
초고속 망 구축을 위한 최적 망모형 분석 연구

전찬욱* · 고남영**

Analysis of the optimum model for constructing superhigh network

Chan-wook Jeon* · Nam-young Ko**

이 논문은 2002년도 군산대학교 두뇌한국 21 사업에 의하여 일부 지원되었음

요 약

본 연구에서는 앞으로 전개될 광대역 멀티미디어 서비스위주의 광대역 초고속 정보통신망 구축에 가장 핵심적인 사항인 광가입자망 구성에 있어서 가입자망을 경제적이며, 지역특성에 맞는 최적광가입자망을 구축하기 위한 망의 구성방안을 제시하고자 한다. 최적의 초고속 가입자망 구축을 위해 격자모형에서 성형과 링형을 노드당 비용측면과, 전송거리에 따라 다양한 환경에서 측정, 비교·분석하여 최적의 초고속망 구축 방안을 제시하였다.

ABSTRACT

In this study, we suggest structural plans for constructing local network economically and optimal broad local network coincided with regional characteristics in building broad local network - the most important factor in constructing broadband superspeed service digital network giving the consideration to broadband multimedia service unfolded in the future. For the purpose of constructing optimal superspeed local network, we made comparative study of the topology types of star and ring in various conditions from a economical point of view per node and with the transmission distance.

1. 서 론

21세기 정보화사회는 초고속 광케이블 망과 ATM 기술의 개발로 다양한 광대역 서비스를 제공하기 위한 인프라망 구축과 다양한 응용서비스의 개발로 국가경쟁력을 확보하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 따라서 기존의 전화위주의 공중통신서비스는 멀티미디어 기술의 급격한 발달에 따라 다양한 멀티미디어 공중통신서비스로의 전환이 요구되고 있으며, 이러한 서비스의 특징은 수 Mbps의 대역폭이 필요하며 실시간 전달, 낮은 손실율 등 복잡하고 고품질의 서비스 품질을 통신망에 요구하고 서비스 제어절차도 기존의 단순 호 처리에서 미디어별로 동적인

연결을 요구하는 등 고난도의 통신망 제어기술을 필요로 하고 있다.

이와 같은 다양한 서비스를 단일 통신망에서 제공하기 위하여 통합 서비스 망의 필요성이 제기되었으며 ATM과 같은 초고속 정보통신망의 구축을 통하여 가입자망에서의 서비스 통합뿐만 아니라 교환망, 전송망을 포함한 통신망 전체구조의 혁신을 통한 서비스 통합망의 완성이 진행되고 있다.

그러나 이러한 초고속 통신망의 구축에 있어서 가장 많은 투자를 요구하는 부분이 가입자망의 광대역화이다. 가입자망 계획 그 자체가 최소 10~15년을 유지해야 하는 장기사업이고 그 기간 내에 사용자 요구사항이 어떻게 변화할지를 예측하는 일이 대단

*군산대학교 공과대학원 전자정보공학부 석사

**군산대학교 공과대학 전자정보공학부 교수

히 불확실하기 때문에 가입자망 진화전략은 제공할 서비스와 제공시기에 따라 적용하기에 용이하도록 구조화되고 시스템화되어야 하며, 다양하게 전개될 액세스방식에 개방적이어야 하고, 무엇보다도 경제적 구축이 가능해야 한다.

따라서 장치개발적 측면과 더불어 무엇보다 중요한 요소가 가입자망을 어떠한 형태로 구성할 것인가 하는 문제성 제기이다. 가입자망의 투자비용이 전체 통신망 비용의 40~50%에 이르고 서비스가 광대역화 될 수록 가입자망의 투자비용은 급격히 증가하게 되므로 초고속 가입자망을 어떻게 효율적으로 구성하는가에 따라 광대역 정보통신망 구축의 성패가 좌우된다고 해도 과언이 아닐 것이다.

본 논문에서는 가입자망의 구성방식을 조사한 다음, 각 구성방식을 분석한 후, 문제제기와 경제성 비교방식을 통하여 최적가입자망을 추출하고자 하였다.

