

# 광 가입자망 구성 방법에 따른 비용 분석

박성준\*, 정희원 정수환\*, 길계태\*\*, 권순철\*\*

## A cost analysis on optical access network architectures

Sung-joon Park\*, Sou-hwan Jung\*, Gye-tae Kihl\*\*, Sun-cheol Gweon\*\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문은 광 가입자망의 경제성을 분석하기 위해 Star, PON(Passive Optical Network) 그리고 ADS(Active Double Star)구조의 광 가입자망 구성방법에 따라 비용 함수들을 모델링 함으로써 광 가입자망 구성 방법을 살펴 보았다. 비용 함수들과 네트워크 모델들에 근거한 초기투자비를 추정하는 방법에 의해 경제적이고 효율적인 광 가입자망 구조를 제안하였으며, 비용 함수들을 정의한 후에 ONU (Optical Network Unit)의 수, 사용자의 bandwidth, splitter 분배율, 매설거리 및 매설비용들을 변화시키면서 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 비용함수의 모델링과 분석을 통해 얻은 결론은 사용자의 bandwidth 가 낮은 경우 PON 이나 ADS 구조가 유리하고, 가입자 규모가 작을 경우에는 Star 구조가 유리하다. 또한 매설비용에서는 분배지역에서의 매설거리를 줄이는 것이 효과적인 것을 알 수 있다.

### ABSTRACT

This paper investigates optical access network architectures by modelling cost functions on STAR, PON(Passive Optical Network) and ADS(Active Double Star) configurations in order to analyse economical efficiency of optical access network. An economical and efficient architecture of optical access network has been proposed by estimating the initial field cost (IFC) based on cost functions and network models designed in reality. After defining cost functions, computer simulations were performed varying the number of ONU(Optical Network Unit)'s, subscriber bandwidth, splitter distribution rate, the length and cost of cabling. If the bandwidth of subscriber is low, it is resulted that PON and ADS are better than STAR architecture, but if the scale of subscriber is small, STAR is more efficient than the others. Minimizing the length of the distribution cables is effective to reduce the cabling cost.

### I. 서 론

통신의 발달로 인하여 누구나 세계의 모든 정보를 보다 빠르고 간단하게 얻을 수 있게 되었으며, 이런 환경의 변화는 기존 사회의 패러다임을 바꾸게 되었다. 이것은 제 3의 물결인 정보화 사회의 시

작을 알리게 되었고, 기존의 사용자는 보다 빠르고 편리한 요구를 원하게 되었고, 기술의 발전 또한 이러한 요구를 충족시키기 위한 방향으로 발전하게 되었다. 컴퓨터의 발달은 80년대 PC의 사용자수를 급속도로 증가시켰으며, 90년대 초부터 시작된 인터넷의 확산은 통신 사용자수의 급속한 증가와 음성 위주의 통신에서 한발 앞선 데이터 통신의 사용환

\* 송실대학교 정보통신전자공학부 고속통신 연구실(souhwanj@saint.soongsil.ac.kr)

\*\* 한국통신 가입자망 연구소 (scgweon@kt.co.kr)

논문번호 : 99019-0121, 접수일자 : 1999년 1월 21일

※ 본 연구는 한국통신 가입자망 연구소 지원과제로 수행되었습니다.

경으로 변하게 되었다. 미국과 일본의 경우 2000년 경에는 기존의 음성트래픽보다 데이터 트래픽의 양의 많아질 것으로 예상되어지고 있으며, 국내의 경우 역시 2000년 이후부터는 데이터 트래픽이 차지하는 양이 많아 질 것이다.

본격적인 멀티미디어 데이터 통신의 시작으로 인하여 보다 빠른 네트워크가 필요하게 되었으며, 이러한 고속의 네트워크를 사용한 가입자 액세스 망에 관한 연구가 관심을 끌고 있다. 고속의 양방향 멀티미디어 데이터 통신을 위해서는 대용량 전송을 위한 초고속 가입자망의 구축이 선결과제로 인식되고 있으며, 이러한 초고속 가입자망 기술에는 기존의 동선 케이블과는 전송 능력이나 용량에서 많은 차이를 보이는 광섬유를 이용하여, 가입자망을 새로 구축하는 방안과 기존의 케이블의 성능을 최대한 이용하려는 기술이 경쟁을 하고 있는 상황이며, 이러한 가입자망의 적용 기술의 장기적인 예로는 xDSL(x Digital Subscriber Line), HFC(Hybrid Fiber Coax), FTTx(Fiber to The x) 등을 들 수 있다. 이미 광 전송기술의 발전에 따른 비용 하락에 따라 광 가입자망이 점차로 투자비용 면에서 비교우위에 있다고 하며, 또한 광 가입자망의 운용 및 관리비용(O&M cost)이 기존의 비용보다 낮을 것으로 예상된다<sup>5)</sup>. FTTx 구성은 연결 위치에 따라 FTTO(Fiber to The Office), FTTC(Fiber to The Curb), FTTH(Fiber to The Home) 등으로 나누어질 수 있고 기술적·경제적으로는 FTTC 구성방식의 구축이 현실적으로 가능성이 높으며, 그 후의 네트워크 환경 변화에 따라서 FTTH 형태로 진화될 것으로 예상되어지고 있으나 경제적 비용 문제로 그 구현 속도가 지연되고 있다.

현재 광 가입자망 구축에 있어서 가장 민감한 문제는 망 구축의 비용 절감이며 이를 해결하기 위해 여러 가지 형태의 광 가입자망 구성이 고려되고 있으며, 이를 위한 연구가 활발히 진행 중에 있다. [1]에서는 액세스 계에 대하여 xDSL, FTTx, HFC, HFR(Hybrid Fiber Radio)의 접속 기술을 적용한 4가지 방식에 대하여 실제에 근접한 모델과 수식을 세우고, 각 모델에 대한 경제성 비교 분석을 수행한 반면, 이 논문에서는 광 가입자망 구조별로 경제성 비교 분석을 수행하였다. 그리고 [6]에서는 시간에 의존한 비용, 세율, 시장 점유율에 근거하여 경제성 분석을 수행하였다. 또한 광 가입자망의 형태에 따라 여러 가지 방식의 기술에 대한 표준화가 이루어지고 있으며, 대표적인 단체로는 DAVID(Digital

Audio-Visual Council), MCNS(Multimedia Cable Network System), IEEE 등이 있다. 특히 DAVID에서 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line), VDSL(Very High-speed Digital Subscriber), FTTC, LMDS(Local Multipoint Distribution System), MMDS(Multichannel Multipoint Distribution System) 등을 광 가입자망의 표준으로 규정하고 있으며, 최근 일본의 NTT(Nippon Telegraph and Telephone corporation)와 유럽 여러 나라의 통신회사들이 참여하고 있는 경제적인 광 가입자망 설계를 위한 표준화 단체인 FSAN(Full Service Access Network)에서 광 가입자망 비용을 절감하기 위한 연구가 활발히 진행중이다. 따라서 본 논문에서는 FTTC 구조의 대표적인 세 가지 구성방법 즉 Star 구조, PON 구조, ADS 구조의 망 구성에 따른 초기 구축 비용과 매설 비용을 비용함수 정의의 통하여 산출하고, 장치 구성 요소, 사용자 Bandwidth 등의 비용 파라미터의 변화에 따른 전체 비용 변화를 분석하였다. 본 논문의 II장에서는 광 가입자망의 구성방법에 대해 고찰하고, III장에서는 모델링과 cost function을 도출하였다. IV장에서는 cost function을 가지고 광 가입자망의 구성에 따른 비용을 검토 및 분석하였으며, 최종 결론이 V장에서 논의되었다.

