

# 광 가입자망의 설계와 경제성 분석에 관한 연구

정회원 최한규\*, 강안구\*, 유윤식\*\*, 문필주\*\*\*, 조규섭\*\*\*\*

## A Study on the Design and Cost Analysis of the Optical Access Network

Han-kyoo Choi\* An-goo Kang\* Yoon-sik Yoo\*\* Pil-joo Moon\*\*\* Kyu-seob Cho\*\*\*\*

Regular Members

### 요 약

가입자망에서 통신 이용량이 매우 빠른 속도로 증가되고 있다. 수동적인 광 네트워크로 구현되는 가입자망은 광 대역, 장거리 전송, 투명성의 특성을 갖는 네트워크로 설계할 수 있다. 특히 WDM과 WGR의 기술은 WDM-PON의 새로운 가입자망 구성을 가능하게 한다. 본 논문은 광 가입자망의 구성요소들을 결정하는 알고리즘을 제안하고 여러 구조들에 대한 비용을 분석하는 한편 생존성을 갖는 광 가입자망 구성 방안을 연구함으로써 경제적이고 신뢰성있는 국내 광가입자망 구축 방향을 제시하고자 한다. 분석 결과에 의하면 여러 광가입자 구성 중에서 다중 성형 구조가 가장 경제적인 구조로 분석되었다.

### ABSTRACT

Traffic is very rapidly increased in the access network. The implementation of passive optical network in the access network will result in design of the network that have characteristics of broadband, long distance transmission, transparency. Particularly, optical technologies of WDM and WGR have made a new access network of WDM-PON. This paper proposes the algorithm that determines structural elements of optical access network, and simulates the cost of various scheme of proposed network architectures. A study on the survivability of the optical access network results cost effective and reliable optical access network. Our simulations show that multistage star is the cost most effective scheme than the other architectures.

### 1. 서론

통신망은 고속·대용량의 통합된 정보를 전송하기 위한 기간망과 가입자 측의 정보를 기간망에 전달하기 위한 가입자망으로 계층화되어 구성된다. 가입자망의 통신 이용량은 기간망의 통신 이용량과 비교하여 상대적으로 적으나 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 수요가 증가함에 따라 가입자망에서의 대용량 통신 이용량이 요구되며 이를 만족시키기 위해 가입자 전송 분야에서의 근본적인 변화가 요구되고 있다. 음성대역 전송을 근간으로 하던 기존

의 가입자망으로 수~수십 Mbps의 대역폭을 요구하는 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하는 것은 불가능하다.

이러한 문제 해결을 위한 새로운 가입자망의 구성 형태로 여러가지 망 구조들이 제시되고 있다. 그러나 다양한 가입자 요구사항을 융통성 있게 충족시키기 위해서는 기간망에서 단말에 이르기까지 광 가입자망을 구성하는 것이 근본적인 해결책이 될 것이며, 기술 수준, 가입자의 형태, 지리적 조건, 서비스 품질, 경제성 등을 고려할 때 궁극적으로 광 전송 기술을 기반으로 하는 FTTC(Fiber to the Curb)를 거쳐

\* 주성대학(hkchoi@jsc.ac.kr)

\*\* 한국전자통신연구원

\*\*\* 평택대학교

\*\*\*\* 성균관대학교

논문번호 : 00486-1223, 접수일자 : 2000년 12월 23일

FTTH(Fiber to the Home) 형태로 발전될 것이다<sup>1-6)</sup>.

광 가입자망 구축을 위한 PON(Passive Optical Network)의 기본 구조는 하나의 OLT(Optical Line Termination)에 수동분배기를 설치하여 여러 개의 ONU(Optical Network Unit)를 연결한다. 이 구조는 전/광(electro/ optic) 신호의 변환 없이 여러 가입자간 신호를 결합·다중화하여 고속 기간망에 전달할 수 있다.

ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 표준 전송 모드로 사용하는 B-ISDN에서 PON은 ATM 셀들을 수용하는 전송 구조인 APON(ATM over PON) 형태로 구성되며 이에 대한 연구가 활발히 진행중이다<sup>11-6)</sup>.

최근 들어 폭주하고 있는 통신 이용량 추세를 고려하면 현재의 155 Mb/s 또는 622Mb/s APON 상향 채널로는 가입자망 대역 용량의 고갈이 예상된다. 따라서 광 전송 채널의 용량을 증대시키기 위하여 APON은 파장 분할 다중화(WDM:Wave-length Division Multiplexing) 기법을 도입한 확장 채널 구조로 진행될 것이다. 광 가입자망의 궁극적 목표인 WDM-PON은 상/하향 각각 311Mb/s, 2.5 Gb/s 속도를 가지는 여러 개의 독립된 파장 채널을 제공함으로써 다수의 가입자에게 대용량의 정보 전송 서비스를 제공할 수 있다<sup>18-9)</sup>.

