

초고속정보통신망에서의 최적 가입자망을 위한 경제성 분석 및 설계

장 종 욱[†] · 이 계 상^{††} · 이 정 태^{†††}

요 약

광케이블에 의한 가입자 액세스 망의 구성은 투자비면에서 볼때 40~50% 이상의 많은 비용이 소요되는 부분으로 이 분야의 최적화는 광대역 종합정보통신망 구축의 핵심 분야이다. 따라서 선진 각국에서는 이에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다. 그러므로 본 논문에서는 가장 보편적으로 이용될 수 있는 이중 성형 구조의 광가입자 액세스 망 구조 중 HFC, ATM-PON/FTTC 그리고 Super PON 구조를 가지고 경제성 분석을 하였다. 경제성 분석을 위한 비교인자로는 투자비, 유지 보수비, 내용 년수 및 잔존가 등 광가입자 액세스 망을 구축하기 위해 소요되는 여러가지 장비들을 선택하여 정적 비교 분석법을 TITAN 모델에 적용시켜 소요비용을 산출한 결과 ATM-PON/FTTC 구조가 가장 경제적인 구조로 판명되었다. 이것은 통신망 사업자의 가입자망 구조 결정 시에 가이드 라인이 될 수 있다.

Design and Analysis of Tech-Economic for Optimized Access Network over Informaton Super Highway

Jong-Wook Jang[†] · Kae-Sang Lee^{††} · Jung-Tae Lee^{†††}

ABSTRACT

The construction of optical access network costs upper 40% in total installation cost of total optical network. Optimization of access network therefore is core in optical network. Advanced countries include EU, Japan and USA already have researched access network. This paper presents analyses of three broad-band fiber-optics subscriber loop architectures(HFC, ATM-PON, Super PON). The analyses focus on the specific demonstrated architectures and use component cost projections to estimate future network costs on a per-subscriber basis. We use TITAN(Tool for Introduction Scenarios and Techno-Economic Evaluation of The Access Network) model. We find that ATM-PON can deliver voice and ISDN data at installed first costs than the other architectures. This is due to the sharing bandwidth among a cluster of subscribers within Curb. This work intends to support establishing guidelines for strategic decisions regarding the development of the access network alternatives of different operators.

† 중신회원: 동의대학교 컴퓨터공학과

†† 정 회 원: 한국전자통신연구원

††† 정 회 원: 부산대학교 컴퓨터공학과

논문접수: 1997년 1월 21일, 심사완료: 1997년 5월 15일

1. 서 론

광대역 종합정보통신망의 서비스를 가능하게 하려면 Tbps이상의 처리량을 가진 교환기가 설치되고, Gbps이상의 정보 전달 능력이 있는 고속화된 국간 중계망도 필요하지만 하부구조인 가입자망의 고속화가 요망된다. 기존의 가입자 망은 음성 서비스를 중심으로 0.4, 0.5m/Pair Cable을 사용하고 있으므로 동선의 제한된 대역폭과 높은 전송 손실로 인하여 수백 Mbps급의 고속 트래픽 전송은 제한되므로 이러한 가입자 망의 고속화를 위하여 T1급의 영상 전송을 위한 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line), VDSL(Very high Speed DSL), T1, E1급의 데이터 통신을 위한 HDSL(High rate DSL)에 대한 연구가 광범위하게 이루어지고 있다. 그러나 기존의 케이블을 사용하는 한 155.520Mbps 이상을 제공하기는 어려울 것으로 고속의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 가입자 망을 광케이블로 대체하는 것이 필연적이다. 그럼에도 불구하고 가입자 망은 교환 부분이나 국간 전송 부분보다 관심을 덜 받아왔으며 새로운 기술의 적용이 가장 늦은 분야로 남아 있다. 그러나 최근에 ATM 포럼 및 선진 각국에서 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 예를 들면 영국의 BT(British Telecom)사에서는 단일 성형(Single Star) 구조, 능동 이중 성형(Active Double Star)구조, 그리고 수동 이중 성형(Passive Double Star)구조에 대한 연구를 수행해 왔다. 또 일본의 NTT사는 N-ISDN, B-ISDN, 그리고 무선통신을 모두 지원할 수 있는 링/성형 혼합 구조에 대한 연구를 활발히 진행하고 있고, 미국에서는 Bellcore(Bell Communication Research)를 중심으로 RBO(Regional Bell Operating Company)에서 광가입자 망 구조를 연구해왔으며 FTTC(Fiber To The Curb)의 구현을 추진 중에 있다[2].

통신망의 투자면에서도 가입자 망이 차지하고 비율이 전체 통신망 투자비의 40~50%에 이르고 서비스가 광대역화 될수록 가입자 망의 투자비는 증가하므로 광 가입자 망을 어떻게 효율적으로 구성하는가에 따라 초고속 정보 통신망의 성패가 좌우된다고 해도 과언이 아닐 것이다[3].

따라서 본 논문에서는 광가입자 망의 구조들 중에서 앞으로 보편화될 HFC, ATM-PON 그리고 Super

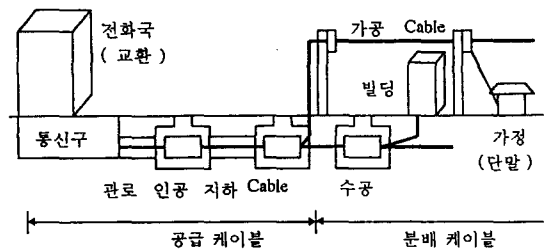
PON 구조를 가지고 경제성 분석을 하였다.

2. 종합 가입자 망의 개념

2.1 가입자 망의 기능

전화망은 그림 2.1과 같이 단말(Terminal), 전송시스템(Transfer Network) 및 교환 시스템(Switching System)으로 나눌 수 있다.

전송 시스템은 다시 가입자 망과 국간 중계망으로 나눌 수 있는데 가입자 망이란 단말과 단국교환기 사이를 연결하는 전송로를 말하며 공급(Feeder)부와 분배(Distribution)부로 구분된다. 이러한 가입자 망에는 구리 선인 pair 케이블이 사용되고 있으며 구리 선의



(그림 2.1) 가입자 망의 구성
(Fig 2.1) Architecture of Access Networks

높은 전송 손실로 인하여 가입자 구간의 거리가 극히 제한되어 국내의 평균 가입자 회선의 길이는 약 2.2km이다. 이는 일본의 1.7km, 영국의 2km보다는 약간 길며 미국의 3.6km보다는 훨씬 짧다[4].