## II. 광 가입자망 구성 방법

FTTC의 일반적인 구성으로는 광케이블을 일반 사용자의 근처 지역(Curb)까지 연결하고 그 다음은 일반 전화선을 이용한 ADSL과 같은 xDSL기술을 적용하는 방법으로 FTTx 기술 가운데 가장 경제성이 있는 방법이라 할 수 있다. ONU(Optical Network Unit)까지는 광섬유로 ONU에서 단말기까지는 일반적인 전화선을 이용하는 구성으로, 그림1과 같으며 이는 ATM(Asynchronous Transfer Mode) 망과 연결하여 구성할 수 있다. 그림1은 DAVID에서 제시하고 있는 구성 방법으로 DAVID에서는 STB(Set Top Box)와 단말기의 인터페이스에 대해 IEEE 1394와 10BASE-T를 제안하고 있다[7].

FTTC 구성에 따른 광 가입자망은 여러 가지 방법으로 분류할 수 있으며, 그 중에서 HDT(Host Digital Terminal)와 연결되는 ONU에서의 크기와 규모에 따라 FSAN에서는 하나의 ONU에서 32-64명의 가입자를 수용할 수 있는 구성을 FTTC(Fiber

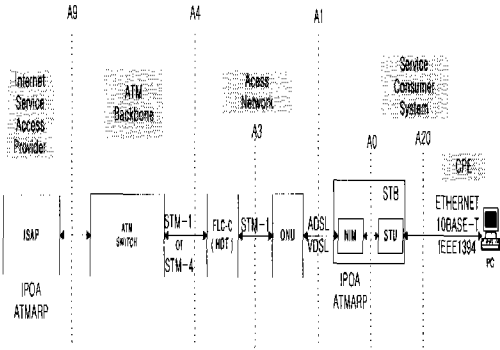
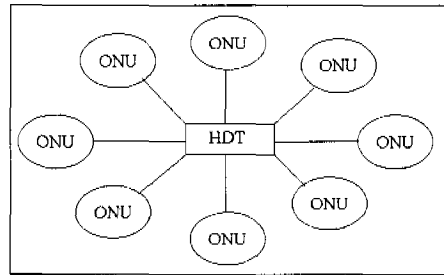


그림 1. FTTC 광 가입자망 구성 예

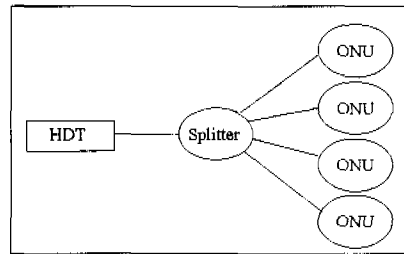
To The Curb), 64명부터 128명의 가입자까지를 수용할 수 있는 방법을 FTTCab(Fiber To The Cabinet)이라 정의해 놓고 있다. 초기의 FTTC는 HDT는 최대 16개의 ONU를 지원하고 하나의 ONU는 최대 64명의 가입자를 수용하는 형태를 가지고 있었으나 경제적인 비용과 그 지역의 가입자 수 등 여러 가지 변수로 인하여 그 구성이 조금씩 변동되고 있다. FTTC에서는 ONU부터 가입자까지의 전송은 전화선을 이용한 xDSL을 사용하며, 이것은 모두 광케이블을 사용하는 FTTH구성에 비해 초기 투자비용을 줄일 수 있다. FTTC 구축 시 초기에는 최대 전송속도가 51Mbps인 VDSL보다 전송속도가 낮고 대역폭이 적은 ADSL이 적합할 수 있으며, 현재 ADSL의 보급을 위해 전송속도를 1.5Mbps로 줄인 UADSL(Universal Asymmetric Digital Subscriber Line)의 표준화가 거의 완료되었다. 또한 Backbone 망으로는 ATM을 적용하는 것이 일반적이며 ATM Network과의 연동을 효율적으로 하기 위한 방법도 계속 연구중이다.

광 가입자망에서는 VoD(Video on Demand), 화상통신 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 구조를 가지고 있으나 이를 위해서는 막대한 투자비용이 필요하게 되며, 구축 초기에는 VoD나 화상통신과 같은 서비스보다는 고속 인터넷 서비스가 주된 서비스가 될 것이다. 일반적인 FTTC 구성은 크게 3가지 형태를 갖는다. 첫째는 HDT 에 ONU 가 point-to-point 로 연결되는 Star 형태이고, 둘째는 보다 경제적인 구성을 위해 Splitter를 사용하는 PON (Passive Optical Network)형태이며, 마지막으로 Splitter 대신 MONU (Master ONU)를 사용하는 ADS 형태가 있다. 그림2(a)는 Star 구조로서, 가입자망 수의 증가와 사용자 bandwidth의 증

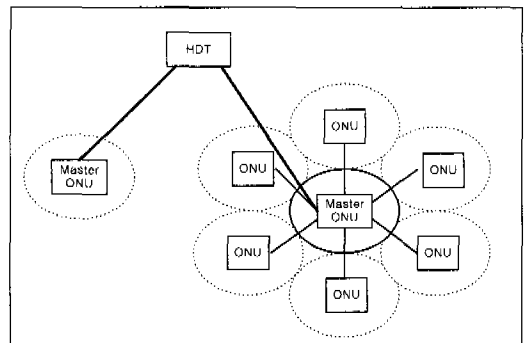
가 등 광 가입자망의 증가에 있어서 upgrade가 비교적 간단할 수 있으며, 각 ONU에서는 사용자에게 비교적 충분한 bandwidth를 할당해 줄 수 있다. 하지만, 가입자망이 커질 때 HDT 수의 증가로 인한 전체 비용의 상승이라는 단점을 가지고 있다. 그림 2(b)는 PON 기반의 FTTC 구성을 나타내며, 이와 같은 PON 구성은 가입자수가 많을 경우 Splitter를 이용하여 하나의 HDT에 보다 많은 ONU를 연결할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 사용자에게 할당할 수 있는 bandwidth에 제한이 있는 단점도 있다. 그리고 마지막으로 그림2(c)는 ADS 기반의 FTTC 구성을 나타내며, MONU 가 Splitter를 포함하는 형태로 PON과 비슷한 망 구조를 가지고 있다. 그래서 이로 인해 PON 기반의 FTTC 구조와 비슷한 장단점을 가지고 있다.



(a) Star



(b) PON



(c) ADS

그림 2. FTTC 의 구성 형태

Splitter에서의 분배율은 4 : 1에서 현재는 16 : 1이나 32 : 1까지 고려되고 있으며 분배율을 높이려는 연구가 활발히 진행중이다. 그러나 PON구성은 주로 POTS나 ISDN과 같이 대역폭이 적은 서비스에 적합할 수 있으며, 이런 가운데 FSAN에서 PON을 기반으로 광 가입자망의 구축비용을 줄이기 위한 APON(ATM-PON)을 연구 중에 있다<sup>2)</sup>.

ADS(Active Double Star)는 PON구성과 달리 ONU에서 주위의 ONU와 연결되어 있으며 Splitter에서의 분배 기능을 ONU에서 해주는 구조라 할 수 있으며, 그림2(c)는 ADS구조의 전체 구성을 나타내고 있다. HDT에서 ONU까지 광케이블로 연결되어 있으며, Master ONU는 주변의 소규모의 ONU를 연결하도록 되어 있어 많은 수의 ONU를 연결하여 가입자 수를 확장시킬 수 있는 구성이다. PON구성에서는 HDT에서 Splitter를 따로 두어 여러 ONU와 연결되는 것과 달리 하나의 ONU에 Splitter기능을 추가시킨 구성이라 할 수 있다<sup>6)</sup>. 또한 ONU에서 가입자까지의 거리나 가입자의 서비스에 따라서 ADSL이나 VDSL을 동시에 수용할 수 있다. ADS구성은 네트워크 구축시의 비용을 효과적으로 절감할 수 있으며 기본적인 구성은 PON과 비슷하다고 할 수 있다.