일반적으로 통신망은 어떠한 경우에도 연속성이 있는 서비스를 보장하고 경제성과 생존력이 있도록 설계되어야 한다. 통신망의 생존성은 망이 어떻게 설계되고 운영되는지의 주요 요소가 된다.

음성대역 전송을 근간으로 하던 기존의 가입자망에서 발생하는 장애는 심각한 서비스 장애를 주지 않았으나 다수의 가입자에게 대용량 고속 서비스를 제공하는 향후 가입자망의 장애는 매우 심각한 서비스 장애를 초래할 것이다. 따라서 다수의 가입자에게 대용량의 정보 전송 서비스를 제공하는 WDM-PON이 생존성을 갖는 것은 필수적이다. 이에 따라 WDM-PON을 구축하기 전에 가입자망의 생존성이 반드시 선행되어야 할 연구 분야이다.

그동안 기간망의 생존성에 대하여 많은 연구가 진행되어 왔으나, 광 가입자망의 생존성에 대한 연구는 거의 이루어지지 않고 있다. 본 논문에서는 광 가입자망의 생존성과 광 가입자망의 경제성 분석을 고려한 광 가입자망 구성 방안을 연구함으로써 경제적이고 신뢰성이 있는 국내 광가입자망 구축 방향을 제시하고자 한다. 본 논문의 II장에서 WDM-PON의 구성에 대하여 고찰하였고, III장에서 광 가

입자망 구조 설계 알고리즘을 제안하였으며, IV장에서 제안 알고리즘에 의해 설계된 광가입자망에 대하여 경제성을 분석한 후 V장에서 최종 결론을 맺었다.

## II. WDM-PON의 구성

현재 광 기술은 광 신호를 전달하는 단순한 기술 외에 증폭, 라우팅, 다중화 등으로 발전하고 있다. 이를 활용하여 기존 PON에 새로운 광 기술을 접목함으로써 보다 효율적이고 강력한 광 가입자망 구성이 가능할 것이다.

완전히 수동적인 광 네트워크로 구현되는 WDM-PON은 광대역, 장거리 전송, 무손실, 투명성있는 가입자망으로 구성될 것이다.

WDM-PON의 RN(Remote Node)은 다중화된 WDM 신호의 파장을 분리하여 여러 가입자에게 개별 파장을 제공한다. 이때 각 가입자에게 해당 파장을 할당하기 위하여 라우팅 기능이 수행되게 된다.

이를 위하여 사용하는 광 소자는 평탄한 이득을 통하여 감쇠된 광 신호를 라우팅하는 WGR(Wavelength Grating Router)이며 현재 64 x 64 WGR이 개발되어 있다. 기존 PON의 TDM 방식과 WGR을 이용한 WDM 방식을 비교하면 그림 1과 같다.

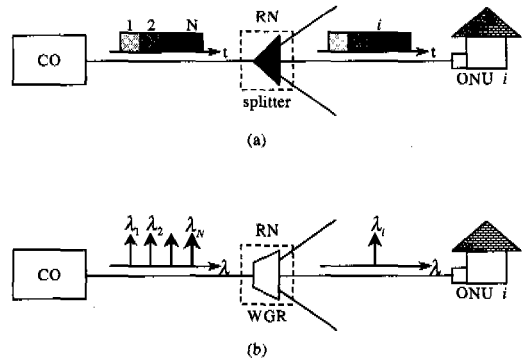


그림 1. TDM-PON과 WDM-PON의 비교  
(a) TDM-PON 방식 (b) WDM-PON 방식

일반적으로 잘 알려진 WDM-PON은 현재 AT&T에서 제안한 구조로 RITE-Net와 LAR-Net가 있다. LAR-Net는 가입자에게 하나의 광 케이블을 제공하여 하향 스트림은 1550nm, 상향 스트림은 1300nm를 사용한다. RITE-Net는 가입자에게 두 개의 광 케이블을 제공하여 각 케이블이 각 다른 방향의 파장을 전달한다.

WDM-PON의 주요 구성 요소로는 광 전달 체계, 파장 할당, 광 증폭기 등이 있다.

○ 광 전달 체계(optical transport system)

광 네트워크에서 적용되는 광 계층(optical layer)의 물리 계층과 전송 수렴 계층을 확장하여 적용하면 622M/155Mbps에서 2.5G/311Mbps까지 가능하다.