2.1.1 현 가입자 망의 문제점

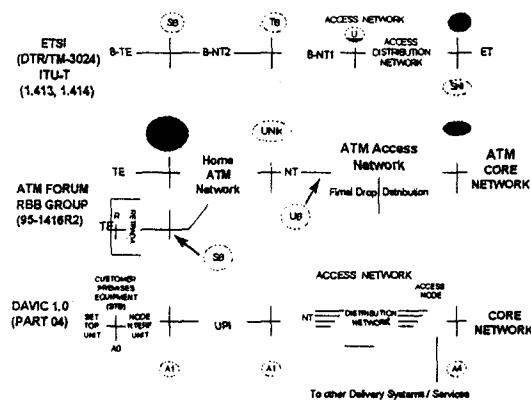
현재의 가입자 망은 대부분 동선으로 되어 있고 동선 케이블의 전송 손실 제한(음성 대역 7dB)에 따라 가입자 수용 구역이 제한된다. 일부 pair gain 시스템을 채택하여 수용 구역을 넓힌 지역도 있지만 수용 구역 제한으로 전화국은 327개나 되어 과다한 실정이다. 전송 손실 외에도 고주파 전송에 한계가 있어 광대역 통신 서비스를 위하여는 전송 특성이 불충분하다. 물론 단거리에는 기존의 동선 케이블로도 어느 정도 광대역 전송이 가능하지만 그 통달 거리가 짧아 주된 전송매체로는 사용할 수 없는 상황이다. 또

한 가입자계가 점차 규모가 커짐에 따라 동도, 관로, 맨홀 등이 점차로 포화상태에 이르고 있지만 지하에는 전력선, 상하수도 및 고압 가스 등 시설물이 점차 복잡해지고 있고 지방자치체 실시에 따라 필요한 지하 구조물 공사가 점점 어려워지는 등 동선 케이블로는 점증하는 통신 수요를 만족시키기가 점차 어려워지고 있다. 또 하나 간과할 수 없는 요인 중의 하나는 MDF(본 배선반)의 문제이다. 통신 수요가 점증하여 단국 당 수용가수가 늘어남에 따라 MDF가 장대화되었으며 이에 따라 MDF의 운용이 큰 문제가 되게 되었다. 장대한 MDF는 필연적으로 점퍼의 누적을 불러 일으키며 이로써 가입자 관리가 어려워지게 된다. MDF는 가입전화의 신설, 철거, 설치 변경 시에 빈번한 점퍼 교체 작업이 일어나게 되는데 점퍼가 누적되면 폐 점퍼의 철거가 곤란해지며 이에 따라 점퍼의 누적이 더욱 심해지며 결국에는 점퍼 작업이 불가능해질 수도 있다. 이런 경우 전화국의 운용이 불가능해진다.

이러한 문제점을 일거에 해결해 줄 수 있는 것이 광케이블을 이용한 pair gain 시스템의 도입이다. 광케이블은 전송 특성이 양호하고 대역폭이 넓어 pair gain으로 사용하더라도 각 가입자에게 충분한 대역폭을 제공할 수 있고 전화국의 수용구역을 넓힐 수 있는 이상적인 매체이다.

2.2 각 기관의 가입자 망 정의

그림 2.2는 가입자 망의 표준화 작업이 진행중인



(그림 2.2) 각 기관에서 제안한 가입자 망의 구성도
(Fig. 2.2) Concept of Access Networks by Organizations

ETSI, ATM 포럼 그리고 DAVIC 1.0에서 제정하고 있는 종합 가입자 망의 구성도이다.

2.2.1 ITU-T와 ETSI

ITU-T의 접근 방법은 표준안(Recommendation) 902[5]에 근거한다. G.902에 따르면 가입자 액세스 망은 다음과 같이 정의된다. 각각의 사용자-망 인터페이스(User-Node Interface) 간의 telecommunication 서비스의 provision을 위해서 요되는 전송 베어러 용량(required transport bearer capabilities)을 제공하는 각 엔터티(cable plant, transmission facilities, etc)들로 구성되어 있는 구현체이다. 하나의 액세스 망은 Q3 인터페이스를 통해 형상화(configured)되고 관리(managed)된다.

2.2.2 ATM 포럼

ATM RBB는 태내(Home)에 광대역 서비스를 제공하기 위해 액세스 망과 태내, 또한 태내 망안에서 Set-top Box나 PC등과 같은 장치들에 대하여 완전히 ATM 시스템을 정의하는 것을 목표로 하고 있다. RBB Committee는 다음과 같은 인터페이스들을 정의하고 있다.

- 1) The Home UNI
- 2) UNiX (x = HFC, FTTC, FTTH, ADSL, etc.)
- 3) NNI/UNI

2.2.3 DAVIC

DAVIC 1.0 규격[6]에는 ATM 포럼의 RBB SWG에서는 아직 모델 정립 단계에 있는 가입자 액세스 망에 대한 구체적인 규격을 제시하고 있다. DAVIC의 액세스 망은 그림 2.2에서 보는 것처럼 액세스 노드(Access Node), 망 종단 장치(Network Termination) 그리고 이들간의 분배망(Distribution Network)으로 구성된다. 여기에서 액세스 노드는 전달망과 액세스 망 간에 적용을 실행한다. 또한 분배망은 전달 망에서 가입자 구내까지 실질적인 신호의 전달을 맡는다. 분배 망은 점대점 스타 토폴로지 혹은 공유 버스 구조 등 다양한 토폴로지를 가질 수 있으며 전송 매체 및 전송 프로토콜 또한 분배 망 내에서 변화될 수 있다.

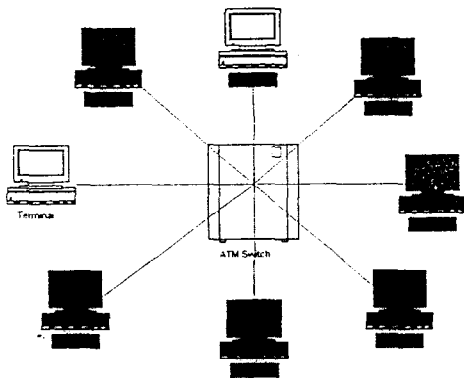
다음 절에서는 가입자 구성 방법들에 대해서 자세

히 살펴본다.

