IE Interfaces
Vol. 13, No. 1, pp. 100-109, March 2000.

업무용 건물에 대한 구내 배선망의 경제적 진화방안에 관한 연구

김지표[1] · 홍정식[1] · 안재경[1] · 김종화[2] · 현인재[3] · 서태석[3]

[1]서울산업대학교 산업공학과/[2]건국대학교 산업공학과/[3]한국통신 가입자망연구소

Economic Analysis on the Evolution of Building Telecommunications Cabling Systems

Ji-Pyo Kim[1] · Jung-Sik Hong[1] · Jae-Kyoung Ahn[1] · Jong-Hwa Kim[2] · In-Jae Hyun[3] · Tae-Suk Seo[3]

This paper presents an economic analysis for alternatives of the building telecommunications cabling system to accommodate multimedia services. Four alternatives are developed with respect to capacities of the building telecommunications cabling systems. Economic analysis includes qualitative analysis as well as quantitative one and the results of those analyses are incorporated with AHP(analytic hierarchical process) method. In analyzing the alternatives, based on the possible growth of multimedia traffic and evolution of access networks, various scenarios are considered The results suggest not only the most competitive alternative but also the conditions for each alternative to gain the competitive edge.

1. 서 론

통신망은 크게 기간망(backbone networks)과 가입자망(access networks), 그리고 구내 배선망(building telecommunications networks) 등으로 나누어진다. 기간망은 전화국과 전화국간을 연결하는 망이며, 가입자망은 가입자회선을 기간망과 연결시켜 주는 망이라 할 수 있다. 구내 배선망은 한 건물내의 가입자 노드들간을 연결해 주고 가입자망과 연결되어 있는 건물내의 통신망을 가리킨다. 앞으로 구현될 광대역 종합정보통신망의 구현을 위한 논의는 주로 기간망을 중심으로 이루어졌다. 즉, 광대역 종합정보통신망의 통신모드로 구현될 ATM 방식에 따라 발생할 다양한 운영상의 문제들이 집중적으로 다루어졌다 (Lindberger, 1994).

최근에는 가입자망의 중요성이 부각되어 통신망 운영주체에 따른 다양한 가입자망의 진화 대안들을 경제적 및 기술적 측면에서 비교분석하는 연구들이 수행되었다(Ims, Myhre, and Olsen, 1997). 그러나 통신서비스의 최종 수용환경을 결정하는 구내 배선망에 관한 연구는 상대적으로 빈약한 실정이다. 그 이유는 구내 배선망의 주된 구성 요소인 케이블의 경우 상대적으로 통신망의 다른 구성 요소인 스위치나 다중화장치보다 기술발전의 속도가 더디고 또한 내구연한이 길며 설치 후 변경이 매우 어렵기 때문에 기간망이나 가입자망에 비해 개선의 필요성이 덜 대두되기 때문이라 할 수 있다.

그러나 현재는 광케이블 기술의 발전 및 통신서비스의 광대역화에 따라 구내 배선망 또한 새로운 진화시점을 맞이하여 그 개선이 부분적으로 이루어지고 있다. 따라서 본 논문은 향후 본격적으로 전개될 구내 배선망의 진화에 있어 가능한 대안들을 구성해보고 각 대안들에 대한 비용산정 및 기타 정성적 분석을 수행하여 가장 경쟁력 있는 대안을 도출하고 또한 감도분석을 통해 각 대안이 우월적인 위치를 점할 수 있는 조건을 구해 보고자 한다.

본 논문에서 자주 사용되는 주요 용어를 설명하면 다음과 같다.

인출구(outlet) : 수평케이블이 종단되는 고정된 접속장치로서 업무구역배선에 대한 접속을 제공함.
허브(hub) : LAN에서 여러 개의 장치를 연결하기 위해서 사용되는 통신접속장치.
서브네트 : 건물내 같은 층에 존재하는 노드들 중 서로 교신량이 많은 그룹을 하나의 허브 아래 연결해놓은 노드들의 집합.
층별집선장치 : 허브들간을 연결해주는 장치로 층내의 노

드들이 몇 개의 서브네트로 구성될 때 층내 트래픽의 서브네트간 연결을 수행함.