### III. 비용 함수 설계

#### 1. 셀 모델 및 비용 분석을 위한 가정

공간모델의 형태는 그림 3 과 같이 정사각형의 구성으로 한 변이 R 인 정사각형에는 하나의 HDT가 위치하며 그 안에 한 변이 r 인 정사각형에 하나의 ONU가 위치하고 있는 구성으로 HDT와 ONU는 사각형의 중심에 위치해 있다고 가정한다. 케이블은 비용을 절감하기 위해 그림3과 같은 형태로 연결되어 있다고 설정하였다.

그림3으로부터 하나의 HDT가 서비스하는 영역 안에 있는 ONU 셀의 개수는 (1)식으로 나타낼 수 있다.

$$Nonu = (R / r)^2 \tag{1}$$

단위 면적당 가입자 인구밀도를 n으로 하고 ONU가 서비스하는 가입자수가 m 일 때 ONU 셀 안의 가입자 인구밀도(n)와 포트수(m)의 관계는 (2)식과 같이 나타낼 수 있다.

$$r^2 * n = m \tag{2}$$

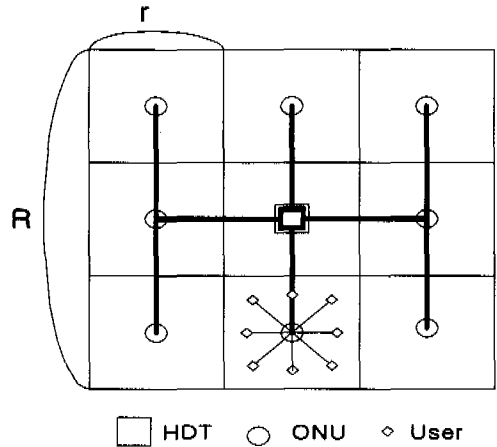


그림 3. 모델의 형태

$$Nonu = \frac{R^2}{r^2} = \frac{(nR^2)}{m} \tag{3}$$

또한 하나의 HDT에는 최대 16 개의 포트를 지원하며, 이는 최대 16개의 ONU를 연결을 할 수 있고, PON 이나 ADS 구성에서는 Splitter를 사용하여 16개 이상의 ONU도 연결할 수 있다. 그림4에서는 가입자 인구밀도(n)에 따른 ONU 셀 크기의 변화를 나타내며, R을 5km로 가정하고 가입자 인구밀도(n)는 km<sup>2</sup> 당 가입자 인구수로 가입자 인구밀도가 증가함에 따라서 ONU 셀의 크기가 감소한다는 것을 보여준다. 가입자 인구밀도 n은 1 km<sup>2</sup> 당의 가입자 인구수를 나타내고, 식(2)를 가정하여, 가입자 인구밀도의 변화에 따른 ONU 셀의 크기 r을 km로 표시하였다.

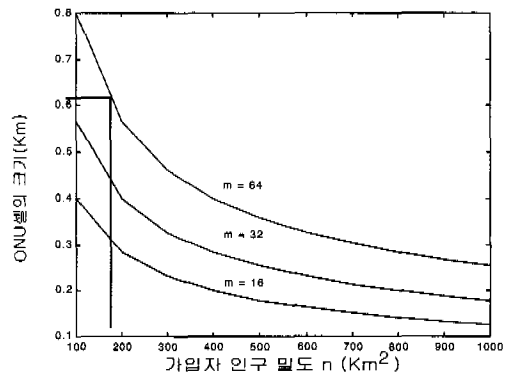


그림 4. 가입자 인구밀도에 따른 ONU 셀 크기 변화

그림에서 ONU 포트 수를 64로 했을 경우 VDSL 모델이 ONU에서 가입자까지 연결 거리가

300m 정도라고 한다면, 이때의 ONU 셀의 한 변의 길이는 600m정도가 되며 가입자인구밀도가 200이상 될 때 ONU에서는 포트를 효율적으로 사용할 수 있다. ONU 셀의 거리가 0.6km 이상이 되고, 가입자 인구밀도가 200이하가 되면, ONU에서 가입자 수용률이 떨어지게 되며 포트의 효율이 떨어지게 된다.

## 2. 장치 비용 함수 설계

광 가입자망 비용 함수를 설계하기 위하여 다음과 같은 사항들을 가정하였다.

- 각 구성 방식에서 HDT 의 비용은 동일하다
- 하나의 HDT 에 최대 512 개 까지의 ONU가 연결될 수 있다.
- PON 구성의 상대적인 비용이 다른 구성(Star, ADS) 에서도 동일하게 사용된다.
- ADS 구성에서는 Splitter 와 MONU 가 포함된다.
- 장치 비용의 경우는 bandwidth 에 영향을 받는 부분이 bandwidth 증가에 따라 비용이 선형적으로 증가하는 것으로 가정 한다.
- 전체 비용은 각 요소 비용의 총합과 다음 절에서 논의되는 매설 비용의 합으로 나타내어진다.

광 가입자망에서의 각 장치 비용은 PON기반의 구성 방식을 기준으로 하여 비교하였으며, 여러 가지 장비요소를 알아보고 이의 비용 비율을 고려하여 전체적인 구축비용을 계산하였고, 매설 비용과 유지 보수비용은 제외하였다. 표1은 PON구성에서 각 장치의 비용을 나타내고 있으며, 각 장치의 비용은 EURESCOM OPTIMUM project에서 제시한 가입자망 장치 요소 비율을 참조하였다<sup>2)</sup>. 하나의 HDT에 512개의 ONU가 연결되어 있을 때를 나타내고 있으며, ADS 구성의 FTTC에서도 HDT의 규모와 비용은 같다고 가정하고 있다.

HDT와 ONU 를 point-to-point로 연결하는 구성에서는 PON에서의 Splitter비용이 없어지게 되나, 가입자망이 커질 때 HDT개수의 증가로 인하여 HDT비용이 PON일 경우 보다 많이 증가된다.

ADS구성에서는 Splitter비용이 MONU(Master ONU)에 포함되게 되며, 이 때 MONU는 ONU비용과 Splitter비용의 합으로 나타난다. 또한 광 장치비용은 bandwidth의 증가에 따라 그 비용이 증가하며, bandwidth의 증가에 따라 비용도 같은 비율로 증가한다고 가정하였다. 표2는 각각의 구성에서 사용된

요소들을 나타내고 있으며 각 가입자망 구성 방법의 전체 비용은 각 요소비용의 합으로 표현되어진다.