2.3 광 가입자 망의 구성 방법

기존의 전화 교환 망이나 패킷 교환 망에서 가입자 망은 전화국을 중심으로 모든 단말기에 한개의 회선을 연결한 성(Star)형으로 구성되어 있고 이 가입자 망에는 현재 TP(Twist Pair) 케이블이 사용되고 있는데, 이 시설로는 멀티미디어 통신망에서 필요로 하는 수백 Mbps의 고속 트래픽을 전송할 수가 없다. 따라서 멀티미디어 통신망에서는 이 가입자 망을 고속 전송이 가능한 전송매체로 바꾸어야 할 것이다. 멀티미디어 통신망의 가입자 망은 그림 2.3에 제시된 바와 같이, 기존의 전화망에서처럼 가입자마다 별도의 케이블을 설치하는 전용 채널(Dedicated Channel) 방식으로 구성할 수가 있다. 이 방식은 구성하기 쉽지만 케이블이 많이 소요될 것으로 예상된다.

멀티미디어 통신망에서 가입자 망은 가입자의 분포, 발생시키는 트래픽의 특성 등에 따라 구성 방법이 달라져야 할 것이다. 즉, 가입자가 발생시키는 트래픽 양이 많을 경우엔 별도의 케이블을 설치하는 것이 경제적이지만, 발생시키는 트래픽이 많지 않고, 특히 방송형 트래픽이 많을 경우에는 한개의 케이블을 여러 가입자가 공동으로 사용하는 방법이 바람직할 것이다.

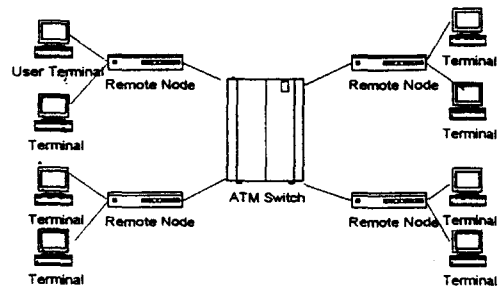
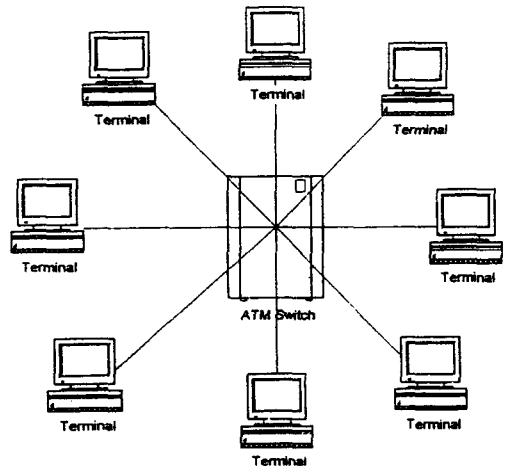


(그림 2.3) 가입자 망 구성 방법
(Fig 2.3) Structure of Access networks

기존 통신망의 가입자 망은 모두 전용 채널 방식을 사용하고 있다. 전용 채널 방식은 그림 2.4에 제시된 바와 같이 가입자마다 별도의 케이블을 설치하는 성

형 방식과 이중 성형(Double Star)방식이 있다. 후자는 교환기와 가입자 근처에 위치한 원격 노드(RN: Remote Node)간에는 다중화하여 전송하고 RN에서 가입자까지는 성형으로 구성하는 방식을 의미한다. 상기 두가지 방식은 논리적인 면에서 볼 때 가입자마다 별도의 전용채널을 제공하는 점에서 동일한다.

광통신 기술의 발전에 따라 전송 시스템의 속도도 수백 Mbps에서 수십 Gbps까지가 실용화되고 있다. 따라서 가입자마다 별도의 케이블을 설치하는 방식보다 다중화 방식을 사용하는 이중성형 방식이 집중적으로 연구되고 있다. 멀티미디어 통신망의 가입자 망으로 주로 연구되고 있는 이중 성형 방식에는 ADS(Active Double Star), PPL(Passive Photonic Loop), HPPL(Hybrid Photonic Loop) 및 PON(Passive Optical Network) 방식 등이 있다[7]. 그리고 ADS, PPL, HPPL 및 PON 방식 등은 가입자 구간 전체에 걸쳐 광케이



(그림 2.4) 전용 채널 방식
(Fig 2.4) Leased channel method

를 사용하는 방식이다. 그러나 가입자 망 전체를 광케이블로 설치하려면 많은 비용이 소요되므로 단계적인 접근이 필요하다. 단계적으로 적용되는 가입자 망 접근 방식은 ADSL(Asynchronous digital subscriber Loop), HFC, FTTC, FTTH 접근 방식으로 나아가고 있다.

3. 가입자 액세스 망의 요구 사항

여러 가입자 액세스 망의 구조 중 어느 방식을 선택하는 것이 가장 효과적이고 효율적인지는 현재의 가입자 액세스 망 환경, 목표로 하는 서비스의 다양성, 선택된 서비스의 속성, 가입자 액세스 망 진화 및 순기 비용 등을 고려하여 그 해결이 모색되어야 한다. 따라서 가입자 액세스 망 시스템 설계 시 고려 사항은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 기존 통신 중심의 하부 구조의 효과적 이용
- 통신, 정보, 비디오 분배 등 일련의 서비스 통합 제공
- 새로운 서비스 요구 시 유연하게 대처할 수 있는 ATM과 같은 통신 방식 및 통신망의 도입
- All-in-one 가입자 액세스 망 구성의 경제성, 기술적 타당성 등 합리성 확보 등이다.

4. 최적 광 가입자 망

4.1 경제성 비교 방법

광대역 종합정보통신망의 최적 가입자 액세스 망은 소기의 요구 조건을 만족시키면서 최소의 비용이 드는 방식을 선정하는 문제로 귀착된다. 앞서 살펴본 각종 가입자 액세스 망은 결국 요구조건을 만족시켜야 할 것이므로 이러한 차원에서 가입자 액세스 망을 구성하고 이 가입자 액세스 망을 전제로 최소 비용의 방식을 선택하면 된다. 따라서 최적 가입자 액세스 망을 선정하는 문제는 경제성 분석 문제로 귀착되므로 이 장에서는 가입자 액세스 망의 구성 방법에 따른 경제성 검토 방법에 대해 기술하고자 한다.

경제성 검토는 최소의 비용으로 최대의 수익을 얻는데 초점이 맞추어지나 통신 시스템의 경제성 검토는 동일한 서비스 조건을 만족시키면서 최소의 비용이 소요되는 시스템을 선택하는 문제가 된다. 따라서

수익면은 고려할 필요가 없고 소요 비용의 측면만 고려하면 된다.