○ 파장 할당(Wavelength Allocation)

네트워크의 토폴로지에 따라 사용되는 파장이 정해지며, OLT에서 각 가입자에게 전달하는 파장을 할당한다. 가입자는 RN의 WGR에서 자신의 파장을 라우팅한다. WGR의 입력파장에 대한 출력파장은 크기 M과 파장의 조합 크기 C(coarseness)에 따라 그림 2와 같이 라우팅된다.

○ 광 증폭기(Optical Amplifier)

단 방향 또는 양 방향의 광 신호에 따라 증폭기의 역할이 정해진다. 광 증폭기는 최대 평탄 이득 증폭을 할 수 있는 채널 수에 따라 증폭기의 성능이 좌우된다.

Ⅲ. 광 가입자망 구조 설계 알고리즘

1. 광 가입자망의 구성 형태

본 장에서는 WDM을 이용하는 WDM-PON 가입자망의 설계 알고리즘을 산출하기 위하여 구성 가능한 여러 형태를 분석하고자 한다.

광 가입자망은 기존의 가입자망이 진화·발전된 가입자망으로 장거리 가입자를 연결하기 위하여 분배 기능의 망 장비가 필요하다. WDM-PON에서는 OLT와 ONU사이를 연결하기 위한 완전 광 소자가 요구된다. 이 광 소자는 가입자에게 전달될 파장을 각각의 가입자에게 전달하여야 한다. 본 연구에서는 이와 같은 기능을 수행하는 광 소자로 WGR (그림 2)을 사용하여 장거리 및 광대역 전송이 가능한 광 가입자망을 설계하고자 한다.

이 광 가입자망은 기존의 가입자망과 같이 단순한 성형 토폴로지를 사용하여 구성하는 것이 초기의 광 가입자망 구축에 많은 이점이 있을 것이다. 성형 토폴로지의 광 가입자망으로 구성 가능한 형태는 그림 3과 같다. 그림 3의 광 가입자망을 설계하기 위해서는 단계(stage)와 단계간의 WGR, 단계 수, 광계이블, 광계이블 매설 등이 요구된다.

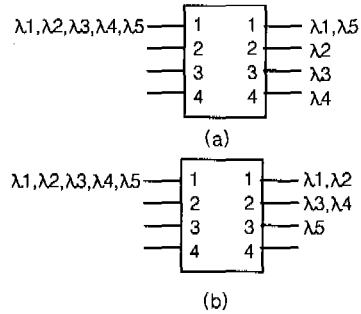


그림 2. M=4인 WGR의 파장 라우팅 (a)C=1, (b)C=2

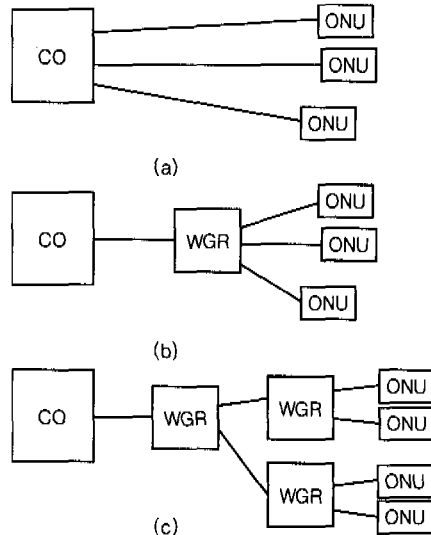


그림 3. 광 가입자망의 구성형태 (a)단일 성형 (b)이중 성형 (c)다중성형

이러한 요소들이 효율적으로 구성되지 않으면 경제적인 광 가입자망 구성을 기대하기 어렵다. 가입자 수를 초과하는 WGR, 단계 수, 비효율적인 광계이블 매설 등으로 광 가입자망을 구성하게 되면 가입자에게는 경제적으로 부담이 될 뿐만 아니라 자원의 낭비를 초래하게 된다. 이에 따라 본 장에서는 최적의 광 가입자망을 설계할 수 있는 알고리즘을 제안하고자 한다.

향후의 광 가입자망은 광대역성, 투명성, 다양한 여러 가입자의 수용, 경제성, 확장성을 고려할 때 그림 3. (c)의 다중 성형 구조가 가장 효율적이라 판단된다. 따라서 본 연구에서는 다중 성형 구조를 WDM-PON의 최적 구조로 가정하여 광 가입자망 구조를 설계하는 알고리즘을 연구하고자 한다. 즉, Ⅲ장 2절에서 제안하는 알고리즘을 이용하여

WDM-PON의 광 가입자망에 적합한 최적의 가입자망 구조를 설계하고, IV장에서 최적의 광 가입자망으로 가정한 다중 성형 구조가 경제성이 있음을 입증한다.