표 1. PON 구성에서의 cost analysis

	Devices	개수	relative cost
1	HDT core	1	512
2	PON interface(for MAC protocol)	16	1/512
3	HDT transceiver	16	1/32
4	connector at HDT transceiver	16	1/32
5	Splices for connector	16	1/32
6	Cable fiber : HDT <-> splitter	16	1/32
7	Splitter	16	1/32
8	Splices at splitter	528	1/32*33
9	Cable fiber : splitter <-> ONU	512	1
10	Splices for connector	512	1
11	Connector pair at ONU	512	1
12	ONU o/e transceiver	512	1
13	ONU controller & power supply	512	1

표 2. Cost 구성 요소

구성요소	비용 요소의 의미
N <sub>ONU</sub>	ONU의 개수
N <sub>HDT</sub>	HDT의 개수
C <sub>HCore</sub>	HDT의 core 비용
C <sub>HT</sub>	HDT transceiver 비용
C <sub>HP</sub>	PON interface(for MAC protocol) 비용
C <sub>HA</sub>	ADS interface 비용
N <sub>HP</sub>	HDT port 수
N <sub>OP</sub>	ONU port 수
B	User Bandwidth
C <sub>OC</sub>	Connector pair at ONU 비용
C <sub>OT</sub>	ONU transceiver 비용
C <sub>OC</sub>	ONU power supply / controller 비용
C <sub>LC</sub>	Line card PC의 비용
S	Splitter의 분배율
S <sub>n</sub>	Splitter의 개수
C <sub>se</sub>	Splices at splitter의 비용
C <sub>sc</sub>	Splices for connector의 비용
N <sub>sc</sub>	Splices for connector의 개수
C <sub>FHS</sub>	Cable fiber의 비용 : HDT <-> splitter
C <sub>FHO</sub>	Cable fiber의 비용 : HDT <-> ONU
C <sub>Fso</sub>	Cable fiber의 비용 : splitter <-> ONU
N <sub>FHS</sub>	HDT와 splitter간의 Cable 개수
N <sub>FHO</sub>	HDT와 ONU간의 Cable 개수
N <sub>Fso</sub>	splitter와 ONU간의 Cable 개수

### 2.1 Star 구성방식(point-to-point 연결방식)

HDT에서 ONU를 point-to-point로 연결하는 방식에서의 비용 요인은 HDT와 ONU와 광 전송장비 그리고 cable 비용으로 나눌 수 있다. 광 가입자망이 커짐에 따라 ONU의 개수가 증가를 하게 되고 HDT에서의 포트 수는 16으로 제한되어 있으므로 이때 HDT의 개수 역시 많아진다. 또한 HDT의 비용은 기본적인 core 비용과 transceiver 비용으로 나

누어 질 수 있으며, transceiver의 비용과 HDT에서의 포트 수에 따라서 증가한다. 따라서 HDT에서의 비용은 HDT의 개수와 하나의 HDT 장치요소 비용의 곱으로, 식(4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$HStarsum = NHDT * ((NHP * CHT) + (CHCore)) \quad (4)$$

Star 구성 방식에서 비용 증가요소는 transceiver의 비용과 HDT에서의 포트 수, 그리고 HDT의 개수 등이다. ONU에서의 비용요소는 connector와 o/e transceiver, controller/power supply로 나눌 수 있으며 ONU의 개수와 하나의 ONU 비용의 곱으로 표현 할 수 있다.

$$OStarsum = NONU * (COC + (COT * B) + (COPC * B) + CLC) \quad (5)$$

ONU에서는 transceiver와 controller/power supply는 bandwidth의 증가에 따라 비용이 변화되며 ONU의 개수도 비용에 큰 영향을 주게 된다. Fiber cable의 비용 요소로는 HDT와 ONU 사이의 cable 비용이며, 거리는 2Km로 가정하였고, bandwidth에 영향을 받게 된다. 총 Fiber 비용은 cable 비용과 cable의 개수 식 (6)으로 나타낼 수 있다.

$$CStarSUM = CFHO * B * NFHO \quad (6)$$

HDT와 ONU 그리고 Fiber의 비용을 모두 더한 값으로 Star 방식에서의 total cost로서 표현하였다.

$$StarTotal = HStarsum + OStarsum + CStarsum \quad (7)$$

## 2.2 PON 구성의 연결 방식

PON 구성에서는 Star 방식과 달리 Splitter 비용이 추가되고, bandwidth의 변화에 따라 광 장치의 비용이 달라지게 되며, Splitter의 분배율도 비용 변화에 영향을 주게 된다.

HDT의 비용에서 transceiver와 PON interface 비용은 bandwidth와 변화에 따라 그 값이 변하게 되며 총 HDT의 비용은 다음과 같이 표현된다.

$$HPONsum = NHDT * ((NHP * (CHT + CHPI) * B) + CHCore) \quad (8)$$

PON에서는 여러 개의 ONU를 연결하기 위해 별도의 Interface비용이 추가되어 있다. ONU에서의

비용은 식 (9)와 같이 표현될 수 있다.

$$OPONsum = NONU * (COC + COT + COPC + CLC) \quad (9)$$

Fiber cable 비용은 HDT와 Splitter간의 cable 비용과 Splitter와 ONU사이의 cable 비용으로 나누어지며, HDT와 Splitter사이의 비용은 거리 당 cable비용과 cable 개수의 곱으로 표현되어지고, Splitter와 ONU사이에서도 같은 방식으로 표현되어진다.

$$CPONsum = (CFHS * NFHS) + (CFSO * NFSO) \quad (10)$$

Splitter의 비용에서 splice 장치는 bandwidth의 변화에 따라 달라지게 된다.

$$SPONsum = NHP * ((CSs * B) + (CSC * B)) \quad (11)$$

위의 각 장치를 더한 값이 PON 구성에서의 총 비용으로 나타낼 수 있다.

$$PONTTotal = HPONsum + OPONsum + CPONsum + SPONsum \quad (12)$$

## 2.3 ADS 구성의 연결 방식

ADS(Active Double Star)는 PON과 비슷하지만 MONU에서 splitter 기능을 하게 되고, PON 구성과 차이가 나는 요소는 ONU cost이며, 이때 MONU의 비용이 PON에서의 ONU total cost와 차이가 나는 변수로 생각할 수 있다. 또한 MONU는 일반 ONU와 연결되어 있어 이를 분배 해주는 기능이 포함되어 있고, 이는 splitter 비용이 MONU에 포함되어 있다고 할 수 있으며, MONU에서의 총 비용은 MONU의 core 비용과 splitter 비용으로 나누어진다. MONU의 총 비용은 MONU의 비용과 분배 장치 비용의 합으로 나타낼 수 있으며 전체 ONU 비용은 일반 ONU와 MONU 비용의 합으로 표현하였다. 식 (13)은 MONU와 연결되어 있는 Child ONU(CONU)의 비용을 나타내고 있으며, 식 (14)는 MONU의 core 비용을 나타내고 있다.

$$OCONUsum = NcONU * (COC + COT + COPC + CLC) \quad (13)$$

$$OCMONU = (NONU - NCONU) * (COC + COT + COPC + CLC) \quad (14)$$

식 (15)는 MONU에서 splitter 비용을 나타내며 이는 PON구조에서 splitter 비용과 같이 표현하였으며, PON과의 차이는 분배율이 PON에서 보다 1개가 적으며 이는 ADS구조에서는 MONU에서 splitter 기능을 하기 때문이다. 또한 MONU에서는 주위의 ONU에 각각 transceiver를 따로 가지고 있어 PON보다는 MONU에 연결되어 있는 ONU만큼 많은 transceiver를 가지고 있다.

$$OMONUsplitter=NHP*(CSs*B+CSC*B) \quad (15)$$

$$OMONUsum=OMONU+OMONUsplitter \quad (16)$$

$$OADSSum=OCONUsum+OMONUsum \quad (17)$$

ADS에서의 HDT 비용과 fiber비용은 PON에서의 비용과 같은 형태로 표현되어지며 식 (18),(19)로 나타내었다.

$$HADSSum=NHDT*((NHP*CHTc*B)+(NHP*CHAI*B)+(CHCore)) \quad (18)$$

$$CADSSum=(CFHS*NFHS)+(CFSO*NFSO) \quad (19)$$

전체적인 ADS에서의 비용은 HDT와 ONU 그리고 fiber비용으로 식(20)과 같이 나타낼 수 있다.