통신 시스템의 경제성 비교에서 고려되어야 할 인자에는 투자비(Investment Cost), 유지 보수비(Maintenance), 내용 년수(Service Life) 및 잔존가(Salvage Value) 등이 있다. 투자비가 아무리 적게 들더라도 유지 보수비가 엄청나게 소요되면 결코 경제적으로 유리할 수 없고, 동일한 비용이 소요 되더라도 얼마나 오래 사용할 수 있는가도 중요한 인자가 된다. 따라서 먼저 경제성 비교에 고려해야 할 인자를 살펴보고 경제성 검토 방법을 기술하도록 하겠다.

4.1.1 경제성 검토에서 고려해야 할 인자

경제성 검토에서 고려되어야 할 인자에는 소요 비용, 내용 년수, 잔존 가, 이자율 및 인플레이션을 등이 있다.

소요비용은 투자비(Investment Cost)와 유지 보수비(Maintenance Cost)로 분류할 수 있다. 투자비용은 통신 시스템을 설치 시에 한번만 소요되는 비용이다. 반면 유지 보수비는 통신 시스템이 제기능을 발휘할 수 있도록 보수 및 운용하는데 소요되는 비용으로, 이 비용은 매년 정기적으로 발생되는 특징이 있다.

한편 내용 년수는 통신 시스템을 사용할 수 있는 기간을 의미하며, 잔존 가는 내용 년수가 지난 후에 그 시스템의 잔존 가치를 말한다. 또 이자율과 인플레이션은 돈의 가치를 변환시킬 때 사용된다.

4.1.2 경제성 분석

광 가입자 액세스 망 구축을 위한 경제성 분석방법은 크게 정적 비교 분석법(Static Processor Analysis)과 동적 비교 분석법(Dynamic Processor Analysis)으로 대별할 수 있다. 정적 비교 분석법은 사전에 설정된 목표 서비스를 제공할 수 있도록 망 구축 모델을 정하고 임의의 모델(지형모형, 환경 모형, 수요 형태 등)에 대해 각각의 구축 비용을 추정하고 이를 비교함으로써, 최적의 망 구축 방법을 추출하는 방법이다. 이 방법은 시간에 따른 점진적인 망 확장 및 진화를 고려하지 않는다. 반면 동적 비교 분석법은 사전에 설정된 목표 망으로의 이행을 위한 단계적 망 구축 시나리오를 정립하고, 시간적 추이에 따른 수요 및 침투율의 변동, 투자/운용 비용의 변동 등의 파라미

터에 근거하여 시간에 따른 물리/공간적 변화를 고려하는 망 확장 및 망 진화 계획을 고려하는 방법이다.

본 연구에서는 광 가입자 액세스 망 구축을 위한 특정 환경이 주어지고 이를 단계적으로 실현하는 문제가 아니고 일반적인 경우를 전제로 하므로 정적 비교 분석법에 의해 분석하고자 한다. 한편 정적 비교 분석법은 돈의 가치를 어느 시점으로 변환하는가에 따라 현가 비교 방법, 종가 비교 방법과 연 경비 비교 방법으로 구분할 수 있는데, 본 연구에서는 현가 비교 방법으로 최적가입자 액세스 망을 추출하겠다. 그러면 먼저 현가 비교 방법에 대해 살펴보도록 하자.

통신 시스템은 초기년도에 M원의 장치 비와 I원의 설치 비가 소요되고, 유지 보수비로 매년 A원이 소요된다고 하자. 또 이 시스템의 내용 년수는 n년이며 n년 후의 잔존 가는 S원이라고 하자. 그림 4.1은 이러한 통신 시스템의 설치 및 운용에 소요되는 비용의 모델을 보여주고 있다.

그림 4.1에 제시된 비용은 시점이 모두 달리 표시되어 있다. 이들 비용을 고려하려면 먼저 동일 시점의 비용으로 환산하여 비교하여야 한다. 따라서 비교 방법은 초기 년도의 비용으로 환산하는 현가(Present Worth) 비교 방법, 내용 년수의 마지막 년도 비용으로 환산하는 종가(Future Worth) 비교 방법 및 매년 비용으로 환산하는 연경비(Annual Cost) 비교 방법으로 나누어 생각할 수 있다. 어느 비교 방법을 사용하든 동일한 결과가 나올 것이나, 본 장에서는 현가 비교 방법에 대해서 알아보하고자 한다.

여러 시점에서 발생하는 돈의 가치를 등가 변환시키는 데는 다음과 같이 정의되는 등가 환산율(K)이 사용된다.

$$[n\text{년 후의 돈의 가치}] = [\text{현재의 돈의 가치}] = (1 + K)^n \quad (4.1)$$

이자율을 I, 인플레이션율을 r이라고 할 때, 등가 환산율 K는 (4.2)식으로 표시될 수 있다.

$$K = (I - r) / (I + r) \quad (4.2)$$

(4.2)식을 고려하여 매년 소요되는 유지 보수비를 현가로 변환하면 (4.3)식과 같이 표시될 수 있다.

$$P_s = A \{ (1 + K)^n - 1 \} / K(1 + K)^n \quad (4.3)$$

한편 n년 후에 발생하는 잔존가 S를 현가로 변환하면 (4.4)식과 같이 표시된다.

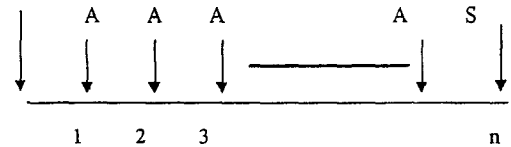
$$P_s = S(1 + K)^{-n} \quad (4.4)$$

통신 시스템에 소요되는 모든 비용을 현가로 변환하여 전체 소요비용을 계산하면 (4.5)식으로 표시된다.

[전체 소요비용]

$$= [\text{장치비}] + [\text{설치비}] + [\text{유지보수비의 현가}] - M, I$$

M, I



(그림 4.1) 통신시스템 설치에 따른 소요비용의 모델
(Fig 4.1) Cost model of communication system

[잔존가의 현가]

$$= M + I + P_s - P_s \quad (4.5)$$

따라서 (4.5)식에 장치 비, 잔존 가, 유지 보수비 및 설치비를 입력하면 해당 시스템의 설치 및 운용에 필요한 전체 비용을 계산할 수 있다.

일반적으로 잔존가, 유지 보수비 및 설치비는 장치비에 대한 비율로 표시하고 있다. 예를 들면 잔존가는 장치비의 10%이며, 설치비는 장치비의 30%라는 방식으로 표시한다. 이렇게 표시하는 경우 장치비에 대하여 잔존가, 유지보수비 및 설치비가 차지하는 비율이 정의되어야 하는데 이 비율을 각각 RS, RA 및 RI라고 하자. 여기서 RS, RA 및 RI는 각각 S/M, A/M 및 I/M이 된다.