2. 제안 알고리즘

성형 광 가입자망 구조 설계를 위한 파라미터는 다음과 같다.

- U : WDM-PON 네트워크에 연결된 가입자 수
- $\omega$  : 각 링크상의 최대 파장 수
- K : 가입자망의 WGR 단계 수
- N : 다중 성형을 구성하는 WGR 수
- M : 다중 성형을 구성하는 WGR 크기
- C : WGR에서 파장을 결합하여 출력하는 조합의 크기(coarseness)
- I : 각 WGR에서 사용되는 입력의 포트(port) 수

다중 성형 광 가입자망의 구조를 다음과 같이 가정하고 설계하였다.

- 첫번째 단계의 WGR 수는 1개로 구성된다.  $N_1=1$
- 첫번째 단계의 WGR에서 C는 1이다.  $C_1=1$
- 각 단계에서 WGR의 크기는 사용될 입력수의 2배이다.  $M_k=I_k \times 2$
- 각 단계에서 출력 포트의 총합은 다음 단계에서 입력 포트의 총합과 같다.  $N_k M_k = N_{k+1} I_{k+1}$

최적의 광 가입자망 구조를 설계하기 위한 제안 알고리즘은 다음과 같다.

- i) 1단계의 파장수, WGR수, C를 설정한다.
- ii) 입력 포트 수( $I_1=U/\omega$ )를 설정한다.
- iii) 다음 단계의 (N, I)쌍은  $U/(2 \times \omega)$ 에 의해서 최대 공약수 쌍을 구할 수 있다.
- iv) WGR의 크기인  $M_k=I_k \times 2$ 를 설정한다.
- v)  $C_k$ 를 계산한다.
- vi) WGR 수를 설정한다.
- vii) 입력 포트 수를 설정한다.
- viii) 마지막 단계( $K=\log_2 \omega$ )가 아니면 iv~vii과정을 되풀이한다.

제안한 알고리즘은 가입자수가 균등한 경우를 전제로 한다. 기본조건으로 가정에 의해서  $N_1=1, C_1=1$ 이어야 한다. 즉, 단계1에서 사용된 입력 포트 수는  $I \times \omega_{in}=U$ 에 의해서 구하게 되는데, 사용되는 파장 수는 32개이고, 망에 연결된 가입자수는 128로 하였을 때  $I=4$ 가 된다. 그러나 사용된 입력 포트 수는  $I_k < M_k$ 에 의해서  $N_k$ 를 설정할 수 있는데, 이때

$M_k$ 는 최소한 4개의 포트 수를 초과해야 한다.

본 논문에서 가정한 것은  $M_k=I_k \times 2$ 로 하였고, k번째 단계에서 입력 포트에 들어오는 파장수는 k번째 단계의 동일한 출력 포트로 나가는 파장수의 2배로 가정한다. 그리고, C는 단계별로 계산하여  $2k-1$ 로 설정한다. 입력 포트의 수는 WGR 크기의  $1/2$ 로 설정한다. k번째 단계에서 WGR 개수는  $k+1$  단계의 WGR 개수보다 적어야 하고, WGR 크기는 크거나 같아야 한다. k가 마지막 단계이면 가입자 단말(ONU)가 있는 단계가 된다. 즉, 어느 단계에서든 간에  $M_k \times N_k = U$ 를 만족시키면 이 단계가 다중 성형 광 가입자망의 최종 단계가 된다. 또한, 입력되는 파장 수가 C보다 커야 하는데, 이는 입력 파장이 동일하게 출력되는 것을 방지하고자 하는 것이다. 따라서, 각 단계에서의  $\omega_{in}/\omega_{out}=2$ 이어야 하고,  $I \times \omega_{in} = M \times \omega_{out}$ 이 된다. 그리고, 다음 단계의 구조를 설정하기 위해서는, 첫번째 단계에서 결정된 결과에 의해 설정할 수 있다. 즉,  $U/(2 \times \omega_{in})$ 의 값에서 공약수 집합 쌍이 다음 단계의 (N, I)값이 된다. 또한,  $\omega$ 에 따라서 단계 수가 변경되는데, 단계 수 k는  $k=\log_2 \omega$ 와 같이 정의할 수 있다.

