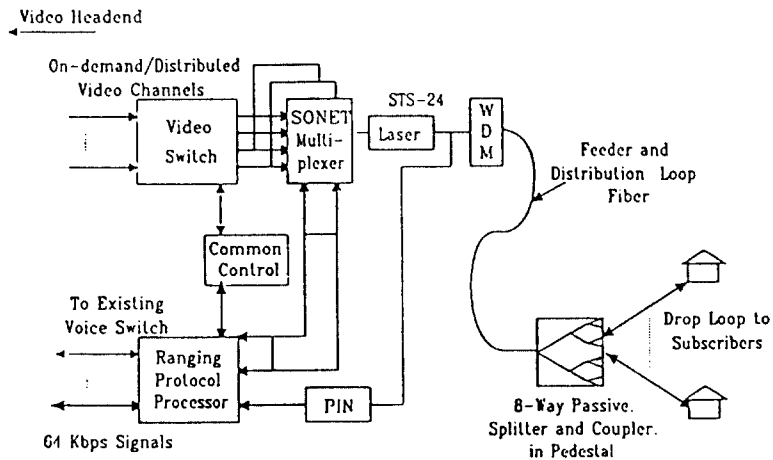
가지고 있다. 이러한 구조는 광가입자망 구성 초기의 적은 수요에 대응할 수 있는 효과적인 망구조이다.

표 4. Active/Passive double star 구조 비교

구분	Active RN 이중성형 구조	Passive RN 이중성형 구조
RN 장비가격	고가	저가
설치면적	크다	작다
유지비용	많음	적음
RN의 전원공급	필요	불필요
선로 서비스	도입	적용
도입 유연성	높음	적음
RN 가입자 수용력	높음	적음
망 기술	단순함	복잡함

**라. 생존도를 고려한 광가입자망 구조형태**

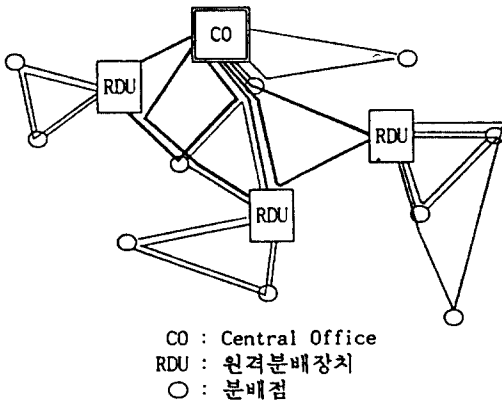
광가입자 신호망에서 광케이블의 손상은 갑작스런 재난이나 공사 부주의 등으로 인하여 발생할 수 있다. 이 경우에 많은 정보손실이 발생하기 때문에 가입자 신호망을 구성하는 경우에는 생존도 구조를 반드시 고려하여야 한다. 가입자 신호망의 생존도는 통신 설비의 고장 유형에 따라 크게 두가지로 고려되고 있다. 첫째는 교환기 또는 RDU 등의 고장으로 발생하는 경우에 대비한 것과, 둘째는 하나의 광케이블이 고장나는 경우를 대비하기 위한 것이다. 전자는 다중연결(Multi-homing) 방법을 사용하여 생존도를 고려하고 있고, 후자의 경우는 이중경로법(Route Diversity)을 채택하여 생존도를 고려하고 있다. 이중 경로법으로 흔히 고려되는 대표적인 방법이 링구조이고, ADM



등 관련 장비의 개발로 가입자 선로망에서 많이 채택되고 있다.

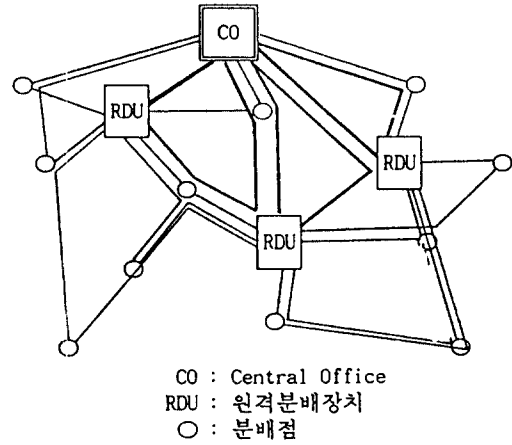
1) 단일연결/이중경로(Single homing/Route diversity) 구조