II. 초고속 망 구성

가입자망이란 가입자에게 서비스를 제공하기 위해 가입자와 네트워크를 연결하는 통신구간을 의미한다. 음성 가입자망으로 대표되는 전통적인 가입자망은 가입자 회선을 국사내의 주분배반(Main Distribution Facility)을 통해 국사 외부의 각종 관로 및 선로 시설에 연결되며, 최종적으로 가입자의 단말기에 연결된 구조를 갖는다.

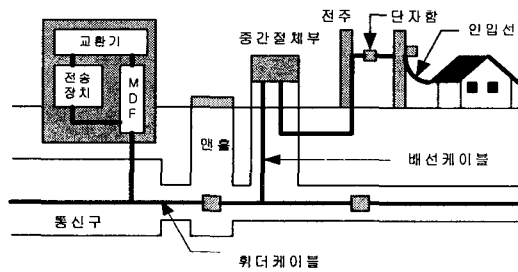


그림 1. 가입자망의 구성

가입자망은 그림 1에서와 같이 휘더(Feeder)부분과 배선(Distribution)부분으로 구분되는데, 이러한 가입자망에는 동선인 Twisted pair 케이블이 사용되고 있으며 동선의 높은 전송손실로 인하여 가입자 구간의 거

리가 극히 제한된다. 국내 평균 가입자선로 길이는 약 2.2km이며, 이는 일본의 1.7km, 영국의 2km보다는 약간 길며 미국의 3.6km 보다는 훨씬 짧다.

초고속 가입자망이란 기존 가입자망은 주선로 매체인 동선의 높은 손실과 제한된 대역폭으로 인하여 다가올 초고속 정보통신 서비스 시대에 적절히 대처할 수 없다는 사실에서 출발하여, 선로 매체로 수 Gbps이상의 전송 용량을 갖는 광섬유를 이용하는 새로운 형태의 가입자망이다.

초고속 가입자망도 크게 휘더부분과 배선부분으로 나눌 수 있다. 휘더부분이란 단교환기로부터 원격 노드(RT)까지의 연결부분이고 배선부분이란 원격 노드(Nod)에서 각 가입자까지의 연결부분이다. 휘더부분은 광케이블의 효율적 이용을 위하여 여러 가입자가 공유하는 형태의 구조를 갖는 것이 일반적이며 현재 국내에서 추진하고 있는 FTTO 단계의 광케이블 공급이 여기에 해당된다.

1. 초고속 가입자망 구성

현재의 음성통신을 위한 전화 선로로는 수십 Mbps에 이르는 광대역 서비스를 제공할 수 없기 때문에 가입자망의 광대역화는 필수적이다. 또한 전체 통신망 구축비용 가운데 가입자망의 구축비용이 50% 이상에 달하기 때문에 이에 대한 체계적이고 경제적인 진화계획의 수립이 매우 중요하다.

ITU-T의 B-ISDN 참조모델에 따르면 그림 2와 같이 광대역 가입자망은 액세스망과 가입자내망으로 구성되며, 액세스망은 다시 Access Node(AN), B-NT2 등으로, 가입자 구내망은 B-NT1, B-TA, B-TE 등으로 구성된다. 그러나 이것은 극히 복잡한 가입자망을 기능상으로만 분류하였기 때문에 실제 구성은 설치된 물리 매체에 따라 매우 복잡한 양상을 갖는다.

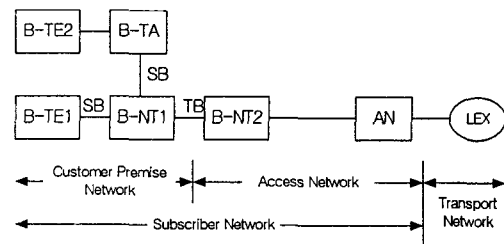


그림 2. 광대역 가입자망의 구성 요소

본 논문에서는 초고속 가입자망을 구축하기 위하여 이들에 의하여 시도되고 있는 다양한 방식들을 살펴보고, 이들의 장단점들을 비교하여 이를 기반으로 최적의 초고속 통신망 모형을 도출하고자 하였다.