- 제안한 알고리즘을 이용하여 다음과 같은 특성을 갖는 광 가입자망을 설계한 망이 그림 4와 같다.
- WDM-PON 네트워크에 연결된 가입자 수 : 8
  - 링크상의 파장 수 : 4
  - WGR의 크기 : 4

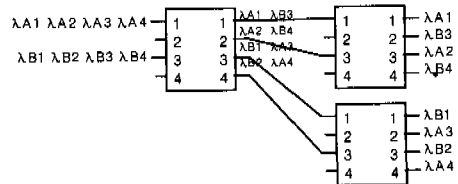


그림 4. 다중 성형 광 가입자망의 구성 예

3. 노드의 복구 방안 제안

성형 구조는 모든 노드들이 각각의 링크를 통해서 중심의 노드에 연결되는 망 구조이다. 만일 중심 노드에 이상이 생기면 그 노드에 연결된 노드들이 심각한 영향을 받을 수 있다. 이에 따라 WDM-PON구조는 이에 대비한 복구 정책이 필수적으로 요구되는 구조라고 할 수 있다.

복구 방법은 보호 대상에 따라 크게 트래픽 복구와 설비 복구로 구분된다. 트래픽 복구는 교환 망에 적용되는 기술로 장애가 발생한 회선 주위의 트래픽을 다른 회선으로 라우팅하여 복구를 수행한다.

설비 복구는 전송망 설비에 적용되는 기술로 장애가 발생한 회선 주위에서 라우팅하여 복구를 수행한다. 설비 복구는 트래픽 복구 방법보다 적은 동작을 필요로 하므로 짧은 시간에 많은 서비스들을 복구할 수 있어서 광 케이블의 전송 시스템에 적합한 복구 방법이다<sup>[11]</sup>.

WDM-PON의 다중 성형 구조에서는 첫번째 WGR의 역할이 매우 중요하다. 만일 첫번째 WGR에 장애가 발생된다면 전체의 가입자에게 심각한 영향을 주게 되므로 첫번째 WGR 장애에 대한 대비책을 우선적으로 고려하여야 한다.

본 논문에서는 예비 WGR를 추가하여 첫 번째 WGR 장애에 대한 설비 복구방법을 제안하고자 한다. 복구 동작은 장애가 발생한 경우 보호 절체를 수행하는 것이다. 이에 따라 복구가 가능한 WDM-PON 설계의 알고리즘을 제안하면 다음과 같다.

- i) 동작(working) WGR구조와 동일한 형태의 예비(protecting) WGR을 설정한다.
  - ii) 예비 WGR의 입력 포트를 동작 WGR의 입력과 다르게 다음 포트로 설정한다.
  - iii) 예비 WGR의 출력을 다음 단계의 비어 있는 입력(그림 4)으로 연결한다.
  - iv) 최종 가입자 단의 ONU에서 양호한 파장을 선택(수신 파장의 신호 상태를 비교하여 선택)한다.
- 제안한 방법을 이용하여 예비 WGR를 추가한 다중 성형 가입자망을 설계하면 그림 5와 같다.

IV. 경제성 분석

시뮬레이션에 적용한 CO에서 ONU까지의 거리는 1.57km로 하여 표 1과 같이 구분하였고, WGR 비용은 표 2로 적용하여 계산하였다<sup>[7]</sup>.

케이블비용은 km당 2000\$로 하고, 설치비용은 15,000\$로 하였으며<sup>[10]</sup>, WGR까지의 케이블은 8core를 한 묶음으로 하여 설치비용을 계산하였고, OLT와 ONU의 비용은 고려하지 않았다.

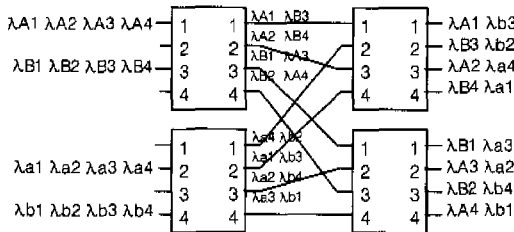


그림 5. 보호 절체를 갖는 다중 성형 광 가입자망의 구성 설계 예

표 1. 단계별 거리 (단위:m)

WGR단계 수	1	2	3	4	5
1	1,000	570			
2	1,000	400	170		
3	1,000	400	100	70	
4	1,000	400	100	50	20

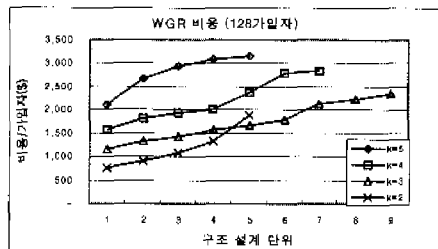
표 2. WGR 비용 (단위: \$)

