

# 대도시 가입자망 투자비 산출 모형의 개발 (An Investment Cost Model for Metropolitan Area Subscriber Networks)

황 건 / 한국전자통신연구원 정보통신표준연구센터 선임연구원  
장석권 / 한양대학교 상경대학 경영학부 교수  
김사혁 / 한양대학교 일반대학원 경영학과 석사과정

## Abstract

Subscriber network investment cost is a main cost element among those constituting the access charges in telephone networks. The purpose of this paper is to estimate the investment cost of installing a subscriber network in a typical metropolitan area and to develop a cost modeling framework. To this aim, a metropolitan area in Seoul was investigated. The main cost elements were identified and their relationships with the cable technology, geographical characteristics, and the number of subscribers were analyzed. The findings could be used to design an enhanced cost proxy models for estimating the access charges in a multi-operator environment.

## 1. 서론

최근들어 영국과 미국을 중심으로 한 규제 패러다임의 변화중 하나가 합리적이고 경쟁지향적인 접속료 체계의 마련이다 [2]. 그 기본방향은 미국의 경우 1996년 통신법의 개정과 함께 도입예정된 TELRIC(Total Element Long-Run Incremental Cost)에 그리고 영국의 경우 Top-down/Bottom-up 접근에 잘 나타나 있다 [1]. 실행상의 차이는 있으나 이들은 모두 장기중분원가의 개념에 기초하고 있으며, 회계적 접근에 추가해서 공학적 접근방법을 도입하고 있다.

현재까지 미국에서는 소위 미래지향적 비용(forward-looking economic cost)을 추정하기 위한 모델로서 BCPM(Benchmark Cost Proxy Model)과 Hatfield 모델이 제안되어, 이들에 대한 검토와 의견 수렴작업이 진행되고 있다 [3].

이들 모형은 초기에는 보편적 서비스의 정의와 범위산정을 위해 개발되기 시작하였으나, 현재는 합리적 접속료 산정이나 각 사업자의 약탈적 가격 수준 판단, 그리고 사업간 내부보조여부를 판단하는 근거로서 발전되고 있다. 점차 통합되어 가고 있는 세계통신시장의 변화추세를 감안할 때, 관련 정책의 변화에 대한 면밀한 검토와 함께, 우리나라의 독자적 비용모형을 정립할 필요성은 매우 크다.

가입자/접속망 투자비의 비중은 국가에 따라 다소 차이는 있으나, 전체 비용중 35%-50%의 비중을 차지하고 있으며, 우리나라의 경우 총 접속원가에서 가입자망이 차지하는 비중은 약 59%에 달한다. 더욱이 최근들어 기술발전이 가입자망 부문에서 활발히 이루어지고 있어, 가입자망의 상대적 중요성은 더욱 커지고 있다.

본 연구에서는 이러한 인식하에 사례연구를 통해 대도시 가입자망의 투자비 산출모형을 개발하려고 시도하였다. 그 과정에서 산정절차의 합리성과 논리적 타당성을 높이기 위해 노력하였고, 이를 위해 필요한 제도적 여건 및 요구조건을 도출하고자 하였다.

## 2. 대도시 가입자망의 구조와 운용현황

전통적인 가입자망 구조는 크게 다음 세가지 형태로 나누어 진다.

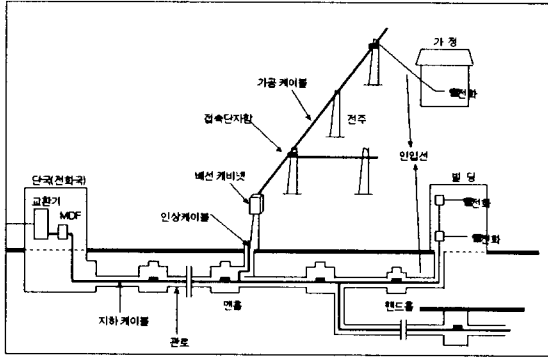
- 동선가입자망 구조
- DLC (Digital Loop Carrier) 구조
- 광가입자 구조

이중 DLC구조는 원거리 인구저밀도지역에 적합한 구조로 단국과 가입자간의 거리가 9km 이내가 대부분인 우리나라, 특히 대도시에서는 거의 사용되지 않고 있다.