III. 최적의 초고속 망 구축방안

1. 망의 비용분석

최적의 초고속 가입자망은 그림 3과 같이 우선망의 기본 분석모형을 설정하고, 시뮬레이션을 통해 검증함으로써 해석할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 망 구성에 따른 회선용량, 노드간의 선로거리, 노드수 등에 따른 비용(cost)을 비교하여 가장 경제적인 초고속 가입자망 구조를 선정하는 것이다.

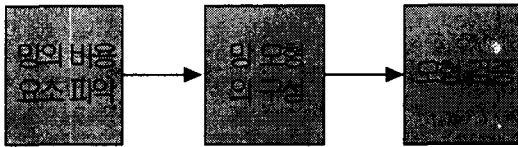


그림 3. 모형의 경제성 분석

비용은 크게 투자비용(Investment Cost)과 보수비용(maintenance Cost)으로 구분할 수 있으며, 투자비용은 통신시스템의 설치를 위해 소요되는 비용이며, 보수비용은 통신시스템의 기능 유지를 위해 소요되는 비용이다. 비용은 비용함수에 의해 설명되는데, 비용함수란 2개 이상의 변수간의 관계라 할 수 있다. 비용함수는 일상적으로 역사적 비용자료를 기초로 아래의 식 과 같이 나타낼 수 있다.

$$Y = A + B * X$$

위 식에서 Y는 비용의 종속변수에 대한 계산치, A는 상수(constant)의 추정치, B는 계수(coefficient)의 추정치이다. X는 종속변수에 영향을 주는 독립변수이다. 가령 통신설비를 10,000회선 시설하는 경우, 총비용은 종속변수이며 시설수는 독립변수로 작용할 수 있다.

초고속 가입자망에서 시설별 비용추정은 비용이 고정요인과 변동요인을 독립변수로 하는 식의 형태

로 분석된다. 따라서 A는 고정요인, B는 변동요인이 되며 변동요인으로 회선수를 설정할 수 있다.

통신망에서 전송시설과 관련된 비용은 node의 위치, 각 node간의 전송수요, 전송장비의 가격의 함수로 결정된다. 전송장비의 가격은 전송회선의 길이와 회선용량의 함수로 나타나게 된다. 전송시설에 관련된 비용은 전송로 양측의 시스템에 따라 다르게 계산되어야 하는데, 이는 동일한 광케이블을 사용한다 해도 시스템에 따라 다른 장비로 구성하여 설치되기 때문이다. 이 경우에도 비용함수는 전송시스템 설치의 고정비와 전송단위당 발생하는 변동비의 형태로 표현할 수 있다.

$$\text{總費用} = \text{傳送시스템의 固定費} + \text{傳送裝置堂費用} \times \text{傳送裝置數}$$

초고속 가입자망은 크게 광선로와 광전송장치로 나누어 생각할 수 있으므로, 광선로의 비용은 초고속 가입자망의 경로(path)를 구축하는데 소요되는 비용으로서 광선로 길이의 함수로 나타내며, 광전송장치의 비용은 초고속 가입자망의 노드(node)를 구축하는데 소요되는 비용으로서, 회선용량의 함수로 나타낼 수 있다. 따라서 본 고에서는 초고속 가입자망의 구성을 위해 투자비용만 고려하며 그 비용은 광선로 비용과 광전송장치 비용의 합으로 나타낼 수 있다. 표 1은 초고속 가입자망의 비용요소이며, 표 2는 요소별 물자비의 추정식을 나타낸다. 비용의 적용에서 FTTO설비를 기준으로 비용을 추정하였다.