중간집선장치 : 층별집선장치의 그룹을 연결하여 그룹내 노드들간의 연결을 수행함.

중앙집선장치 : 중간집선장치가 연결되는 주 스위치.

2. 구내 배선망의 구성요소

구내 배선망은 가입자망과 연결되는 인입계로부터 사용자가 각종 기기를 연결하는 인출구까지를 연결하는 제반 장비와 케이블로 구성된다. 주요 구성 요소는 간선계, 수평계, 업무구역, 층장비실, 주장비실, 인입계 등이 있는데 각 부분의 연결관계는 <그림 1>과 같다. 각 구성 요소에 대해 간략히 살펴보면 다음과 같다(한국통신, 1995).

간선계(Backbone/Riser) : 주장비실과 각 층의 층장비실을 연결
수평계(Horizontal Wiring) : 층장비실과 인출구까지의 배선
업무구역(Work Area Wiring) : 인출구로부터 각종 기기를 연결하는 배선
v층장비실 : 각 층에 위치하며 간선계와 수평계를 연결해주는 장비를 설치
주장비실 : 교환기, 주전산기 등 건물 전체를 위한 장비 수용
인입계 : 가입자망과 구내 배선망을 연결

구내 배선망의 각 구성요소는 케이블들을 연결, 분배시켜주는 각종 접속 장비 및 이들을 설치하는 장소로 구성되는데 건물의 용도에 따라 그 명칭이 조금씩 달라지기도 하고 또 일부 구성 요소는 생략되기도 한다.

건물은 용도에 따라 크게 업무용과 주거용으로 분류할 수 있는데 본 논문에서는 업무용 건물만을 대상으로 하여 업무용 건물에 대한 구내 배선망의 구성 요소를 살펴 보면 <표 1>과 같다. <표 1>에서 덕트란 건물내 혹은 외벽에 케이블 배선에 필요한 공간 확보를 위한 각종 장치를 통칭하는 말이다.

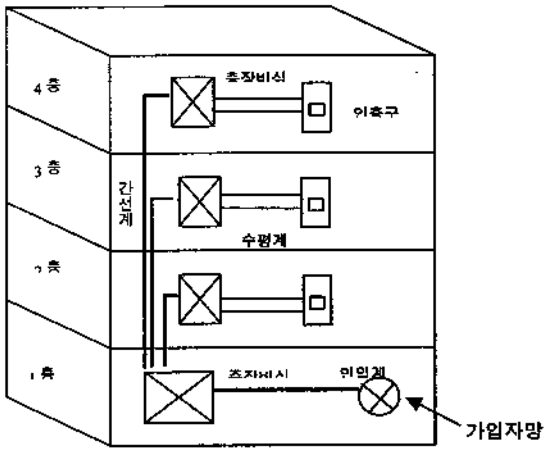


그림 1. 구내 배선망의 구성.

표 1. 구내 배선망 구성요소

구성 요소	장비, 장치 및 재료
1) 덕트(duct)	간선계, 수평계
2) 케이블	TIV/CPEV, UTP, 동축케이블, 광케이블
3) 인입계	접속장치, 보호기, 인입관로
4) 주장비실	주배선반, PABX
5) 층장비실	배선반, 단자함, 전송장치, 허브
6) 작업구역	인출구, Adaptor, Balun

구내 배선망에 사용될 수 있는 케이블은 요구되는 서비스의 종류, 요구되는 전송 속도, 경제성 등을 고려하여 건물의 규모와 용도에 따라 달라지는 것이 보통이다. 예를 들어 POTS 서비스만 요구된다면 기존의 구리선(TIV/CPEV)으로 충분하나 광대역 서비스를 요구한다면 적어도 UTP(unshielded twisted pair) 케이블을 사용해야 한다. 일반적으로는 다양한 서비스와 빠른 전송 속도를 요구하는 업무용 건물의 경우 간선계로는 광케이블이 권장되고 나머지 영역에 대해서는 UTP 케이블이나 광케이블이 권장된다.