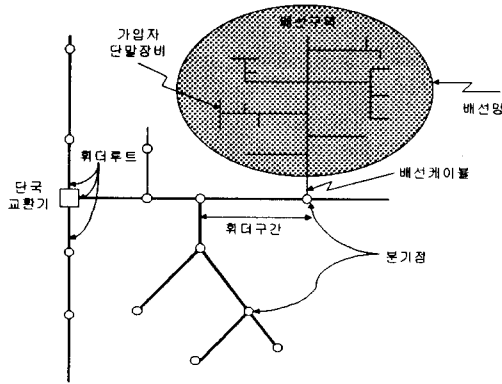
이러한 종래의 가입자망 구조 이외에 현재 xDSL (Digital Subscriber Line), FTTC (Fiber-to-the-Curb), HFR(Hybrid Fiber Radio), FTTH (Fiber-to-the-Home) 등의 새로운 가입자망 구조가 개발/보급되고 있으나 본격적인 도입/운용에는 다소 시간이 소요될 것으로 예상된다. 본 연구에서는 이러한 점에 의거하여, 동선 및 광가입자망을 중심으로 모형화하였다.

### 2.1 동선가입자망 구조

동선가입자망의 구조는 <그림 1>과 같다. 배선구조는 단국에서 나온 다대지하케이블이 소대지하케이블과 가공케이블로 분기되는 트리형 구조(tree topology)이며, <그림 2>와 같은 형태를 띤다. 그림에서 휘더케이블(feeder cable)은 다대케이블의 최초 분기점 또는 고정배선구역내의 주분기점까지의 선로이며, 그 이하를 배선케이블(distribution cable)이라 한다. 배선방식으로 직배선방식과 절체반 방식이 있다.



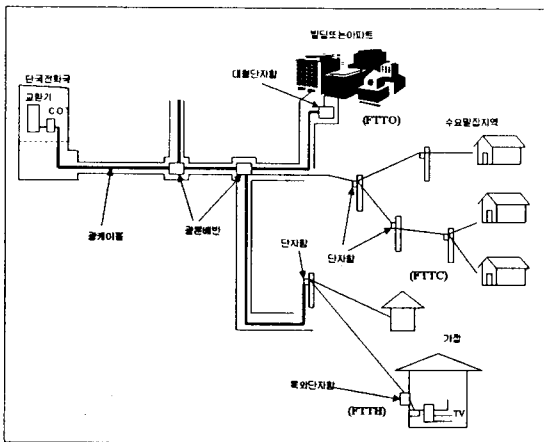
<그림 1> 동선가입자망 구조도



<그림 2> 동선가입자망 토폴로지

**2.2 광가입자망 구조**

광가입자망의 구조는 <그림 3>과 같다. 광가입자망의 형태는 FTTO, FTTC, FTTH가 있으며, 토폴로지로는 성형(star)구조, 버스성형(bus-star)구조, 링(ring)구조가 있다. 성형구조중 점대점 구조는 대용량 기업을 주로 연결하며, hub를 사용한 이중성형 구조는 소용량 기업가입자를 묶는 구조이다. 버스 구조와 링구조는 망구성의 생존도(survivability)상 차이가 있을 뿐, 동일한 원격노드기능을 사용하는 점에서는 유사하다.



<그림 3> 광가입자망 구성도

**2.3 대도시 가입자망 운용현황**

현재 서울의 고수요 대형건물지역에는 FTTO가 설치되어 있고, 97년부터 고수요 사업지역이나 아파트 등 인구밀집지역에 FTTC가 도입되고 있다. 일반 가정가입자는 대개 동선가입자망에 의해 수용되며, 원격설비(집중화기, 다중화기 등)를 이용한 DLC배선은 거의 없다.

배선방식중 절체반 방식은 수요불안정, 설치지역 확보 및 선변장 관리의 어려움, 그리고 절체반 파손 등의 문제점 때문에 현재는 거의 사용되지 않고 있다. 케이블의 형태는 현재 가공케이블과 지하케이블이 혼합되어 있으나, 케이블 설치의 점차 지하화하고 있는 추세이다.