표 1. 초고속 가입자망 비용요소

구분	비 용	요 소	
광선로	물자비	Cable시설	광케이블, 접속함체, 기타
		토목시설	관로, 인수공등
	공사비	물자비의 약 10% 추정	
광전송장치	물자비	전송장치 및 부대시설	
	공사비	물자비의 약 10% 추정	

표 2. 물자비 추정

물 자 비	변 동 비 용 추 정
광케이블	$\Sigma(\text{core별 총길이} \times \text{core별 단가})$
접속함체	총개수 \times 단가
COT 장비	시스템수 \times 시스템당 가격
RT 장비	$\Sigma(\text{가입자측 RT수} \times \text{시스템당 가격})$
부대시설	$\Sigma(\text{총개수} \times \text{단가})$

2. 모형의 가정

초고속 가입자망은 대체로 성형, 링형, 선형 구조로 구분할 수 있다. 선형망은 링형망으로 용이하게 변형시킬 수 있으므로, 성형망과 링형망에 대해서만 고찰한다. 본 논문은 망의 경제성을 분석하기 위하여 망의 기본모형은 격자모형을 모형화하여, 다음과 같은 기본 가정을 전제로 한다.

- 선로 길이는 가입자당 광선로의 평균거리로 계산한다.
- 광선로 구성시 기존의 관로망을 이용한다. 일반적으로 관로와 인수공은 도로 유관공사에 의해 사전에 설치할 수 있다.
- 따라서 광선로 물자비 중에서 토목시설비용은 분석의 대상에서 제외한다.
- 소요되는 광전송장치의 가격을 P(S)라 가정한다. (S는 전송속도)
- 회선당 소요비용은 디지털 전송의 환경에서 트래픽에 관계없이 DS3(T3)단위로 일정한 경우를 가정한다.

3. 광선로의 모형 분석과 비용 산출

가. 격자 모형

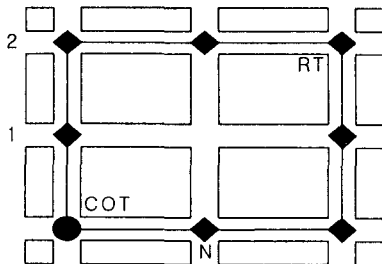


그림 4. 격자모형(N=7)

위의 격자모형은 분석 대상지역이 도로구획 정리가 잘 되어 있는 지역으로 전화국을 중심으로 간선 도로를 따라 순환되는 루프배선법 형태에 적합하다. 그림 4에서 COT를 포함한 N개의 RT 사이의 광선로의 평균거리는 L만큼 일정한 거리로 설치된다고 가정한다. 모형에 설치되는 광케이블의 Core수는 RT의 수요에 따라 결정되며, RT의 수요는 노드당 수용하는 가입자의 수요에 의존한다. 따라서 RT당 수용되는 가입자의 수와 광선로의 길이를 고려하여 산출한다.

○ 성형망 구조

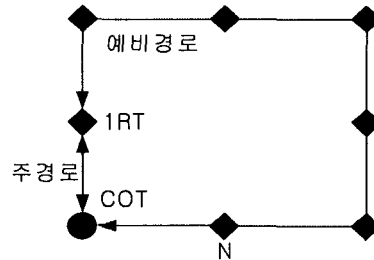


그림 5. 격자모형(성형망)

그림 5에서는 COT와 1번 RT 사이의 주경로와 예비경로를 나타낸 것으로, 두 경로의 방향은 서로 반대방향으로 설정한다. 망의 전체 광선로의 길이는 표 3과 같이 나타낼 수 있다.

표 3. 격자모형의 광선로 비용산출

망구조	주 경로	(주+예비)경로
성형망	$(N+1)(N+1) \times L/2$ (N odd)	$N(N+1) \times 2L$
	$N(N+2) \times L/2$ (N even)	
링형망	$(N+1) \times L$	$(N+1) \times 2L$

○ 링형망 구조

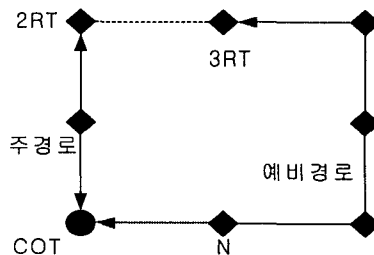


그림 6. 격자모형(링형망)

그림 6은 U-SHR의 COT와 RT사이의 경로를 나타낸 것으로, 각 전송장치에는 ADM장치가 설치되어야 한다. 망에서 주트래픽은 시계방향, 예비트래픽은 반시계 방향이 된다. 그림과 같이 2번 RT와 3번 RT간의 시계방향의 경로가 장애시 트래픽은 반시계 방향으로 전달된다.