위에서 정의한 RS, RA 및 RI를 (4.5)식에 대입하여 정리하면 전체 소요비용은 (4.6)식과 같이 표시된다.

[전체 소요비용]

$$= M + RI \cdot M + RA \cdot M \{ (1 + K)^n - 1 \} / K(1 + K)^n - RS \cdot M(1 + K)^{-n} \quad (4.6)$$

일반적으로 음성 통신에서는 회선이라는 개념이 사용될 수 있지만 광대역 종합정보통신망과 같이 다양한 정보를 취급하는 경우에는 회선 당 소요비용을 비교할 수 없다. 즉 비디오 신호의 한 회선과 음성 통신에서 사용되는 한 회선의 개념에는 엄청난 차이가 있기 때문이다. 따라서 멀티미디어 환경에서는 회선 당 소요비용보다는 비트 당 소요비용을 비교하는 것이 바람직할 것이다[8].

4.2 경제성 분석 프로그램

여기에서는 (4.6)식에 따라 시스템별로 소요 비용의 현가를 계산하고 이를 비교하여 최적 시스템을 추출하는 프로그램을 작성하였다. (4.6)식에서 이자율과 인플레이션율은 모든 시스템에 공통적으로 적용될 수 있으므로 초기화 과정에서 입력하고 나머지 인자는 시스템별로 입력하여야 한다.

부록에는 경제성 분석 프로그램에서 사용되는 입력 자료표가 제시되어 있다. 이 표는 시스템 별로 그리고 서비스 환경에 따라 별도로 작성되어야 한다. 이 입력 자료표에 따라 장치비의 단가(M), 간존가율(Rs), 유지 보수 비율(Ra), 설치비율(Ri) 및 내용 년수가 주어지면 해당 시스템의 전체 소요 비용을 산출할 수 있고, 이 비용을 수용 용량(Capacity)으로 나누면 일정 단위 당 소요 비용을 산출할 수 있다.

경제성 분석 프로그램은 부록과 같은 자료를 입력하여 각 시스템의 일정 단위(64 kbps)당 소요 비용(현가)을 산출하고, 이 비용을 시스템별로 비교하여 최적 시스템을 선택하도록 작성하였다.

경제성 분석 프로그램은 각 입력표에 따라 그 상환에서의 최적 시스템을 제시한다.

4.3 비교 대상 시스템

이제까지 언급한 경제성 비교 방식에 따라 전용 채널 방식 중 이중 성형 방식의 경제성을 비교하였다.

4.3.1 비교 대상 방식

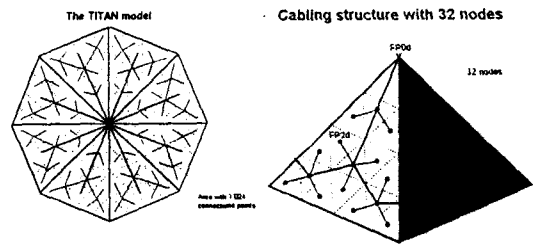
광대역 종합 정보 통신망의 가입자 액세스 망으로 주로 연구되고 있는 이중 성형 방식에는 ADS, PPL, HPPL 및 PON 방식이 있으나 이중에서 PON 방식이 가장 경제적인 것으로 밝혀졌다[7].

현재 유럽 등지에서는 위의 결과를 이용하여 PON

구조 중 VOD 서비스에 많이 이용되는 HFC 구조 그리고 블럭 혹은 커브(Curb)까지 광케이블을 도입하고 ATM 인터페이스를 이용하는 ATM-PON 구조 그리고 가정까지 광케이블을 도입하는 FTTH ATM-PON 인 Super PON 구조를 연구 중에 있다. 본 논문에서도 이들 가입자 망 구조들의 경제성을 비교하였다.

4.3.2 서비스 환경

여기에서는 TITAN(Tool for Introduction scenario and Techno-economic evaluation of Access Network) 모델을 가지고 경제성 분석을 하였다. TITAN 모델은 그림 4.2와 같이 32개의 노드를 가지는 케이블링 구조와 1024개의 연결 포인트를 가지는 구조로서 유럽의 RACE 프로젝트에서 제안한 경제성 분석 모델이다.



(그림 4.2) TITAN 모델 (Fig 4.2) TITAN model

TITAN 모델도 일반적인 경우와 같이 분석 대상 사용자 그룹을 서비스 사용량이 많은 업무용 사용자 그룹과 대내 사용자 그룹으로 나눌 수 있다. 그중 업무용 사용자 그룹인 경우에는 각 가입자 망 구성 기법에 관계없이 경제성 차이가 없다는 사실이 밝혀졌다[9]. 따라서 본 논문에서는 대내 사용자 그룹을 대상으로 경제성을 분석하였다.

TITAN 모델의 잠정적인 사용자 중 5%를 중간 업무용 사용자로 보고 나머지 95% 사용자는 대내 가입자로 가정하였다. 하우징 구조로 개인 주택과 아파트 혼합 지역으로 개인 주택에서는 한 사용자만 이용하고 아파트 지역은 한 건물 당 32 사용자가 이용하고 아파트 지역은 한 건물 당 32 사용자가 이용한다는 것을 가정하였다. 이때 개인 주택과 아파트 지역의 비율은 20%, 80%, 50% 대 50% 그리고 80% 대 20%로 구분하여 분석하였다. 그 이유는 객관성을 유지하

기 위하여 현재 유럽에서 분석이 진행중인 수치를 택하였기 때문이다[10].

이용되는 멀티미디어 서비스로는 대내 가입자들이 많이 이용하는 POTS(집선비 1/10), CATV, ASB (Asymmetric Switched Broadband: 2 Mb/s downstream, 64 upstream(1/3)) 그리고 SSB(Symmetric Switched Broadband: 64 kb/s, 2Mb/s(1/1)) 등의 서비스를 가지고 분석하였다. 이 서비스들은 수요 상황에 따라 사용량이 달라지므로 서비스 수요 상황을 낙관적(optimistic) 경우와 비관적(pessimistic)인 경우로 나누어 분석하였다. 낙관적인 경우란 새로운 서비스(ISDN, ASB, SSB 2Mb/s)들이 활성화되고 그리고 기존의 PNO 서비스가 급격히 감소하지 않은 경우를 말한다. 비관적인 경우란 새로운 서비스가 다른 영향 때문에 활성화가 되지 못한 경우나 시장 상황이 좋지 못한 경우를 말한다.