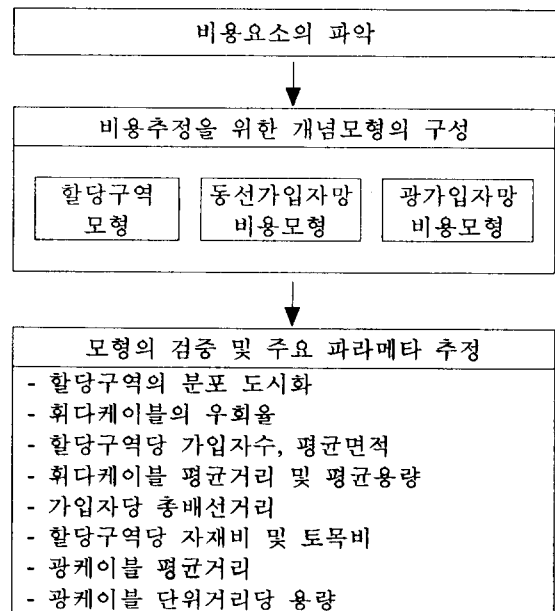
**3. 투자비 산출모형의 구성**

**3.1 설계요구조건**

개발목적상 투자비 산출모형은 다음에 명시된 설계요구조건을 충족하도록 설계되어야 한다.

- 지형적 특성의 반영
  - 고정배선구역 또는 할당구역의 구분
  - 휘더분기점까지의 3차원상의 케이블거리
  - 지형적 특성에 따른 우회거리 계산
- 가입자수와 용량추정상의 변동요인 반영
  - 수요예측상의 불확실성
  - 공급량의 불연속성(discreteness)
  - 할당구역크기의 불연속성
  - fill factor 또는 공급배율
- 기술진화에 따른 신기술투자의 반영
  - 가입자망 아키텍처상의 진화
  - 기술대체투자의 타당성 반영
- 가입자망 고도화의 유인제공
  - 미래지향적 투자의 반영

**3.2 모형의 구성**



### 3.3 비용요소의 구분

구분	대분류	중분류	소분류
설비 투자	케이블	가공	광섬유, 동선(지절연, F/S, JF-F/S, S/C, CCP SS, PVC, SD)
		지하	광섬유, 동선(지절연, F/S, JF-F/S, S/C)
	토목시설	관로	지하관로(금장, 연장) 인수공(인공, 수공, Box)
		통신구	공동구, 단독구
		전주	목주, 콘크리트, 철주
	전송설비	가입자 및 국간중계	PCM, 광전송, 신호링크
	교환설비	교환기, 다중화/집중화기, 신호중계기	
	부대시설	배단자함, MDF, 옥외전화선	
	건물		
	토지		
지원 투자	차량, 정비설비, 사무가구, 사무실 등		

## 4. K전화국 사례분석

비용산출을 위해 동선가입자망과 광가입자망을 나누어 투자비를 산출하였다. 모형을 적용하기 위해 서울시 도심지역의 일정부분을 커버하는 K전화국의 지형과 시설에 대한 자료를 이용하였다.

### 4.1. K전화국 가입자망 현황

- 가입자 현황  
동선가입자수 : 86,615명  
광가입자수 : 135고객 5040회선
- 시설현황 (K전화국 96년말 시설현황)

구분	분류	시설량	비고
자재비	휘다	335.547km	93조/ 204,600회선
	배선(지하)	90.580km	
	배선(가공)	150.582km	
	광케이블	65.342km	23조/736코아
	옥외전화선	810km	
	MDF	2,112개	
	배단자함	5,066개	시내, 종말
토목설비	관로	948.889km	
	인수공	(인공)736개 (수공)1104개	
	전주	1713개	