WGR크기	4	8	16	32	64
가 격	6,580	8,660	13,320	20,840	32,000

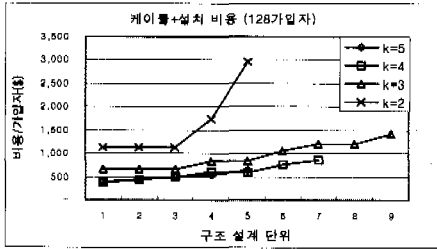
가입자 수를 128로 설정하여 각 구조별로 비용을 산출한 결과(그림 6, 7)에 의하면

- i) WGR 비용이 단일 성형에서는 발생되지 않으며, 이중 성형, 다중 성형(단계 k=2, 3, 4, 5) 순서로 증가한다.
- ii) 케이블 및 설치 비용은 다중성형(k=5, 4, 3, 2), 이중 성형, 단일 성형 순서로 증가한다.
- iii) WGR 및 케이블 비용은 이중 성형, 단일 성형, 다중 성형(k=4, k=3, k=2, k=5)의 순서로 증가한다.
- iv) WGR, 케이블 및 설치 등의 전체 비용은 다중 성형(k=4, k=3, k=5, k=2), 이중 성형, 단일 성형 순서로 증가한다.
- v) 보호절체를 고려한 비용은 단계가 적을수록(k=2) 차이가 많이 발생하고, 단계가 많을수록(k=5) 차이가 적게 발생됨을 알 수 있다(그림 8).

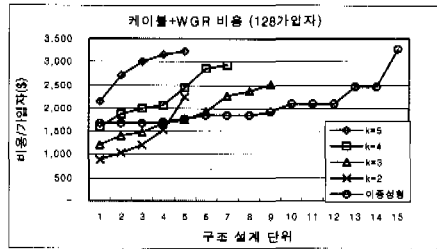
결과에 의하면 다중 성형에서 단계 k=4의 구조가 가장 경제적인 것으로 분석되었다. 첫 번째 WGR의 장애를 대비하여 보호절체를 고려한 광 가입자망의 구성별 비용은 단계가 클수록 적은 비용으로 구축할 수 있다. 또한, 가입자수에 따른 광 가입자망의