$$ADSTotal=(HADSSum+OADSSum+CADSSum) \quad (20)$$

### 3. 매설 비용 산출

광 가입자망의 구축에 있어서 많은 비용을 차지하고 있는 부분이 매설비용이며, 광 가입자망 서비스의 수요가 증가됨에 따라 효율적인 매설 방법이 초기 광 가입자망의 구축에 있어 중요한 점이라 할 수 있다<sup>18)</sup>. 초기 매설 비용 산출을 위해 기본적으로 사용되는  $\alpha$  는 케이블을 1m당 매설하는데 필요한 비용을 나타내며  $\alpha$  의 값은 대략 150,000으로 하고 하나의 ONU에서는 180 가입자가 여러 가지 서비스를 받는다고 가정하여, 하나의 HDT와 ONU를 통한 회선당 비용을 250,000이라고 하였다. 또한, 한 회선당 비용을 <표1>에서 나타난 ONU의 상대적인 비용으로 산출하기 위해 식 (21)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{HDTcost+16ONUcost}{180*16} = 250,000 \quad (21)$$

HDT에서의 core 비용이 512이며 ONU에서 총비용을 3으로 하여 HDT와 ONU의 비용비율을 대입하여 ONU의 비용을 산출하고 이때  $\alpha$  를 ONU의 상대적인 비율로 나타내면  $\alpha$  는 대략 ONU비용의 1/8로 표현될 수 있다. 또한 HDT에서 ONU까지의 거리를 평균 2Km로 가정하고 이때의 초기 매설 비용을 구하여 각 구성 방법에 따른 비용을 산출하였다. 이때 가장 큰 영향을 주는 비용 변동 요인으로는 광케이블의 매설 방법이며, 비교적 경제적으로 매설하기 위해서는 각 케이블을 매설할 때 사용되어질 케이블의 앞으로 사용되어질 케이블을 예상하여 보다 많은 케이블을 같이 매설하는 것이 타당할 것이다. 가입자수의 증가나 ONU의 개수가 증가될 경우 HDT에서부터 모든 광케이블을 다시 매설하는 것보다 광케이블이 먼저 설치된 근처의 지역에서 광케이블을 연결하는 것이 매설거리를 단축시킬 수 있다. 이와 같이 광케이블을 매설하는데 있어서 케이블비용이 차지하는 비중보다 케이블을 매설하는 비용이 상대적으로 막대한 영향을 주는 점을 고려하여 매설하는 것이 광 가입자망의 수용과 확장 측면에서 보다 경제적인 것이다. 전체적인 매설 구조는 그림 5와 같이 나타낼 수 있으며 B지역의 ONU까지는 이미 광케이블이 매설되어 있고 A지역이나 C지역에 새로운 ONU를 설치할 경우 HDT에서부터 A나 C지역까지 매설하는 것이 아니라 세로로 케이블을 서로 연결해 주는 중앙의 가로로 B지역에서부터 케이블을 매설하는 것이 타당할 것이다.

ONU의 개수가 증가될수록 매설 거리는 달라지게 되며 전체적인 구성방법을 그림11로 가정하였다. A지역에서 C지역까지의 매설거리를 기준 거리(La)로 하였고, ONU수를 No라 하면 전체 매설 거리는 La의 개수로 표현될 수 있으며 각 ONU를 가로로 연결하는 거리도 La로 표현되어 질 수 있다. 따라서 ONU가 정사각형구조의 셀 구조와 같이 증가되어질 경우 전체 매설 거리는 식 (22)와 같이 표현될 수 있다.

$$전체매설거리 = La * (\sqrt{No} + 1) \quad (22)$$

HDT에서 ONU까지의 평균거리를 2Km로 하였을 경우 La는 4Km가 되며 전체 매설비용은 1m당 매설 비용과 전체매설거리의 곱으로 식(23)과 같이 되며 이는 Star 방식의 매설비용으로 나타낼 수 있다.

$$전체매설비용 = \alpha * La * (\sqrt{No} + 1) \quad (23)$$

이때 PON기반의 구성과 ADS기반의 구성에서 splitter와 MONU의 위치는 평균 1.6Km이며, splitter나 MONU에서 ONU까지의 거리는 400m로 정하였고, Star 방식에서는 ONU까지의 거리를 2Km로 기준으로 각 구성 방법에 따른 매설 비용을 계산하였다.

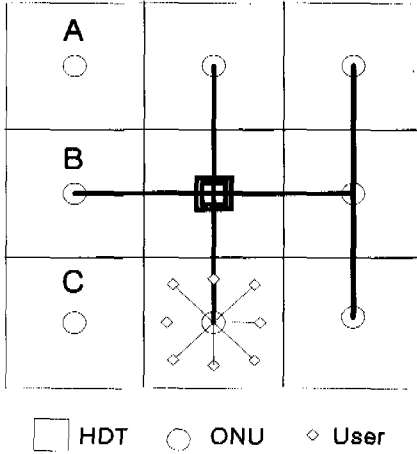


그림 5. Cable 매설 구조

이러한 매설 방법을 통해 전체 매설 비용을 줄일 수 있으며, ONU를 유지 보수하는 측면에서도 비교적 간단히 할 수 있다.

IV. 비용 분석 시뮬레이션

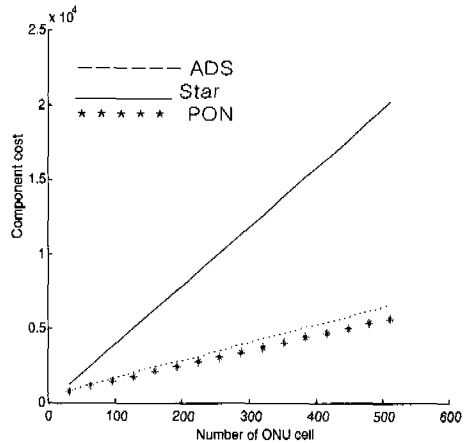
본 절에서는 FTTC 기반에서의 여러 가지 네트워크 구성방안에 따른 경제적 분석으로 앞의 세 가지 구성 방안에 대하여 전체 비용에 영향을 미치는 요인을 변화시켜 그 결과를 분석하고자 한다. 여기에서는 광 가입자망에서의 세 가지 구성 방법에서 비용의 변화에 영향을 미칠 민감한 요소들을 가지고 변화시키면서 각 구성 방법을 비교하고 마지막으로 구축에 필요한 초기 매설 비용을 고려하여 광 가입자망의 구성방안에 따른 경제성을 분석하였다. 비용 분석 시뮬레이션에서는 III장에서 설정된 함수에 표1에서 정의된 상대적인 장치 비용 값을 적용하여 전체 비용을 산출하였다. 따라서 본 시뮬레이션에서 산출되는 비용은 모두 상대적인 비용이며, 이는 각 구성 방안의 절대 비용과는 정확히 일치하지 않으나 각 비용 파라미터의 변화에 따른 전체 구성비용의 변화 양상을 파악하는데 도움이 되며,

또한 각 구성 방식간의 전체 비용을 비교하는데 활용될 수 있다.

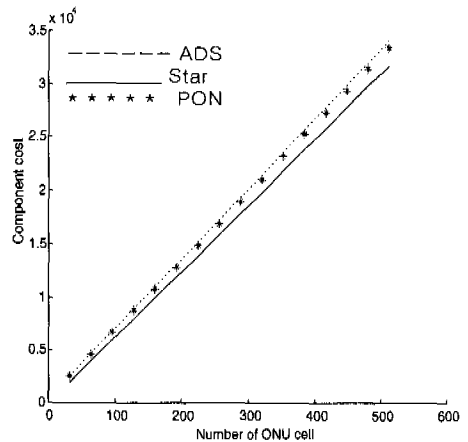
1. 구축비용의 분석

1.1 ONU의 증가에 따른 비용 변화

HDT와 연결되는 ONU는 전체 비용 변화에 많은 영향을 줄 수 있는 요인으로 ONU의 개수에 따라 전체 비용이 달라질 수 있다. 그림5은 ONU의 개수가 512까지 증가 할 때 PON 기반의 구축 방법과 HDT와 ONU를 point-to-point 방식으로 연결한 Star기반 구성, 그리고 MONU를 따로 두는 ADS기반의 구성 방식의 비용 변화를 나타내고 있다.