각 가입자를 동일한 CO 또는 RDU에 연결하는 방식으로, 광가입자 케이블의 손상을 고려하여 가입자까지 2개의 별도 경로로 광케이블을 설치하는 구조이다. 따라서 각 가입자가 2개의 광케이블을 갖게되기 때문에 경제적인 측면에서는 매우 많은 비용이 소요된다. 이 구조는 단순히 케이블의 고장이 발생할 경우에 대응할 수 있는 것으로 CO 또는 RDU의 고장을 고려하지 않고 있다.



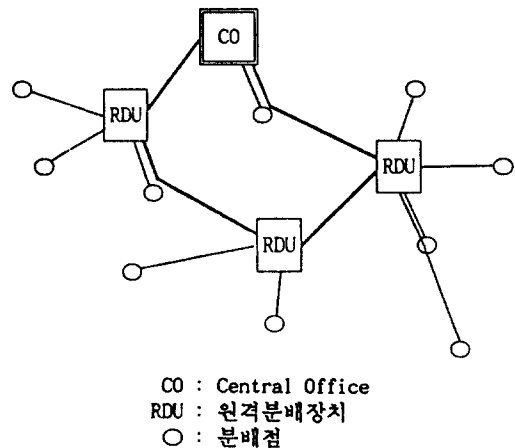
2) 다중연결/이중경로(Multi-homing/Route diversity) 구조

각 가입자를 두개 이상의 CO 또는 RDU에 접속하고, 각각 별도의 경로로 광케이블을 연결함으로써 노드의 고장과 광케이블의 고장을 동시에 고려하기 위한 구조이다. 다만 두개 이상의 CO에 가입자를 접속하는 경우는 신호방 등 고도의 신뢰도를 요구하는 경우에는 바람직한 방법이지만, 교환기의 트래픽 처리 및 가입자 관리가 매우 복잡해지기 때문에 흔히 채택되는 구조는 아니다. 그러나 하나의 CO 관할구역내에도 여러개의 RDU가 설치될 수 있기 때문에 각 가입자와 RDU 간에 다중연결을 함으로써 생존도를 높일 수 있게 된다. 따라서 교환기의 트래픽 처리와 가입자관리 기능등을 고려하면 CO와 RDU간에는 단일연결/이중경로 방식이 적절하며, RDU와 각 가입자까지는 다중연결/이중경로 방식이 바람직하다.



3) Ring 구조

생존도를 고려하는 경우에 우선적으로 고려되는 것으로, 모든 가입자를 링으로 연결하여 어느하나의 케이블 고장시에도 서비스가 가능하도록 하는 방법이다. 그러나 현실적으로 모든 가입자를 링으로 연결하는 것은 불가능한 뿐만아니라, 고가의 가입자장치를 요구하기 때문에 현실적이지 못하다. 따라서 이 구조는 주로 RDU를 CO와 링구조로 연결하는 경우에 주로 고려된다. 최근에 관련 전송장비인 ADM등의 개발은 가입자 선로의 링 구조를 적극적으로 검토할 수 있는 계기를 만들고 있다.



## V. 결 론

전기통신망의 궁극적 진화목표가 종래의 협대역 ISDN에서 광대역 ISDN으로 바뀌면서, 이미 선진 여러국가에서는 이와 관련된 기술개발 및 표준설정을 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 이러한 B-ISDN의 구축을 위해서는 광전송기술 및 ATM교환 기술 등 첨단 통신기술의 개발 및 표준화가 필수적으로 요구된다. 특히, B-ISDN 서비스의 최종 전달부분인 가입자선로의 광대역화 없이는 B-ISDN서비스의 제공이 불가능하기 때문에, 광케이블을 통한 광대역 가입자선로망 구성이 우선적으로 진행되어야 한다.