3. 구내 배선망의 진화대안 구성

3.1 구내 배선망 분류기준

구내 배선망은 단일제품이 아닌 여러 장비로 이루어지므로 각 장비들의 조합으로 구성되는 대안들이 다양한 방식으로 정의될 수 있으나, 일반적으로 다음과 같은 기준에 의해 구내 배선망을 구분할 수 있다.

- 용량
- 전송매체유형(유선, 무선)
- 기능(유연성, 확장성)
- 제품
- 구성요소

먼저 하나의 터미널이 수용 가능한 최대대역폭과 최소대역폭을 정의하여 용량별로 구내 배선망을 구분할 수 있고, 케이블의 유무에 따라 유선과 무선으로 구분할 수 있다. 기능은 크게 유연성과 확장성을 들 수 있는데 유연성은 층장비실의 존재와 기능에 의존하며, 확장성은 덕트(duct)의 유무에 관련된다. 제품은 구내배선장비를 생산하는 업체에 따라 그 종류가 정해지고, 구성요소는 크게 주장비실과 층장비실 그리고 케이블 및 배관의 세 부분으로 이루어지며, 각 요소마다 여러 가지 대안들을 상정할 수 있다.

본 논문에서는 이러한 여러 기준들 중 용량과 전송매체유형만을 고려하여 구내 배선망 진화방안의 대안을 구성하고자 한다. 그 이유는 앞으로 구현될 구내 배선망이 기본적으로 유연

表 2. 업무용 건물에 대한 구내 통신 선로 설비 권장안

배 관	· 인입배관 : 수용될 케이블 외경의 2배 이상, 인입관과 예비관(2공 이상) · 옥내배관 : 케이블 단면적 합이 전선관내 단면적의 32% 이하 · 배관곡률반경 : 배관내경의 6배 이상 · 수직배관 : 예비공을 포함하여 2개 이상 · 수평배관 : underfloor, access floor, 혹은 conduit
주 장 비 실	· 통신실 : 간선 케이블과 접속 · 장비실 : PBX, 컴퓨터 등의 장비, 분배함. 배선반과의 거리는 30m 이내 · 지하에 설치시 방수, 방습, 방진
간 선 케 이 블	· 100Ω 평형 케이블 : 음성과 중저속 데이터 · 층장비실까지 성형 구조 · 점퍼선과 패치코드 길이는 20m 이내 · 50/125 μm 광케이블 또는 싱글 모드 광케이블 · 최대 500m
층 장 비 실	· 밀집지역이 아니면 이웃층과 통합 가능 · 6층 이상 연면적 5000m² 이상 - 층별 전용면적 1000m² 이상 : 각 층에 10.2m² 1개 이상 - 층별 전용면적 800m² 이상 : 각 층에 8.4m² 1개 이상 - 층별 전용면적 500m² 이상 : 각 층에 6.6m² 1개 이상 · 6층 이하 연면적 5000m² 이하 : 5.4m² 1개 이상 · 점퍼선과 패치코드 길이는 5m 이내
수 평 케 이 블	· 음성과 중저속 데이터 : 평형케이블 · 중고속 데이터 : 광케이블 · 최대 90m
작 업 구 역	· 인출구 : 최대 10m² 마다 최소 2개의 모듈러 잭 - 하나는 100/120Ω, 2/4 페어평형 : category 5 이상 지원 - 하나는 category 5 이상 또는 광케이블 단, 케이블이 category 3 이하이고 ISDN 전용이면 케이블 등급과 같은 T568A 사용

성이나 확장성을 기본 기능으로 구비함에 따라 기능에 따른 대안작성이 무의미하고 또한 제품생산업체는 가변적이라는 의미에서, 대안작성의 기준에서 배제하였다. 또한 구성요소별 대안작성 문제는, 전송매체유형 및 케이블 종류에 따라 이에 해당되는 다른 구성 요소들이 함께 정의되므로, 전체 배선망 측면에서 대안을 일괄 작성하는 것이 보다 합리적이라는 이유에서 제외하였다.