(a) bandwidth = 1Mbps



(b) bandwidth = 10Mbps

그림 6. ONU의 변화에 따른 비용 변화

그림6에서 PON은 32 : 1 splitter를 가정하였으



며, ADS에서 MONU는 31개의 ONU를 연결할 수 있는 상황을 가정하였다. 그림6의 (a)는 사용자당 bandwidth가 1Mbps인 경우의 전체 비용 변화를 나타내고 있으며 (b)에서는 사용자당 bandwidth가 20Mbps인 경우의 비용 변화를 나타내고 있다. ONU의 증가에 따라 전체 비용은 bandwidth가 1Mbps인 경우는 point-to-point 방식의 Star기반의 구축 방법이 가장 크며, ADS 구성과 PON기반의 구축 방법은 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

Bandwidth가 적은 1Mbps인 경우 ONU가 많아질수록 최대 16개의 ONU를 수용할 수 있는 Star 구성에서는 HDT의 개수가 많아지게 되어 상대적으로 다른 구축 방법보다 많은 비용이 들게 된다. PON과 ADS에서는 하나의 HDT에서 splitter와 MONU를 통해 최대 512까지 ONU를 연결할 수 있는 구성이기 때문에 상대적으로 적은 비용이 나타나게 되었다.

그러나 bandwidth가 10Mbps이상 커질 경우에는 PON이나 ADS 구성 방법이 Star 구성보다 많은 비용이 필요하게 된다. 이는 PON이나 ADS의 구성에서는 splitter를 사용하여 하나의 링크를 공유하는 구조로 bandwidth의 증가로 인한 광 전송장비의 비용이 상승하기 때문에 Star구성보다 많은 비용이 필요하게 된다. 또한 PON과 ADS에서의 차이는 transceiver의 비용에서 차이가 나며, 두 가지의 구성 방식이 서로 비슷하며 또한 전체비용을 각 구성 요소의 총합으로 나타냈고 실제적인 관리나 유지보수 비용과 같은 요소는 제외시켰기 때문에 많은 차이가 나지는 않는다. 이외에 PON과 ADS의 비용 변화 요소는 관리나 유지보수 비용의 차이에서 결정될 수 있으며, 이는 HDT에서 ONU를 관리하는 중앙 집중형과 MONU에서 주위의 ONU를 관리할 수 있는 분산형의 비용차이라 할 수 있다.

1.2 Splitter의 분배율에 따른 비용 변화

현재 광 가입자망의 구축에 있어서 가장 큰 영향을 주는 요소로는 광전송 장비라 할 수 있으며 PON이나 ADS와 같은 구성에서는 광 분배 장치인 splitter가 전체 비용에 영향을 줄 수 있는 요인이다. 그림7은 ONU의 개수가 512일 때 splitter의 분배율에 따른 비용의 변화를 나타내고 있다. splitter의 분배율이 커짐에 따라 PON과 ADS에서의 비용이 절감되며, 이는 하나의 링크를 공유함으로써 인하여 cable 비용이 절감되기 때문이다. 반면, splitter를 사용하지 않고 하나의 ONU에 point-to-point로 연

결되는 Star 구성에서는 분배율에 영향을 받지 않고 일정한 비용을 유지하게 된다. 현재 splitter의 분배율은 16:1을 많이 고려하고 있으며, Super-PON에서는 분배율을 2000이상까지 가능할 수 있도록 연구 중에 있다. 또한 PON과 ADS에서 비용 차이가 발생하는 요인으로는 ADS의 MONU에서는 splitter와 달리 ONU로 전송하기 위해 각각 별도의 transceiver가 필요하기 때문에 transceiver비용이 PON보다는 ONU의 개수만큼 더 필요하게 된다. 이로 인하여 PON과 ADS의 비용 차이가 발생하는 것을 알 수 있다.

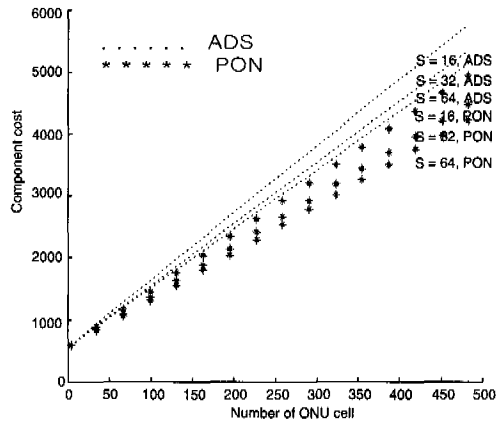


그림 7. splitter의 분배율에 따른 비용 변화

2. Bandwidth 비용 분석

2.1 Bandwidth의 변화에 따른 비용 변화

광 가입자망은 사용자에게 다양한 멀티미디어 환경을 제공하기 위해 기존의 네트워크보다는 많은 bandwidth를 제공할 수 있어야 한다. 또한 광 가입자망의 특성상 한 번 구축한 후 비교적 오래 기간 동안 사용이 예상되므로 초기 구축 시 다양한 요소들을 함께 고려해야 하는 어려움이 있다. 그 가운데 주요한 요소가 바로 사용자당 제공할 수 있는 bandwidth이며, 이로 인하여 전체 비용의 변화가 나타내게 될 것이고, 이는 bandwidth의 변화에 따른 광전송 장치의 비용의 변화 때문이라 할 수 있다. 그림8은 사용자당 bandwidth가 변화될 때 나타나는 비용의 변화를 보여주고 있으며, 광 가입자망 구축 방법에 따라 그 비용의 차이가 있음을 알 수 있다. 광 가입자망의 구축 방법에 따라 비용의 변화가 나타나는 요인은 광 전송장비의 차이이라 할 수

있으며, 하나의 HDT를 나누어 사용하는 PON과 ADS 기반의 구축방법에서 큰 변화가 나타나지는 않는다. 그러나 Star구성은 PON이나 ADS와는 많은 차이가 나는 것을 알 수 있다. 그림8에서는 ONU에서 가입자까지의 bandwidth를 20까지 증가시켰으며, 가입자망의 ONU 개수를 512로 하였을 때 나타나는 결과이다. 광 전송장비의 비용은 bandwidth가 2배 증가하면 비용도 2배 증가하는 것으로 하였으며, 이는 일반적으로 광전송을 transceiver 등의 장비비용이 optical path loss가 25dB 정도 일 때를 가정하고 있다<sup>3)</sup>.

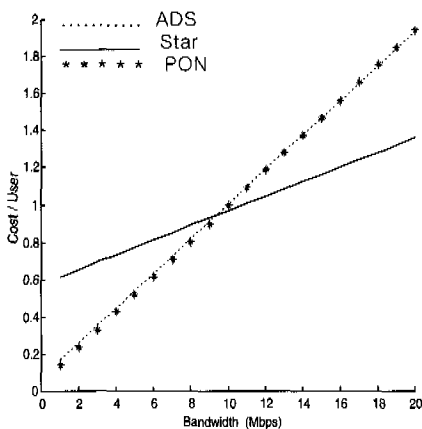


그림 8. bandwidth의 변화에 따른 비용 변화

Bandwidth의 증가에 따라 PON 구성과 ADS구성의 비용이 크게 증가되나, HDT와 ONU를 point-to-point로 연결한 Star 구성에서는 비교적 그 증가폭이 적게 나타난다. 이는 하나의 HDT를 공유해서 사용하는 PON과 ADS에서는 bandwidth의 증가로 효과가 없어지고, ONU와 splitter에서 광전송 장비의 비용상승이 큰 상승폭을 나타내기 때문이다. 또한 HDT나 ONU가 PON이나 ADS에서는 bandwidth의 변화에 따라 비용이 상승하게 되나 Star기반의 구성에서는 bandwidth에 별 영향을 받지 않기 때문이기도 하다. 그리고 PON과 ADS의 구성에서 transceiver의 비용 차이가 있음에도 불구하고 bandwidth에 따라 비슷한 비용변화가 나타나는 것은 bandwidth의 비용 상승폭이 transceiver의 비용 차이보다 상대적으로 높기 때문이다. 그림8에서는 각 구축 방법에 따라 그 비용의 변화가 달리 나타남을 알 수 있으며, bandwidth 10보다 작을 경우

HDT를 공유하는 PON과 ADS기반의 구축 방법이 경제적임을 보여준다. 초기 사용자에게 제공할 bandwidth에 따라 그 구축비용의 차이가 나타나고, 이를 고려해야 경제적인 광 가입자망을 구성할 수 있을 것이다.