광대역 통신망의 구축에 있어서 서비스의 경제성 생존력에 대한 논의는 배제해제 전적으로 기술적인 관점에서만 논의되는 것은 서비스에 대한 기술적 영향을 무시하는 것 보다 바람직하지 못하다. 따라서 명확실한 미래의 광대역 응용서비스를 파악하고, 광대역 통신망의 계획을 수립하기 위하여 공학 뿐만 아니라 경제학, 정책학 등의 여러 학문분야의 학제간 연구가 수행되어야 한다. 또한, 각 가입자의 망 구조에 따라 실제 광가입자망 구축시 적용할 수 있는 각종 망 설계모형이 개발되어야 하고, 그에 따른 효과적인 설계 기법이 개발되어 광가입자망 설계를 위한 기술의 축적이 이루어 지야 한다.

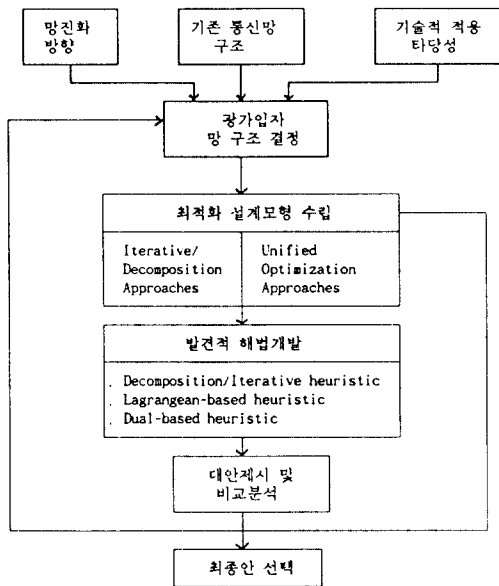
광가입자 선로망은 가입자의 지역적 분포, 지리적 특성, 광전송 관련기술의 개발 및 보유수준, 관련부품 및 장비가격 등에 따라 여러가지 망구조가 고려될 수 있다. 즉, 특정한 망구조가 절대적으로 유리한 것이 아니라, 각 구조의 특성과 망구성시 중점을 두는 사항에 따라 상대적으로 선택되어야 한다. 예를들면, 가입자가 밀집한 대도시의 상업지구에서는 비용 측면을 고려할 경우 성형구조가 단연 우위하지만, 망의 생존성 측면의 문제를 효과적으로 해결하지 못하는 단점을 가지고 있다. 이 경우에 어느정도 비용증가를 감수 하더라도 망의 생존성문제를 해결하고자 하는 경우에는 링구조를 취하는 것이 합리적일 수 있다. 물론, 링구조는 가입자가 지리적으로 널리 분포되어 있는 지역에서는 과도한 선로비용이 소요되기 때문에 좋은 대안이 될 수 없다. 이와같은 망 구조간의 장단점에도 불구하고 광가입자 망구조로 성형망구조(분배성형, 이중성형 등)가 추진되고 있는 이유는 상래 B-ISDN으로의 용이한 진화, 망 유지보수의 용이성, 서비스 확장등의 문제를 효과적으로 해결할 수 있는

구조이기 때문이다.

국내에서도 이미 선진 7개국(G7) 수준의 기술확보를 위하여 HAN 과제를 추진하고 있으며, 그 일환으로 B-ISDN 구축을 위한 장비 및 관련기술의 개발과제가 수행중에 있다. 또한, 광대역 서비스의 하나로 CATV 서비스의 시범사업이 추진되고 있으며, 조만간 사업자 선정이 결정되면 CATV 서비스 이외에 많은 광대역 정보서비스가 출현될 것으로 기대된다. 따라서 국내의 경우도 광가입자 선로망은 CATV 서비스의 제공뿐만아니라 B-ISDN의 기반 구축을 위해서도 필수적으로 구축되어야 한다. 이를 위하여 광가입자 선로망의 바람직한 망구조가 선택되고 나면 각 설비(에드엔드, 분배센더, RDU, Splitter, 등)의 위치를 결정해야 하고, 이를 선비와 CO 및 가입자를 연결하는 전송망을 구성하여야 한다. 이 경우에 소요되는 비용(각 전송설비, 관로 및 케이블 비용 등)을 최소화하기 위해서는 최적화 모형(Optimization Model)이 이용될 수 있고, 효과적인 발견적 해법(Heuristic Algorithm)을 개발하여 이용할 수 있다. 이러한 광가입자 선로망 설계방법의 효용도는 <표5>와 같다.