3.2 구내 배선망의 용량

구내 배선망의 용량은 개별 노드가 수용할 수 있는 통신서비스의 종류와 품질을 좌우하므로 가장 중요한 특성이라 할 수 있는데 서비스 이용자의 관점에서 보면 개별 노드가 사용 가능한 최대대역폭과 최소대역폭으로 나누어 정의된다. 개별 노드의 최대대역폭은 케이블 및 스위치나 허브 등의 하드웨어적인 측면의 용량에 따라 결정되고 최소대역폭은 허브를 연결하는 중간집선장치의 구성형태, 즉 소프트웨어적인 측면의 용량에 따라 결정된다. 그런데 중간집선장치의 구성형태 등은 개별 건물에 따라 무수히 다양한 형태를 취할 수 있으므로 구내 배선망의 하드웨어적인 측면의 용량을 고려하는 것이 보다 적절하다.

3.3 구내 배선망의 대안구성

98년 새로이 제정된 업무용 건물에 대한 구내 배선망의 표준에 대한 권고사항이 <표 2>에 요약되어 있다(한국통신, 1998). 이러한 표준권고사항을 중심으로 대안을 작성하였는데 유선의 경우에는 표준형과 이보다 저렴한 설치비용이 드는 경제형(보급형)과 표준형보다 용량이 크고 설치비가 많이 드는 확장형으로 정하였으며, 무선의 경우에는 일반적인 무선 LAN을 대안으로 하였다. 이들 네 가지 대안들이 <표 3>에 정리되어 있는데 각 대안 별로 수용 가능한 서비스의 최대대역폭은 경제형, 표준형, 확장형은 각각 10Mbps, 100Mbps, 155Mbps, 무선 LAN의 경우에는 30Mbps 정도의 서비스를 수용할 수 있도록 설계하였다.

각 대안에 대한 기준 시스템 구성도는 <그림 2>와 같은 데 중간집선장치 및 층별집선장치가 생략되었다. 일반적으로 개별 터미널이 사용 가능한 최대대역폭은 터미널이 접속되어 있는 허브의 용량과 케이블에 따라 결정되므로 허브의 용량은 표준형의 경우 100Mbps, 경제형은 10Mbps, 확장형의 경우 155Mbps, 그리고 무선망의 경우에는 30Mbps로 정해진다. 그러나 중앙집선장치의 경우 중간집선장치의 구성형태와 층간 및 층내 트래픽의 구성비율에 따라 용량이 결정되므로 허브의

표 3. 업무용 건물에 대한 구내배선망 대안들

비교대상	경제형(10Mbps)	표준형(100Mbps)	확장형(155Mbps)	무선(30Mbps)
케 이 블	수평 : Cat.3/5 4-pair UTP 간선 : Cat.5/6 UTP 혹은 광케이블	수평 : Cat.5/6 4-pair UTP 간선 : Cat.5/6 UTP 혹은 광케이블	수평/간선 : 광케이블	-
연결장치	rack, cross-connect, patch panel, hub, router	rack, cross-connect, (patch panel, hub, router) 또는 (fiber patch panel, fiber connector)	rack, fiber patch panel, fiber connector, ATM switch	rack, switch, hub, LAN card