2.2 ONU 수의 변화에 따른 비용 변화

전체 비용에서 중요한 요소 중 하나가 ONU 비용이며 ONU의 수에 따라서 구축비용이 달라지게 될 것이다. 그림9는 bandwidth의 변화에서 ONU의 수에 따른 변화를 나타내고 있다.

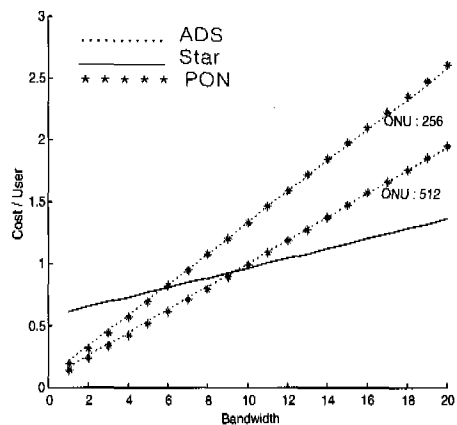


그림 9. ONU 수와 bandwidth의 변화에 따른 비용 변화

ONU의 수가 512인 경우와 256인 경우 bandwidth에 따른 비용의 변화를 나타내며, ONU의 수에 따라 Star구성에서 비용 변화점이 달라짐을 알 수 있다. ONU 수가 512일 경우 10Mbps에서 PON, ADS기반의 구축비용과 Star기반의 구축비용이 달라지지만 ONU의 수가 256인 경우는 그 보다 아래인 6인 지점에서 변화가 나타나게 된다. 이는 하나의 HDT를 공유하는 PON과 ADS기반의 구축 방법에서 ONU의 수가 많을수록 하나의 링크를 공유하는 효과가 커지기 때문이고, 공유하는 ONU의 수가 작을수록 그 효과가 bandwidth의 증가에 따라 빨리 없어지기 때문이다.

그림10은 매설 비용 분석에서 구한 함수들을 이용하여 각 매설 비용을 ONU 개수의 증가에 따른 매설비용의 변화를 나타내고 있다.

그림10은 ONU 개수의 증가에 따라 Star 구성방법과 PON이나 ADS 구성방법에서 다른 비용증가를

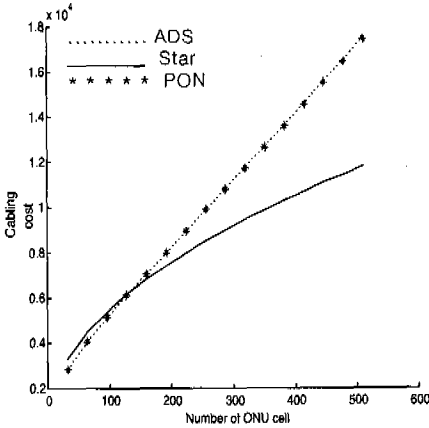


그림 10. ONU개수의 따른 Cabling 비용 변화

보여준다. PON과 ADS의 구성에서의 매설비용은 ONU의 증가에 따라 Star구성보다 직선에 가까운 비용상승을 나타내고 있으며, 이는 splitter나 MONU와 같은 분배지역에서 ONU까지의 거리와 ONU 개수의 증가에 따른 매설비용의 상승이 Star구성보다 많은 비용이 들기 때문이며, Star구성에서는 splitter와 같은 분배지역이 없고 ONU의 수가 증가될 때 광케이블의 매설거리가 미리 매설되어 있는 지역에서 연결되기 때문에 전체매설거리가 PON이나 ADS보다는 짧아지기 때문이다. ONU의 수가 150정도까지는 PON이나 ADS의 구성방법의 매설비용이 Star구성보다 작으나, 그 이상 ONU가 증가하여 분배지역에서 ONU까지의 매설거리가 증가되면 Star구성보다 많은 비용이 나타나게 된다. PON과 ADS의 구성이 비슷하게 나타나는 것은 두 가지 구성 방법에서의 매설 거리와 매설 방법이 같기 때문이며, ONU의 수가 많아질수록 그 비용은 거의 같게 나타난다. ONU수가 작은 경우에서 매설 비용의 차이를 볼 수 있으며, 이는 PON기반의 구성에서는 splitter의 분배율이 32이고 ADS의 구성에서는 MONU가 있기 때문에 31의 분배율을 가지고 있기 때문에 나타나는 매설거리의 차이로 인하여 ADS 구성방안이 조금 낮은 비용이 들게 된다.

그림11은 ONU의 개수가 64까지 증가될 때 PON과 ADS의 매설비용을 나타내고 있으며, ONU의 개수가 64개 이하에서 두 방식의 매설비용이 차이가 나는 것을 알 수 있다.

그러나 ONU의 개수가 64이상 증가될 경우는 전체 매설비용의 증가로 그 차이가 줄어들게 된다. 또한 PON이나 ADS에서도 ONU수가 작을 경우에는

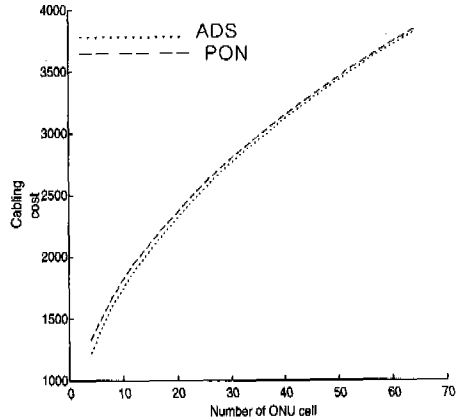


그림 11. PON과 ADS Cabling Cost

비용 상승이 완만한 곡선의 형태로 나타내어지는 것을 알 수 있다. PON구성과 ADS구성에서 전체 매설비용의 변화를 줄 수 있는 요인으로는 여러 ONU를 분배해 주는 splitter나 MONU의 위치를 들 수 있으며, 그림12는 PON 구성에서 splitter 분배 위치의 변화에 따른 비용 변화를 나타내고 있다. PON 구성에서 splitter의 위치가 ONU와 가까이 있을수록 매설비용이 줄어들게 되며 Star 구성의 매설 비용에 가까워지게 된다. 이는 splitter와 ONU간의 매설 거리가 짧아지기 때문이며, 이로 인하여 전체 매설비용이 줄어들게 되고, splitter와 ONU간의 거리가 멀수록 분배지역에서 많은 ONU가 splitter에 의해 분배되기 때문에 매설거리와 비용이 증가하게 된다.

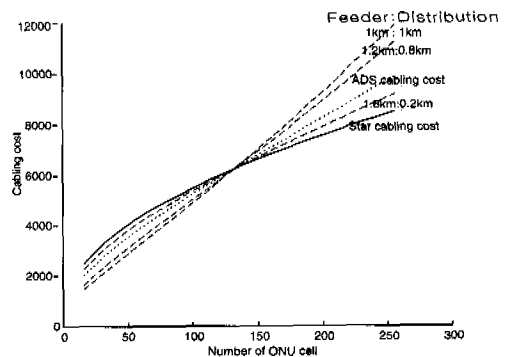


그림 12. 분배지역의 위치에 따른 비용변화

또한 전체적으로 매설구조가 같은 형태인 ADS에서도 PON과 마찬가지로 MONU와 ONU사이의 거

리가 짧을수록 비용 절감 효과가 많이 나타난다.