4.3.3 각 시스템 구성

HFC(광-동축 혼합) 방식은 기존의 CATV 가입자 루프용으로 쓰던 트리-브랜치(tree-branch) 구조의 동축케이블을 이용하고 공급 구간만을 광케이블로 구성하는 가입자 루프 기술이다.

이 방식은 광전 변환을 위한 ONU, QAM/VSB 등의 디지털 모뎀, 증폭기 등으로 구성되며, 공중통신망과의 접속을 위한 게이트웨이로 HDT(Host Digital Terminal) 혹은 ONT(Optical Network Terminal)가 전화국 혹은 원격 국사(Remote Node)에 위치한다. HDT가 ONT는 스위치 모듈과의 표준 인터페이스를 위해 각각 Bellcore TR303/TA909와 ETSI DE/TM3019으로 규격화되어 있다.

ATM-PON 방식은 ATM 전송방식이 수용된 ATM-PON 구조로서 OAM(Operation Administration and Maintenance) 셀이 매 134개 셀마다 하나씩 삽입되고 상향 전송을 위해 TDMA기법이 이용된다. 또한 상향과 하향은 두개의 광케이블로 분리될 수도 있으며 WDM(Wave Division Multiplexing)을 이용하여 하나의 광케이블을 사용할 수도 있다. 이 방식은 프랑스의 가입자 망의 첫번째 진화 단계로서 사용되고 있다. 이 방식은 아날로그 CATV 서비스만 제외하고 POTS, ISDN, ASS(Asymmetric Switched Services), SSS(Symmetric Switched Services) 등의 서비스를 잘

지원한다. 그리고 안정성 및 시큐리티 보장 부분 등이 강하다.

Super-PON 방식은 새로운 지역이나 기존 망을 바꿀 필요가 있는 지역에 대해 FTTH 시스템을 설치하고 기존 망과 연동시키는 방법이다. ATM 망이 점차 확대됨에 따라 시스템의 구조는 점차적으로 ATM 방식으로 바뀌어 갈 것이다. 이 경우 디지털 CATV 서비스는 ATM 망의 교환기를 통해 제공이 가능하다. 이 방식은 지원되는 서비스 중 SSS 서비스가 매우 잘 지원되고 특히 향후 확장성과 유지 관리 부분이 매우 강하다.

4.3.4 입력 자료

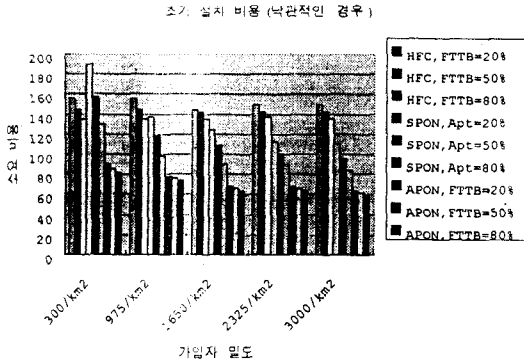
경제성 비교에 필요한 입력 자료 표를 작성하면 부록과 같다. 이 표에서 볼 수 있는 바와 같이 모든 방식이 TITAN 모델을 하였으므로 교환국, RN, 가입자 인터페이스 및 케이블 비용으로 구성된다. 이때 각 비교 시스템 마다 하우징의 구성 비율(개인 주택과 아파트의 비율)과 서비스 추세(낙관적, 비관적인 경우)에 따라 6개의 입력자료 표가 필요하다. 따라서 비교 대상 시스템이 3가지 이므로 모두 18개의 입력 자료들의 필요하다. 이 자료들은 잡지, 관련 논문(WOMAN) 등을 참고로 하여 가정한 데이터이다. 하지만 실제에 따라서 많이 달라질 수도 있다.

4.4 경제성 분석 결과

부록에 제시된 자료를 입력하여 경제성 분석 프로그램을 수행한 결과는 다음과 같다. 여기서 이자율은 13%, 인플레이션율은 9%로 가정하였다. 이때 산출되는 비용은 최고치 200으로 정규화하였다.

그림 4.3은 새로운 서비스가 활성화되는 낙관적인 경우와 하우징 구조하에서 각 시스템 구조의 가입자별 밀도에 따른 초기 설치 비용 결과이다.

그림 4.3을 통해 볼 때 하우징 구조가 전체 초기 비용에 상당한 영향을 미치는 것을 알 수 있다. 즉 아파트 지역이 많을수록 설치 비용이 적게 든다. 왜냐하면 밀도가 높은 아파트 지역보다 개인 주택에 설치되는 ONU(Optical Network Unit)이 각 가정마다 설치되기 때문이다. 그리고 FTTH PON 구조인 Super PON은 ATM-PON 시스템 보다는 여전히 높은 비용이 소요된다는 것을 알 수 있다. 낙관적인 경우 각 구



(그림 4.3) 낙관적인 경우의 초기 설치 비용
(Fig 4.3) First Installation cost of Optimistic case

조 중 ATM-PON 구조가 가장 경제적인 것을 보여주고 있다. 그러나 궁극적으로는 SuperPON 구조로 진화가 되리라 예상된다.

그림 4.4는 비관적인 경우의 초기 설치 비용을 보여주고 있다.

비관적인 경우는 낙관적인 경우와 다르게 새로운 멀티미디어 서비스가 활성화되지 않는 경우이므로 FTTH 형태인 SuperPON의 설치 비용이 가장 높은 것을 알 수 있다. 비관적인 경우도 각 구조 중 ATM-PON의 형태가 가장 최적의 구조로 판명된다.

위의 결과들은 제시된 입력 자료에 따라 결정되므로 이상의 결과를 정확한 자료로 보기 어렵다. 그러나 앞으로 개발될 가입자 장치의 비용이 부록에서 제시된 수준이면 분석 결과는 충분히 활용될 가치가 있을 것이다. 또 각 방식의 시스템이 개발되어 기술 규격과 그 가격이 결정되면 본 연구에서 개발한 프로그램을 이용하여 경제성 비교를 간단히 수행할 수 있을 것이다.