나. 광전송장치의 구성과 비용산출

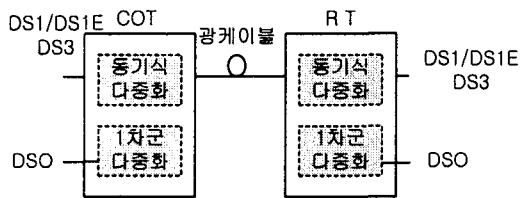


그림 7. FLC-B 시스템의 기본 구성

FTTO 설비를 기준으로 FLC-B 광 전송시스템의 기본구조는 그림 7과 같이 나타내고, 구성요소는 표 4와 같다. 광전송장치 비용은 전송속도와 기술 발달, 시설 공급량 등에 의해 결정되며, 실제 전송장치의 가격은 장치의 기능(TER, ADM)에 따라 차이가 있다. 따라서 광전송장치의 기능별 전송속도에 의한 비용만 고려하여 망구성별로 소요되는 전송장치의 비용을 추정, 산출할 수 있다.

표 4. FLC-B 시스템의 구성요소

Topology	COT		RT		Remark
	OTRU	DS-3	OTRU	DS-3	
P-T-P	1(1)	3(3)	1(1)	3(3)	TER
Ring	2	3(3)	2	need	ADM

RT에 수용되는 회선용량에 의한 전송속도가 S이고, 전송장치의 가격을 P(S)라 하면, 망구성별 광전송장치의 소요비용은 표 5와 같다.

표 5. 광전송장치의 비용산출

망구성	기본구성	비고
성형(접대점)	2N×P(S)	Protection
링형	N×P(S)+P(NS)	Bidirection

IV. 시뮬레이션 및 고찰

본 논문에서는 링형(Ring)과 성형(Star)의 동일한 조건하에서 분석을 하기 위해, 링형에서 각 RT의 분기/결합되는 회선의 크기와 성형 RT에서 회선의 크기를 1DS3로 설정하였다.

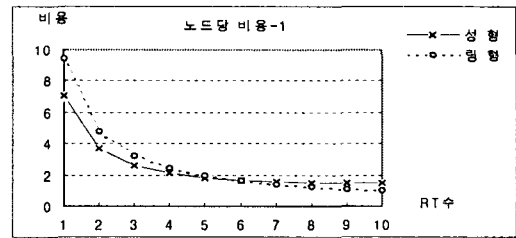


그림. 8

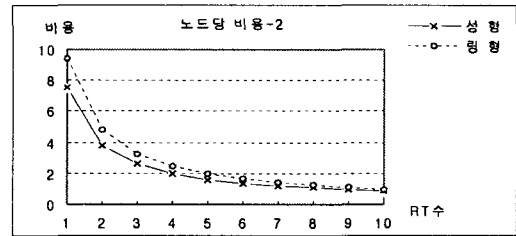


그림. 9

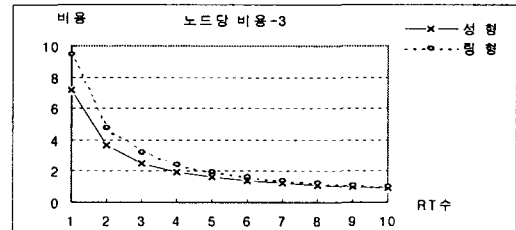


그림. 10

그림 8~10은 망 모형의 노드당 비용을 나타내었다. 격자모형에서 RT수 ≥ 6인 경우 링형이 경제적으로 유리함을 알 수 있고, RT수 < 6이면 성형이 경제적으로 유리하다.