### 4.2. 동선가입자망 비용모형

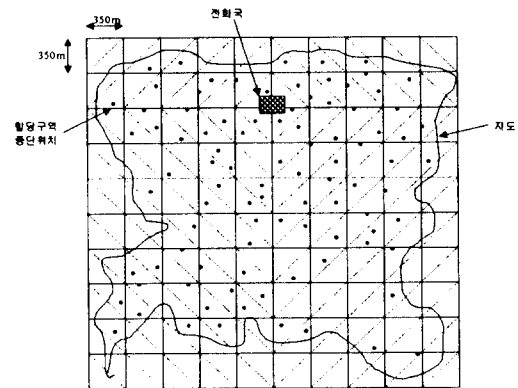
동선가입자망의 비용을 추정하기 위해서 할당구역이라는 개념을 도입하였다. 외국의 비용산정 모델들은 고정배선구역을 가입자 배선단위로 모델화하나 우리나라의 동선가입자망 배선방식은 직배선 방식을 사용하기 때문에 다른 접근법이 필요하다. 한 조의 휘다케이블이 여러 고정배선구역을 커버하기 때문에 고정배선구역을 묶어서 더 상위 단

계의 지역으로 비용추정 모델을 구성할 필요가 있다. 본 연구에서 비용추정은 할당구역 단위로 이루어지며, 이는 몇 개의 인접한 고정배선구역의 모임으로 단일한 휘다케이블에 의해 수용되는 지역을 뜻한다. 따라서 휘다케이블 1조를 하나의 할당구역으로 보아 지역을 모형화할 수 있다.

동선가입자망 투자비 산출을 위해 K전화국의 시설현황과 지리적 분포를 이용하여 할당구역의 분포를 모형화한 후 우회율을 계산하고, 데이터를 이용한 비용추정과 주요 파라메타 추정을 하였다.

#### (1) 할당구역 모형

K전화국의 지형과 할당구역 종단의 위치를 이용하여 우회율을 구하는 모형을 개발하였다. 이를 위해 K전화국이 커버하는 지역을 그리고, 10×10의 셀로 나누어 휘다케이블 종단의 위치를 표시하였다. 이는 <그림 4>의 형태로 나타낼 수 있다.



<그림 4> 할당구역모형의 개요

- 기본가정
  - 단국은 셀의 교차점에 위치한다.
  - 셀은 정사각형의 형태이며 하나의 셀의 너비와 폭은 350m이다.
  - 피다케이블은 직각으로 교차하는 분기형태의 관로를 따라 단국에서 시작하여 피더/배선 인터페이스에서 종료한다. 이 때의 거리는 셀의 직각거리로 계산된다.
  - 총면적은 10.41km<sup>2</sup>이며 그린지역과 녹지의 비율은 15%이다. 따라서 할당구역을 포함하는 지역의 총면적은 8.85km<sup>2</sup>이다.
- 우회율모형

$$\text{우회율} = \frac{\text{휘다총거리}}{\sum(\text{직각거리} \times \text{거리별 할당구역개수})}$$

위의 우회율 모형을 적용시켜본 결과 K전화국의 우회율은 2.3185로 나타났다. 이러한 우회율은 대도시 지역의 지역적 특성이 거의 비슷하다고 할 때 다른 지역에도 적용이 가능하다.

#### (2) 데이터를 이용한 비용 추정

96년말 K전화국 가입자망 현황과 시설현황을 사용하여 자재비와 토목비를 추정하였다. 요소비용 추정에는 BCPM 모형과 Hatfield 모형의 가격자료가 사용되었다.

● 자재비 추정

분 류	총비용(천원)
케이블: 휘다	12,011,265
배선(지하)	1,290,677
배선(가공)	690,036
옥외전화선	227,212
합계	14,219,200
MDF	33,264
배단자함(시내,종말)	145,901
합계	14,398,365

휘다케이블 :  $\sum(P\text{별 총거리} \times P\text{별 단가})$   
 배선케이블 :  $\sum(P\text{별 총거리} \times P\text{별 단가})$   
 옥외전화선 : 총거리 $\times$ 단가(m)  
 MDF : 총개수 $\times$ 단가(원)  
 배단자함 : 총개수 $\times$ 단가(개)

● 토목시설비 추정

분 류	총비용(천원)
인수공	2,354,170
지하관로	1,643,779
진주	309,882
합계	4,307,831

인수공 : 인공총개수 $\times$ 단가 + 수공총개수 $\times$ 단가  
 지하관로 : 총거리 $\times$ m당 단가  
 진주 : 총개수 $\times$ 단가

(3) 주요 파라메타 추정

비용모형을 구성하는 주요 파라메타의 추정치는 다음과 같다.