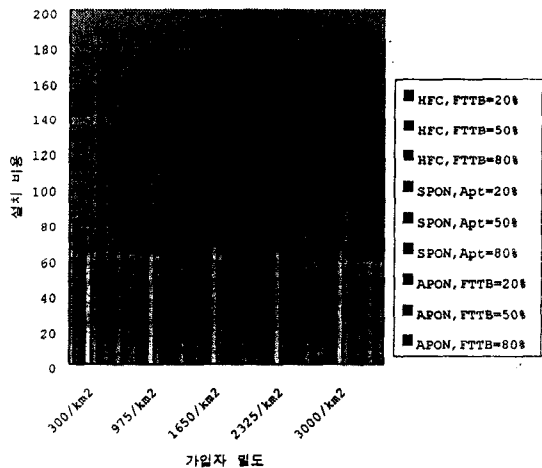
5. 결 론

기존의 가입자 액세스 망은 패어 케이블로 구성되어 음성 통신에 활용되어 왔다. 최근의 고속화 요구에 부응하여 가입자 액세스 망은 ADSL, VDSL, HDSL, HFC 등의 기법을 이용하여 고속화를 시도하고 있지만 기존의 패어 케이블을 사용하는 한 수 Mbps를 초과하기 어렵고 따라서 궁극적으로는 광 가입자 액세스

스 망으로 발전하여야 할 것이다.

광케이블에 의한 가입자 액세스 망의 구성은 투자비면에서 볼 때 40~50% 이상의 많은 비용이 소요되는 부분으로 이 분야의 최적화는 광대역 종합정보통신망 구축의 핵심 분야이다. 따라서 전진 각국에서는 이에 대한 연구를 활발히 진행하고 있다.

가입자 액세스 망의 최종 목표는 가능한 현재와 미래의 모든 서비스를 통합할 수 있는 기반이 되는 것이다. 따라서 향후의 가입자 액세스 망은 협대역 통신 서비스를 기본 서비스로 제공하고 비디오 방송이나 대화형 비디오 서비스를 부가적으로 제공할 수 있는 능력을 지원해야 한다. 왜냐하면 비디오 서비스만을 지원하는 전용망은 경쟁력이 없기 때문이다. 그러나 방송형과 교환형 서비스의 이질적 속성으로 인해 ATM의 통합 능력에도 불구하고 전체 통신망을 기형적인 형상으로 발전시킬 가능성이 있다. 따라서 서비스 통합의 역할 중 많은 전송 망 구조 전체에 미칠 파급을 최소화하기 위하여 많은 부분을 가입자와 가까운 액세스 노드에서 담당하게 될 것이다. 미국의 HDT, 유럽의 OLT, 일본의 SLT와 같이 국내에서도 통신망 환경에 적합한 액세스 노드의 제안이 필요하다. 특히, 향후의 가입자 액세스 망이 가져야 할 핵심적인 요구 조건으로 유연성이 대두됨에 따라 ATM을 수용하는 시도는 자연스럽게 받아들여지게 될 것이



(그림 4.4) 비관적인 경우의 초기 설치 비용
(Fig 4.4) First Installation cost of Pessimistic case

다. 단기적으로는 ATM의 도입이 가격 경쟁력 측면에서 약해 보이지만 ATM의 서비스 능력을 최대한 활용할 수 있는 다양한 응용과 경제성이 있기 때문에 수년 내 업무용 가입자 뿐만 아니라 주거용 가입자 단말까지 종단간 ATM을 이용하는 사례가 보편화 될 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 가장 보편적으로 이용될 수 있는 이중 성형 구조의 광가입자 액세스 망에 대하여 경제성을 비교 분석하였다. 이를 위해 먼저 경제성 비교 인자를 추출하였다. 비교인자로는 투자비, 유지보수비, 내용년수 및 잔존가 등 광가입자 액세스 망을 구축하기 위해 소요되는 여러가지 인자들이 있다. 이 인자들을 이용하여 정적 비교 분석법을 통해 HFC, ATM-PON 그리고 Super PON 구조에 대해서 소요 비용을 산출하였다. 분석 결과 ATM-POM 구조가 가장 경제적인 구조로 판명되었다.

참고 문헌

- [1] ATM-FORUM, RBB/NAMAC, Feb. 1996.
- [2] 한국전자통신연구소, 광대역 가입자 액세스망 구성기술 연구, pp.71-114, DEC, 1992.
- [3] 한국통신 시스템개발센터, 광가입자 전송시스템 기술개발, pp.101-133, DEC, 1994.
- [4] 한국전자통신연구소, 광대역 가입자 액세스 망 유형 분석, 전자통신동향분석, 제36호, pp.20-32, APR, 1993.
- [5] ITU-T Recommendation G.902 Framework Recommendation on functional access networks(AN) : Architecture and functions, access type, management and service node aspects.
- [6] DAVIC, DAVIC 1.0 Specification(Revision 5.0), 1995. 12.
- [7] K. W. Lu, M. I. Eiger, and H. L. Lemberg, System and Cost Analyses of Broad-Band Fiber Loop Architectures, IEEE JSAC, Vol. 8, No.6, pp. 1058-1067, Aug. 1990.
- [8] 이정태, 광대역 B-NT2의 구성 방식 연구 한국전자통신연구소 최종연구 보고서, pp.126-139, FEB, 1992.
- [9] B.T. Olsen, D. Myhre, L.A Ims, Broadband

access alternative in the business dominated area, a techno-economics study, Proceedings of WOMAN(Workshop on Optical Multiservice Access Networks), Sept. 1996.

- [10] J. Mononen, M. Lahteenoja, Broadband access alternative in the Residential Dominated Area, a techno-economics study, Proceedings of WOMA (Workshop on Optical Multiservice Access Networks), Setp. 1996.