4. 전체 비용의 변화

광 가입자망의 구축에 있어서 여러 장비 요소들의 구축비용 변화와 광케이블을 매설하는데 소요되는 매설비용의 변화를 통하여 실질적인 광 가입자망의 비용변화를 알 수 있다.

그림13는 구성 방법에 따른 전체 비용 변화를 나타내고 있으며, ONU 개수의 증가에 따른 Star, PON, ADS구조의 구성비용을 나타내고 있다.

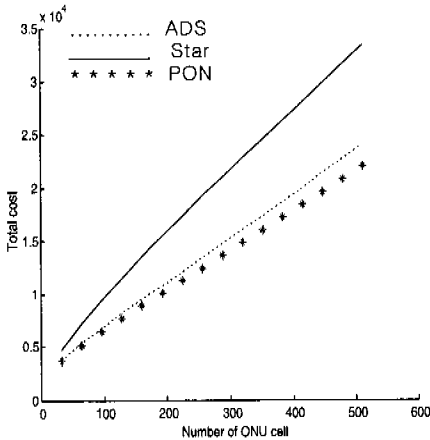


그림 13. 전체 구축비용 변화

ONU 개수가 증가됨에 따라 전체비용에서 구축비용을 제외한 매설비용이 차지하는 비중이 점점 작아짐을 알 수 있으며, 이는 매설방법을 효율적으로 구성함으로써 광 가입자망이 확장되어 질 때 매설비용의 부담을 줄일 수도 있다. 또한 PON과 ADS 구성방법은 매설비용 측면에서는 비슷하나 장비요소들의 비용인 구축비용의 차이로 인하여 전체적인 비용은 PON이 ADS보다는 적은 비용이 소요됨을 알 수 있다.

V. 결론

광 가입자망 구축은 여러 가지 비용요소를 고려해야 하며, 그에 따라 망 구성 시 구축비용에 차이가 나타나게 된다. FTTC 광 가입자망에 있어서 HDT와 ONU를 point-to-point 방식으로 연결하는 Star구조와 splitter를 사용하는 PON구조 또는 ADS기반의 구조에 대해 각 장치 비용의 합으로 구축비

용을 계산할 경우, 여러 가지의 비용 변화요소가 나타나게 된다. Star기반의 구성은 ONU의 수가 적은 광 가입자망에서 사용자에게 충분한 bandwidth를 제공할 수 있으며, 또한 전체 구축비용이 저렴하게 된다. 그러나 가입자 규모가 커질 경우 구축비용은 급격히 상승하게 되는 문제점이 있다. PON과 ADS기반의 구성은 사용자의 bandwidth가 낮고 ONU의 수가 많을 경우 구축비용이 절감되나, bandwidth가 증가될 경우는 Star 구성보다 많은 비용이 요구된다. 또한 splitter의 분배율이 클수록 하나의 링크를 공유함으로써 발생하는 비용절감의 효과가 커지며, 전체 구축비용도 저렴해진다. 그리고 광 가입자망의 확장에 있어서도 Star구조는 flexibility를 가지고 있어 간단하나, 한 개의 HDT를 사용하는 PON이나 ADS에서는 확장 비용이 커진다. 또한 광 가입자망에서 중요한 비용 요소로 매설비용을 들 수 있으며, 초기 광 가입자망의 구축에 있어서 큰 비중을 차지하고 있는 부분이 매설비용이라 할 수 있다. 따라서 PON이나 ADS와 같이 분배지역이 있는 구성방법에서는 분배지역에서 ONU까지의 매설거리를 줄이는 것이 전체 구축비용의 절감에 효과적이거나 매설비용은 PON과 ADS와 같이 하나의 링크를 공유하는 구조에서는 ONU 수가 많아질 경우 Star기반의 구성보다 커지며 ONU의 규모가 작을 경우에는 비슷한 비용이 소요된다. 이와 같이 광 가입자망은 ONU의 수, 사용자의 bandwidth, splitter 분배율, 매설거리 및 매설비용 등 여러 가지 요소에 의해 비용이 변화되므로 실제 구축 시 이와 같은 비용요소들을 상세히 고려하여야만 가장 경제적인 광 가입자망을 구축할 수 있다.

참 고 문 헌

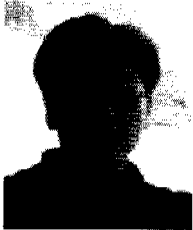
- [1] 정해원, "초고속 액세스 망의 모델화 및 경제성에 대한 검토" 한국통신학회 97.12 Vol 22 vol pp2806-2818, Dec. 1997.
- [2] A. Mattheus, M. Salerno, "Business opportunities for FTTH as a consumer product," EURESCOM P614, 1998
- [3] A.Zylbersztein et al, "Low cost components for full services access networks," in Proc. of the FSAN Components Group.
- [4] Piero J.BRADLEY, Bodo JACOBS, "Why not use point-to-point solutions in FITL?,"
- [5] Kevin W. Lu, Martin I. Eiger, "System and

cost analyses of broad-band fiber loop architectures," IEEE J. Select. Areas Commun, vol. 8, pp.1056-1067, August. 1990

- [6] Borgar T. Olsen, Alcibiade Zaganariar, "Techno-economic evaluation of narrowband and broadband access network alternatives and evolution scenario assessment," IEEE J. Select. Areas Commun, vol.14, pp1184-1202, August. 1996
- [7] DAVIC, DAVIC 1.3 Specifications. 1997
- [8] Ilari Welling, Markku Lahteenoja. "Economic issues of broadband access platform evolution," Draft V 0.2, ACTS, 1997.

박 성 준(Sung-jun Park)

학생회원



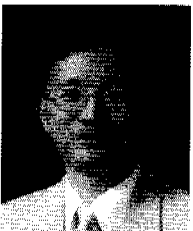
1998년 2월 : 송실대학교 정보통신공학과 졸업 (학사)

1998년 3월 : 송실대학교 정보통신전자공학부 대학원 입학

<주관심 분야> 가입자망 기술, 전자상거래

정 수 환(Souhwan Jung)

정회원



1985년 2월 : 서울대학교 전자공학(학사)

1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과(석사)

1996년 6월 : Univ of Washington(Ph.D)

1988년 3월~1991년 7월 : 한국통신 연구개발단

1996년 6월~1997년 2월 : 미국 Steallr One Corporation

1997년 3월~현재 : 송실대학교 정보통신전자공학부 조교수

<주관심 분야> 광대역통신망, 가입자망, 네트워크 인증

길 계 태(Gye-tae Kihl)

정회원



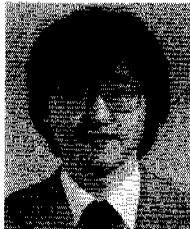
1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학과 (공학사)

1991년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 (공학석사)

1991년 2월~현재 : 한국통신 연구개발본부 <주관심 분야> 고속데이터통신, xDSL, ATM

권 순 철(Sun-cheol Gweon)

정회원



1983년 2월 : 고려대 전자공학과(학사)

1985년 2월 : 서울대 전자공학과 (석사)

1990년 8월 : 미국 Texas A&M Univ. (Ph.D.)

1985년 ~ 1986년 : 해태전자 특수개발부

1991년 3월 ~ 현재 : 한국통신 가입자망연구소 책임연구원, FLC연구실장

<주관심 분야> 가입자망기술