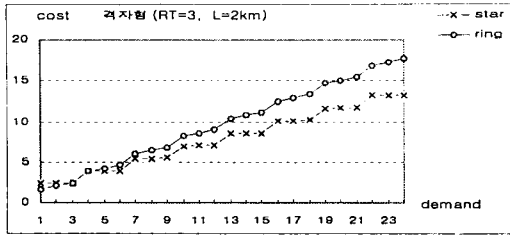


그림. 11

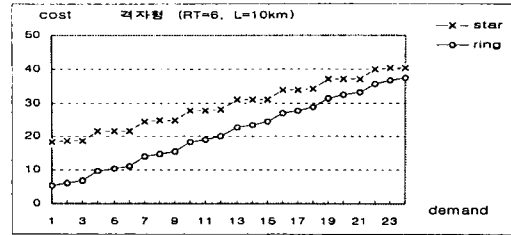


그림. 16

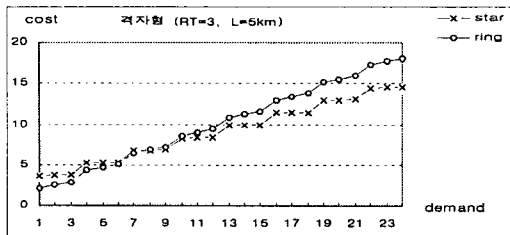


그림. 12

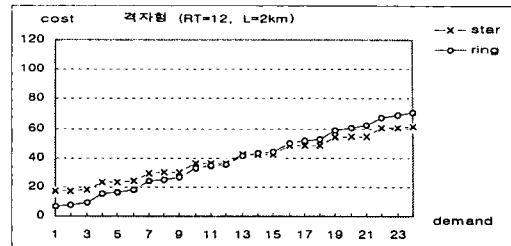


그림. 17

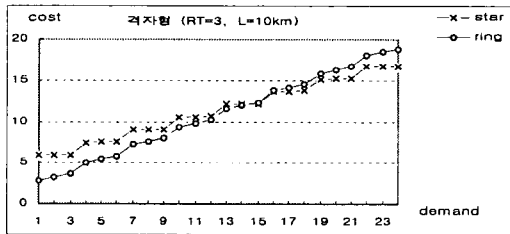


그림. 13

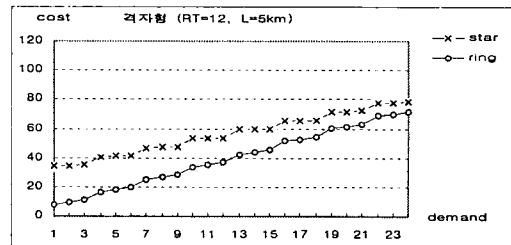


그림. 18

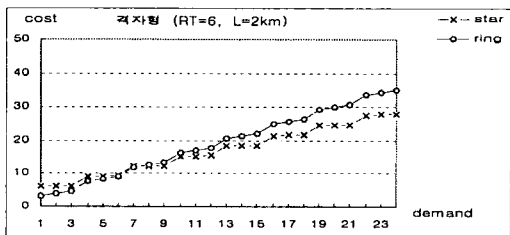


그림. 14

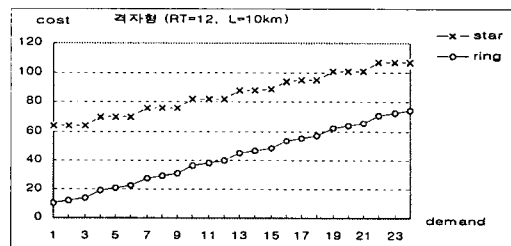


그림. 19

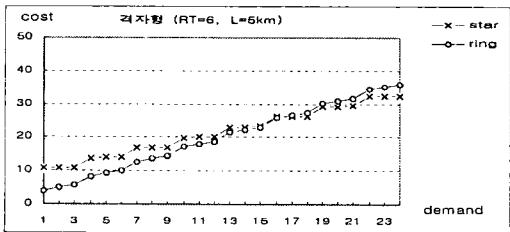


그림. 15

그림 11~19는 수요수(Demand, DS3 기준)에 대한 비용을 거리별로 산출, 비교하였다. 또한 망구축 비용을 RT수(3,6,12개)와 거리별(2,5,10km)요소를 변화시켜가면서 측정, 평가하였으며, 비용측면에서 성형과 링형 중 어느 것이 망구축에 유리한지를 비교, 분석하였다.