부록 각 방식의 입력 자료 표

항목	장치명	단가	잔존가	유지보수비	설치비율	수용용량	내용년수	
Central Office	PSTN/SDN switch	낙관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
	ATM switch	낙관 20%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
	HDT	낙관 20%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	4,000	0	10	6.5	6,000	15
	SDH Ring	낙관 20%	300	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	300	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	300	0	10	6.5	6,000	15
O/E	낙관 20%	30	0	10	6.5	64	15	
	낙관 50%	30	0	10	6.5	32	15	
	낙관 80%	30	0	10	6.5	16	15	
	비관 20%	30	0	10	6.5	32	15	
	비관 50%	30	0	10	6.5	16	15	
	비관 80%	30	0	10	6.5	16	15	
Remote Node	광전노드(O/E)	낙관 20%	30	0	10	6.5	64	15
		낙관 50%	30	0	10	6.5	32	15
		낙관 80%	30	0	10	6.5	16	15
		비관 20%	30	0	10	6.5	32	15
		비관 50%	30	0	10	6.5	16	15
		비관 80%	30	0	10	6.5	16	15
	중복기	낙관 20%	10	0	10	6.5	64	15
		낙관 50%	10	0	10	6.5	32	15
		낙관 80%	10	0	10	6.5	16	15
		비관 20%	10	0	10	6.5	32	15
		비관 50%	10	0	10	6.5	16	15
		비관 80%	10	0	10	6.5	16	15
Subscriber Interface	Transmitter/Receiver	낙관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15
Cable	Feeder Cable	낙관 20%	500	0	5	15	6,000	20
		낙관 50%	500	0	5	15	6,000	20
		낙관 80%	500	0	5	15	6,000	20
		비관 20%	500	0	5	15	6,000	20
		비관 50%	500	0	5	15	6,000	20
		비관 80%	500	0	5	15	6,000	20
	Distribution Cable	낙관 20%	50	0	5	15	6,000	20
		낙관 50%	50	0	5	15	6,000	20
		낙관 80%	50	0	5	15	6,000	20
		비관 20%	50	0	5	15	6,000	20
		비관 50%	50	0	5	15	6,000	20
		비관 80%	50	0	5	15	6,000	20

(a) HFC 방식의 입력 자료표

항목	장치명	단가	잔존 가용	유지보 수 비율	설치 비율	수용 용량	내용 년수	
Central Office	PSTN/ISDN switch	낙관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
	ATM switch	낙관 20%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
	ADM	낙관 20%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	1,000	0	10	6.5	6,000	15
	SDH Ring	낙관 20%	300	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	300	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	300	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	300	0	10	6.5	6,000	15
AOLT	낙관 20%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
	낙관 50%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
	낙관 80%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
	비관 20%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
	비관 50%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
	비관 80%	1,500	0	10	6.5	6,000	15	
Remote Node	Power Splitter	낙관 20%	10	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	10	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	10	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	10	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	10	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	10	0	10	6.5	6,000	15
	O/E	낙관 20%	30	0	10	6.5	64	15
		낙관 50%	30	0	10	6.5	32	15
		낙관 80%	30	0	10	6.5	16	15
		비관 20%	30	0	10	6.5	64	15
		비관 50%	30	0	10	6.5	32	15
		비관 80%	30	0	10	6.5	16	15
Subscriber Interface	Transmitter/Receiver	낙관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15
Cable	Feeder Cable	낙관 20%	1,000	0	5	15	6,000	20
		낙관 50%	1,000	0	5	15	6,000	20
		낙관 80%	1,000	0	5	15	6,000	20
		비관 20%	1,000	0	5	15	6,000	20
		비관 50%	1,000	0	5	15	6,000	20
		비관 80%	1,000	0	5	15	6,000	20
	Distribution Cable	낙관 20%	25	0	5	15	6,000	20
		낙관 50%	25	0	5	15	6,000	20
		낙관 80%	25	0	5	15	6,000	20
		비관 20%	25	0	5	15	6,000	20
		비관 50%	25	0	5	15	6,000	20
		비관 80%	25	0	5	15	6,000	20

(b) ATM-PON 방식의 입력

항목	장치명	단가	잔존 가용	유지보 수 비율	설치 비율	수용 용량	내용 년수	
Central Office	PSTN/ISDN switch	낙관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	24,000	0	10	6.5	6,000	15
	ATM switch	낙관 20%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 50%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		낙관 80%	90,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 20%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 50%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
		비관 80%	70,000	0	10	6.5	6,000	15
	O/E	낙관 20%	30	0	10	6.5	64	15
		낙관 50%	30	0	10	6.5	32	15
		낙관 80%	30	0	10	6.5	16	15

항목	장치명	단가	잔존 가용	유지보 수 비율	설치 비율	수용 용량	내용 년수		
								비관 20%	비관 50%
Remote Node	Power Splitter	낙관 20%	10	0	10	6.5	6,000	15	
		낙관 50%	10	0	10	6.5	6,000	15	
		낙관 80%	10	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 20%	10	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 50%	10	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 80%	10	0	10	6.5	6,000	15	
	OFA	낙관 20%	30	0	10	6.5	64	15	
		낙관 50%	30	0	10	6.5	32	15	
		낙관 80%	30	0	10	6.5	16	15	
		비관 20%	30	0	10	6.5	64	15	
		비관 50%	30	0	10	6.5	32	15	
		비관 80%	30	0	10	6.5	16	15	
Subscriber Interface	Transmitter/Receiver	낙관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15	
		낙관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15	
		낙관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 20%	800	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 50%	800	0	10	6.5	6,000	15	
		비관 80%	800	0	10	6.5	6,000	15	
	Cable	Feeder Cable	낙관 20%	1,500	0	5	15	6,000	20
			낙관 50%	1,500	0	5	15	6,000	20
			낙관 80%	1,500	0	5	15	6,000	20
		Distribution Cable	낙관 20%	0	0	5	15	6,000	20
			낙관 50%	0	0	5	15	6,000	20
			낙관 80%	0	0	5	15	6,000	20

(c) SuperPON 방식의 입력

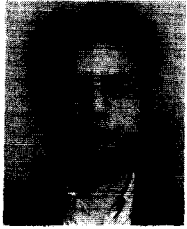


장 증 옥

- 1987년 2월 부산대학교 계산통계학과(이학사)
- 1991년 2월 충남대학교 계산통계학과(이학석사)
- 1995년 2월 부산대학교 컴퓨터공학과(공학박사)
- 1987년 2월~1995년 1월 한국전

자통신연구원 연구원

1995년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터공학과 조교수
관심분야: 고속통신 프로토콜, 가입자 액세스망 구조



이 계 상

1979년 2월 서울대학교 공과대학 자원공학과 졸업(공학사)
 1981년 2월 서울대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
 1997년 2월 한국과학기술원(KA-

IST) 전기 및 전자공학과 졸업(공학박사)
 1982년 3월~현재 한국전자통신연구원
 관심분야: 고속통신망 구조 및 프로토콜, 정보통신 표준화, ATM 트래픽제어, 차세대 인터넷 서비스 모델, 가입자 액세스망 구조



이 정 태

1976년 2월 부산대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
 1983년 8월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학석사)
 1989년 2월 서울대학교 컴퓨터공학과(공학박사)

1977년 3월~1977년 12월 한국과학기술연구소 연구원
 1978년 12월~1985년 2월 한국전자통신연구원 선임 연구원
 1979년 3월~1988년 2월 동아대학교 컴퓨터공학과 조교수
 1980년 3월~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 정교수
 관심분야: 고속 프로토콜, 가입자 액세스망 구조, ATM