국내의 광가입자망 구조형태는 선진국에서와 같이 기존 전송선로를 효과적으로 이용하면서 단계적으로 B-ISDN으로 용이하게 확장될 수 있는 망구조를 채택하여야 한다. 그러나 광통신 기술개발의 빠른효과와 관련산업의 발전 및 전송도 확장시 얻어지기를 기대이익을 고려하면, 초기에 과도한 투자비용이 소요되지만 이중성형 구조가 바람직하다. 가입자 선로망 구성을 위한 최적화 기법의 적용을 위해서는 각각의 망 구조별로 의사결정변수를 결정하고, 관련기술의 기술적 적용 타당성 및 제약요인을 고려하여 적합한 설계모형을 정립하여야 한다. 망 설계모형이 정립되면 관련 장비의 비용 및 계수의 추정과 기타 입력자료를 통하여 여러가지 발견적 해법을 적용함으로써, 총 설계비용이 최소화되는 망구조 및 망설계안이 얻어지게 되고 이러한 분석을 바탕으로 설치될 최적망을 결정하게 된다. 이와같은 망 구조형태별 설계모형 및 설계기법에 대한 연구는 광전송 기술 및 B-ISDN 기술개발과 더불어 심도있게 연구되어야 할 분야이다.

표 5. 광가입자 선로망 설계방법 흐름도



참 고 문 헌

1. 차동완, 백천현, 윤문길, "CATV 구조형태별 특성 비교," 정보통신, 1991.
2. 고종석, 원순종, 김대근, 윤문길, "광대역 서비스 수요전망," 전기통신연구소, 1992.
3. 한국통신 선로연구소, 가입자 선로시설 발전연구소, 1991.
4. 한국통신 연구개발단, 차세대 통신망 기반구축을 위한 연구, 1992.
5. 한국전자통신연구소, 광가입자망 개발동향, 주간기술동향, 585호, 1993. 2.

6. J. Carey, "Consumer adoption of new communication technologies," IEEE Communications Magazine, Aug. 1989.
7. A. Claus and S. Kratzing, "Optimal planning of network structures within an exchange area," European Journal of Operational Research, vol.7, 67-76, 1981.
8. J. R. Fox and S. T. Jewell, "A broad-band distributed-star network using subcarrier fiber transmission," IEEE Journal on Selected Area in Communications, vol.8, 1223-1228, 1990.
9. B. Gavish, P. Trudeau, M. Dror, M. Gendreau, and L. Mason, "Fiberoptic circuit network design under reliability constraints," IEEE Journal on Selected Area in Communications, vol.7, 1181-1187, 1989.
10. R.E. Mosher, "Evolution of subscriber loop systems: the history of ISSLS technical issues," IEEE Communications Magazine, Mar., 1987.
11. D.P. Reed, Residential Fiber Optic Networks: An Engineering and Economic Analysis, Artech House, 1992.
12. R.L. Sharma, Network Topology optimization, Van Nostrand Reinhold, 1990.
13. I. Stevenson and S. Timms, Broadband Communications: Market Strategies, OYUM, 1992.
14. T. H. Wu, Fiber network service survivability, Artech House, 1992.
15. R.W. Wyndrum, Jr. and Y. Mochida, "The impact of new technologies and subscriber loop networks," IEEE Communications Magazine, Mar., 1987.
16. D.W. Tcha and M-G. Yoon, "Conduit and cable installation for a centralized network with logical star-topology," Now being revised for publication in IEEE Transactions on Communications.



윤 문 길

- 1981년 : 한국항공대학 항공관리학과 졸업(이학사)
- 1984년 : 한국과학기술원 경영학과(공학석사)
- 1992년 : 한국과학기술원 경영학과(공학박사)
- 1984년 ~ 1992년 : 한국통신 연구개발단 전임연구원
- 1992년 ~ 현재 : 한국항공대학교 항공경영학과 전임  
강사
- 주관심분야 : 통신망 설계 및 경제성 분석



차 동 완

- 1969년 : 서울대학교 전자공학과(공학사)
- 1975년 : Northwestern University(공학박사)
- 1991년 1월 ~ 1992년 12월 : 한국경영과학회 부회장  
역임
- 1975년 ~ 현재 : 한국과학기술원 경영학과 교수
- 주관심분야 : 통신망 설계, Cellular Engineering, 개  
인휴대통신망