RT수가 일정할 때 평균 전송거리에 비례하여 비용이 증가하지만 성형이 망형보다 전송거리의 영향이 많음을 나타낸다. 또한 전송수요(DS3 단위)가 증가할수록 성형에 비해 링형의 비용이 증가 비율이 크다는 것을 나타낸다. 한편 전송거리가 일정할 때 RT수에 비례한 비용의 증가 비율은 링형이 성형보다 크다는 것을 알 수 있다.

본 연구에서 격자형 모형에서는 선로거리가 증가함에 따라 성형은 증가하지만 링형은 거의 일정하다. 이 경우 지역별로 관계없이 링형이 경제적으로 최적의 망을 구축할 수 있다.

V. 결 론

본 연구에서는 광가입자망의 가입자망의 구성방식을 조사한 다음, 각 구성방식을 분석한 후 경제성 비교방식을 통하여 최적가입자망을 추출하고자 하였다.

따라서, 본 논문은 망의 경제성을 분석하기 위하여 망의 기본모형은 격자모형을 모형화하여, 기본 가정을 전제로 하여 최적의 초고속 가입자망 구축을 위해 세가지로 비교, 분석하였다. 먼저 노드당 소요 비용은 격자모형에서는 RT수 ≥ 6 이면 링형이 경제적으로 유리하다. 두 번째, 망비용은 전송거리에 따라 증가하는데, 성형이 망형보다 전송거리의 영향이 많으며, 수요 측면에서는 링형이 최적의 망구축에 유리하다. 그러나 전송거리가 일정한 경우, RT수에 비례하여 링형의 증가비율이 크다는 것이 결점이다. 마지막으로 초고속 가입자망을 설계하고자 할 때 광전송장치 비용보다 광선로의 구성형태가 영향을 많이 주게 됨을 알 수 있다. 따라서 광선로를 설계하는 경우, 루프배선법은 링형에서는 적합하지만 성형에서는 지수적인 증가 현상으로 부적합하므로 선로의 주변 환경여건을 고려하여 적절한 망모형을 선택해야 경제적인 최적의 초고속 가입자망을 구성할 수 있을 것이다.

향후 투자비용의 절감 및 효과적인 가입자망 구성을 위하여 가입자의 특성 파악 및 다양한 지형적 특성이 고려된 가입자망의 진화 전략 연구가 지속적으로 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 텔레콤, 액세스 망의 기술동향과 발전전망
- [2] 한국통신, "가입자선로 광케이블화 계획"
- [3] 이병기, 강민호, 이종희, "광대역 정보통신"
- [4] D.P.Reed, "Residential Fiber Optic Networks: An Engineering and Economic Analysis," Artech House
- [5] 텔레콤, "FTTC응용을 위한 FLC-C 시스템"
- [6] D.P.Malley, O.K, Tonguz, "Fiber in the Loop: Where and When is it Feasible?," IEEE JSAC

저자소개



전찬욱(Chan-Wook Jeon)
 2002년 2월 군산대학교 전파공학과 공학사
 2002년 2월~현재 군산대학교 전자정보 공학부 공학석사

※ 관심분야: 컴퓨터 네트워크, Unix system, 무선통신, 남북통신



고남영(Nam-Young Ko)
 1973년 2월 광운대학교 무선통신공학과 공학사
 1980년 2월 건국대학교 통신행정학 공학석사

1995년 2월 국민대학교 통신행정학 박사
 1996년 8월 Pacific Western Univ.-Communication (Ph.D Com_)
 1992년 7월~현재 군산대학교 전자정보공학부교수
 2001년 2월~현재 군산대학교 공과대학장
 ※ 관심분야: 무선통신, 통신정책, 남북통신