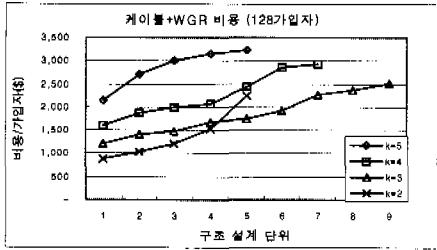
(a) WGR 비용/가입자



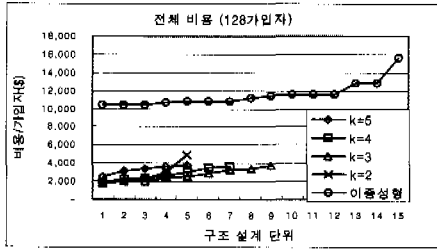
(b) 케이블 및 설치 비용/가입자



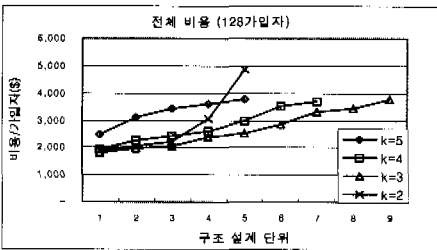
(c) WGR 및 케이블 비용/가입자



(c) WGR 및 케이블 비용/가입자

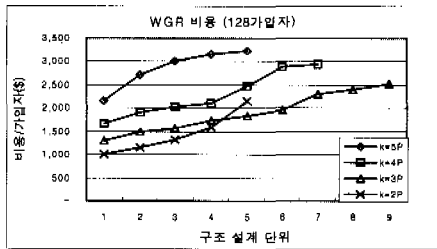


(d) 전체 비용/가입자



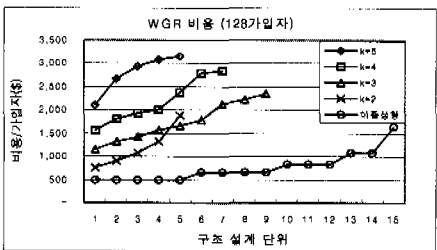
(d) 전체 비용/가입자

그림 7. 이중성형 구조와 비교한 구조별 광 가입자망의 비용

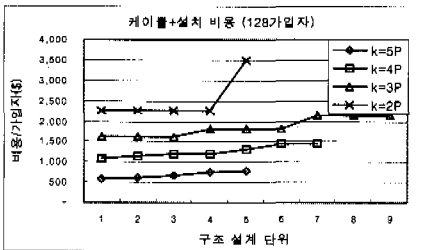


(a) WGR 비용/가입자

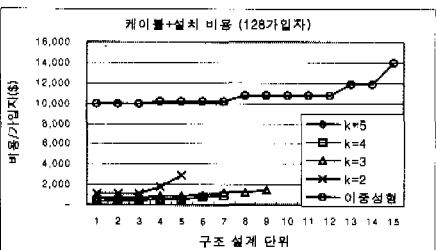
그림 6. 다중성형 구조별로 본 광 가입자망의 비용



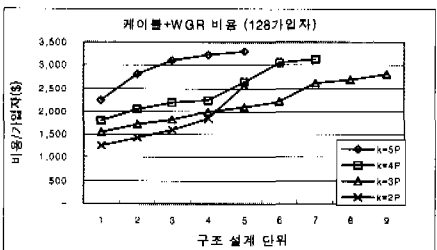
(a) WGR 비용/가입자



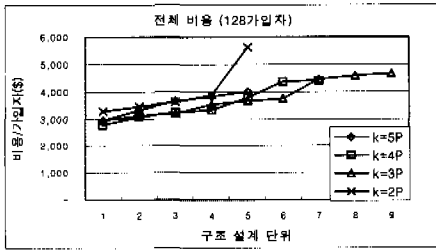
(b) 케이블 및 설치 비용/가입자



(b) 케이블 및 설치 비용/가입자



(c) WGR 및 케이블 비용/가입자



(d) 전체 비용/가입자

그림 8. 보호절제를 고려한 광 가입자망의 비용

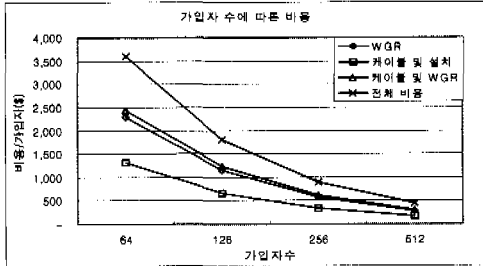


그림 9. 가입자수에 따른 광 가입자망의 구성 비용

경제성을 분석하면 그림 9에 나타난 것과 같이 가입자 수를 증가할수록 경제적인 가입자 망 구성을 할 수 있음을 알 수 있다.

### V. 결론

본 논문에서는 대용량의 정보를 초고속으로 전달할 수 있는 광 가입자망을 구성하는데 있어서, 경제성과 안정성을 고려하여 WGR을 이용한 다중 성형 구조의 광 가입자망 설계 알고리즘을 제안하였다. 제안 알고리즘을 이용하여 가입자의 수에 따라 조절 가능한 다중 구조의 가입자망을 효율적으로 설계할 수 있다. 즉, 가입자 수에 따라서 다양하게 파장을 할당함으로써 더욱 더 경제적인 광 가입자망의 다중 구조를 설계할 수 있을 뿐만 아니라 예비 WGR을 설치함으로써 첫 번째 WGR의 장애에 대한 문제를 보완하였다. 예비 WGR의 추가에 따른 비용은 다소 상승하나 안정성을 고려해 본다면 대용량의 데이터를 가입자에게 보다 안정적으로 전달할 수 있다는 중요한 이점이 있다.

본 논문의 WDM-PON 구조에서 중요한 역할을 수행하는 WGR 비용은 광소자 기술의 개발에 따라 급속하게 하락할 것이다. 또한 WDM-PON의 구조가 현재의 다중 성형 구조가 아닌 다른 토폴로지로 구성되는 경우 다른 영역의 첫 번째 WGR로 사용

될 수 있다. 즉, 동작 WGR역할과 예비 WGR 역할을 겸용하여 사용할 수 있다. 이에 따라 WGR의 비용 부담이 크게 적어질 것이므로, 첫 번째 WGR을 보호 절체하는 WDM-PON 구조는 경제성과 생존성 면에서 상당한 장점을 갖는다.