파라메타	계산식	추정량
할당구역당 평균가입자수	총가입자수/조수	931명
할당구역평균면적	총면적/조수	95,161m <sup>2</sup>
평균휘다거리	총휘다거리/조수	3.608km
평균휘다용량	회선수/조수	2,200P
가입자당 평균배선거리*	$\frac{\sum(P \times P\text{별 거리})}{2P \times \text{총가입자수}}$	188m
할당구역당자재비	총자재비/조수	154,821천원
할당구역당토목비	총토목비/조수	46,321천원

\* 가입자당 2P를 가정

4.3. 광가입자망

광가입자망은 FTTO 설비를 기준으로 비용을 추정하였다. FTTC는 97년을 시작으로 적용되기 시작했으며 FTTH는 아직 계획중이므로 현 설비는 FTTO 설비를 기준으로 추정한다.

광가입자망은 매크로 수요를 예측하고 이를 사용자별로 배분하기 위해 광수요 대상건물의 개별중요성을 기준으로 사용자별 수요를 결정한다. 따라서 광가입자망 포설대상의 지역선정기준은 미래의 수요 뿐만 아니라 전략적 요소가 강하게 작용되기 때문에 동선가입자망에 적용시킨 할당구역 개념을 적용하기 어렵다.

(1) 데이터를 이용한 비용 추정

가입자광단국은 FLC-A의 가격을 적용하고 나머지 시설은 Hatfield모형의 가격을 적용하였다.

● 자재비 추정

분 류	총비용(천원)
광케이블	983,650
광단국(COT)	1,366,200
가입자 광단국(RT)	5,400,000
광분배반	5,400
광단자함	60,750
합계	7,816,000

광케이블 :  $\sum(\text{core별 총거리} \times \text{core별 단가})$   
 광단국 : 시스템수 $\times$ 시스템당 가격  
 가입자광단국 : 총인입 건물수 $\times$ 시스템당 가격  
 광분배반 : 총개수 $\times$ 단가  
 광단자함 : 총인입 건물수 $\times$ 단가

(2) 주요 파라메타 추정

파라메타	계산식	추정량
평균광케이블거리	총거리/조수	2.84km
평균 core용량	총core수/조수	32core

5. 토의

5.1. 모형의 확장가능성

본 연구는 대도시 가입자망의 구조와 현황에 근거하여 동선가입자망과 광가입자망을 각각 모형화하고, K전화국 사례분석을 통해 개발된 모형과 비용추정의 유용성을 검토하였다. 개발된 모형과 접근방법을 정확한 투자비 산출모형으로 활용하기 위해서는 모형의 정교화와 함께 자료를 정확히 추정하고 검증하는 절차를 개발할 필요가 있다. 본 연구에서 사용된 모형과 접근방법은 향후 교환/전송망 투자비 산출모형과 결합되어 합리적 접속료 산정의 일부로 확장이 가능할 것이다.

5.2. 연구의 한계

서울시 현황과 K전화국 설비와 지형자료, 가격 자료의 부족으로 인해 추정하고자 하는 모든 비용을 고려하지 못하였다. 노무비와 접속비와 같은 다른 비용구성요소들은 아직 분석되지 못하였으며, 자재비와 토목비에서도 인입선, 인입터미널, splicing & engineering 비용, 설치 및 구조물 비용 등이 고려되지 못하였다.

그러나, 본 연구의 접근방법을 기초로 정확한 자료를 얻을 수 있다면 다른 비용요소들도 순차적으로 모형화가 가능할 것이다.

참고문헌

[1] M. Cave, "Cost Analysis and Cost Modeling for Regulatory Purposes: UK Experience," Telecom Reform (W. H. Melody, editor), pp. 273-284, 1997.  
 [2] W. H. Melody, "Network Cost Analysis: Concepts and Methods," Telecom Reform (W. H. Melody, editor), pp. 215-246, 1997.  
 [3] J. Atkinson et al., "The Use of Computer Models for Estimating Forward-Looking Economic Costs," A Staff Analysis Report, FCC, 1997.