제안한 알고리즘으로 광 가입자망의 구성요소를 결정하였으며 구성별로 비용 구조를 분석하여 비교하였다. 또한 광 가입자망에 대한 생존성을 고려한 광 가입자망 구성 방안을 연구함으로써 경제적이고 신뢰성있는 국내 광가입자망 구축 방향을 제시하였다. 분석 결과에 의하면 단일 성형, 이중 성형, 다중 성형 구조 중에서 다중 성형 구조가 다른 구조의 광 가입자망보다 경제적임을 알 수 있었고, 특히 다중 성형 구조의 단계 k=4 구조가 가장 경제적인 구조로 분석되었으며, 다음으로 다중 성형 구조의 단계 k=3구조가 경제적인 것으로 나타났다. 또한, 가입자 수가 증가할수록 가입자당 소요되는 비용이 감소되는 것을 알 수 있다. 특히 생존성을 고려하여 제안한 알고리즘을 이용하면 경제적이고 신뢰성이 있는 파장분할 다중화 광 가입자망을 설계할 수 있을 것으로 판단되며, 향후 광 기술의 발전으로 더 많은 포트 수를 가진 WGR이 제조됨으로써 적은 비용으로 보다 많은 가입자를 수용하고 신뢰성을 갖는 광 가입자 망 구조를 설계할 수 있으리라 본다.

### 참고 문헌

- [1] Babul Miah and Laurie Cuthbert, "An Economic ATM Passive Optical Networks", *IEEE Commun. Magazine*, pp.62-68, March 1997.
- [2] Ingrid Van de Voorde and Gert Van der Plas, "Full Service Optical Access Networks: ATM Transport on Passive Optical Networks", *IEEE Commun. Magazine*, pp.70-75, April 1997.
- [3] C.L.Driel, P.M.Grinsven, V.Pronk, W.A.Snijders, "The Revolution of Access Networks for the Information Superhighway", *IEEE Commun. Magazine*, pp.104-112, June 1997.
- [4] C.Plaats, P.Vetter, W.Parys, "Advanced and Evolution Friendly Deployment of Fiber in the Access Network", *BAE Guideline G1 Group BA*, <http://www.uk.infowin.org/ACTS/ANALYSIS/CONCERTATION/beal-g1.htm>, June 1997.
- [5] G.V.Plas, I.Voorde, "The Evolution of the

Optical Access Network and the Related Technical Issues," *SPIE* vol.2614, pp.296-303, 1995.

- [6] Y.Mochida, "Technologies for Local -Access Fiberling", *IEEE Commun. Magazine*, pp.64-73, Feb. 1994
- [7] G.Maier, M.Martinelli, A.Pattavina, E.Salvadori, "Multistage WDM Passive Access Networks : Design and Cost Issues", *IEEE ICC'99*, pp. 1707-1713, 1999.
- [8] R.D.Feldman, T.H.Wood, J.P.Meester, R.F. Austin, "Broadband Upgrade of an Operating Narrowband Single-Fiber Passive Optical Network Using Coarse Wavelength Division Multiplexing and Subcarrier Multiple Access", *IEEE Journal of Lightwave Technology*, vol.16, no.1, Jan. 1998.
- [9] J.M.Senior, A.J.Philips, M.S.Leeson, R.Johnson, "Upgrading SuperPON : Next Step for Future Broadband Access Networks", *Proceedings of SPIE Conference*, vol. 2919, pp.260-266, 1996.
- [10] A.H.Tan, "SuperPON - A Fiber to the Home Cable Network for CATV and POTS/ISDN /VOD as Economical as a Coaxial Cable Network", *IEEE Journal of Lightwave Tech.* vol.15 no.2, pp.213-218, Feb. 1997.
- [11] Tsong-Ho Wu, *Fiber Network Service Survivability*, Artech House, Boston, 1992.

<주관심 분야> Access Network, 감시제어, 광전송 시스템

문 필 주(Pil-joo Moon)

정회원



1988년 : 송실대학교 전산학  
학사

1991년 : 송실대학교 전산학  
석사

1998년 : 송실대학교 전산학  
박사

1998년~2001년 : 한국전자통신연구원  
광루프전송팀장

2001년 3월~현재 : 평택대학교 교수

<주관심 분야> 광가입자망 기술, 통신망관리, 통신  
망 보안, 통신시스템 운용관리

조 규 섭(Kyu-seob Cho)

정회원

한국통신학회 논문지 Vol.23, No.4 참조

최 한 규(Han-kyoo Choi)

정회원

한국통신학회 논문지 Vol.24, No.6B 참조

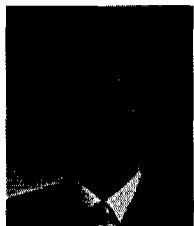
강 안 구(An-goo Kang)

정회원

한국통신학회 논문지 Vol.24, No.6B 참조

유 윤 식(Yoon-sik Yoo)

정회원



1999년 2월 : 성균관대학교  
전자공학과 졸업

2001년 2월 : 성균관대학교  
전기 전자 및 컴퓨터공학과  
공학석사

2001년 2월~현재 :  
한국전자통신연구원  
네트워크기술연구소 연구원