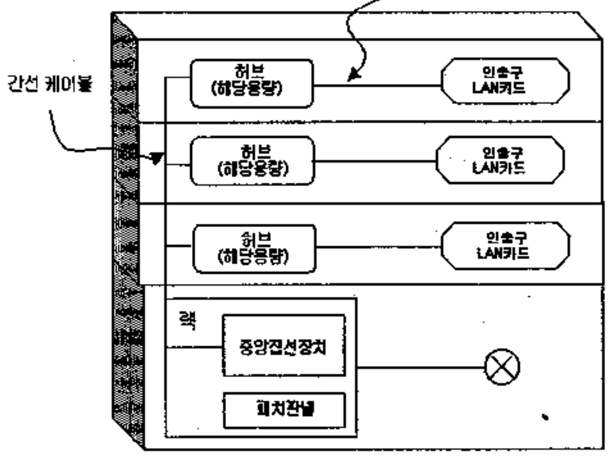


그림 2. 기준 시스템 구성도

용량과 동일하다고 볼 수 없다.

<그림 2>에 주어진 시스템 구성도는 수동장비 위주로 구성된 구내 배선망인데 본 연구에서는 다음과 같은 이유로 수동장비를 위주로 한 시스템을 채택하였다. 우선 능동장비의 경우 대상 건물의 층내 트래픽과 층간 트래픽 및 외부 트래픽 간의 구성비율과 허브와 중간 집선장치 등의 가격에 따라- 즉, 사용환경에 따라서 너무 다양하게 구성되므로 포괄적이고 변별적인 대안작성이 매우 힘들며, 수동장비의 내구연한은 약 15년인데 반해 능동장비는 약 5년으로 수동장비가 능동장비보다 변경이나 용량확장이 매우 힘들어 구내통신에서 인프라 역할을 하기 때문이다.

한편 실제적인 비용분석을 위해서는 중앙집선장치의 용량이 산정되어야 한다. 이를 위해 본 논문에서는 서브네트의 크기를 한 층으로 가정하고 모든 트래픽이 중앙으로 향하고, 중앙집선장치의 용량과 허브의 용량이 같은 경우를 가정하였다.

4. 진화 대안들에 대한 경쟁력 분석

통신서비스 이용자(혹은 구내 배선망 구축자)는 특정 통신서비스를 이용함에 있어 각 대안들이 제공할 수 있는 서비스별 품질특성과 경제적 측면을 종합적으로 고려하여 특정 대안을 선택한다. 즉, 서비스 이용자는 단순히 비용이 적게 드는 대안을 선택할 것이냐 아니면 비용보다는 서비스 품질에 더욱 비중을 둘 것이냐 하는 의사결정을 내려야 한다.

그러나, 서비스 품질과 같은 기술적 요인이 관련된 특성은 절대적인 계량화가 곤란하기 때문에 단순한 우열비교가 어렵고 주관적인 평가에 의존할 수 밖에 없다. 따라서 이러한 주관적인 판단기준을 상대적으로나마 계량화하여 경제적인 측면(구축비용)과 종합적으로 검토 분석하는 방법론이 필요하다. 즉, 위에서 제시한 각 대안의 경쟁력을 분석하는 척도를 산출함에 있어 정성적인 측면과 정량적인 측면을 동시에 분석하는 종합적인 방법론이 필요하다는 것이다.

본 연구에서는 이러한 필요성에 기반하여 서비스품질 등으로 대변되는 정성적 측면과 구축비용이라는 정량적 측면을 종합적으로 고려한 분석모형을 고안하였다. 정성적 분석 (qualitative analysis)에서는 각 대안의 고객 요구 만족도 측면에서 통신서비스의 기능분석에 초점을 두는 분석을 행하고, 정량적 분석(quantitative analysis)에서는 각 대안별로 구내 배선망구축에 필요한 제반비용 분석에 초점을 두는 분석을 수행한다.

4.1 대안들에 대한 비용산정

본 논문에서는 대상 건물을 10층 건물로 가정하고, 각 층 당 사용자를 100명으로 설정하여 각 층 당 사용 회선수는 음성급 100회선과 데이터급 100회선으로 하였다. 경제성 분석에 사용되는 비용항목은 시설투자비, 노무비, 일반관리비, 투자보수비 및 각종 경비 등으로 구성되나 본 연구의 경우 경제성을 비교하는 대안들이 앞으로 출현할 대상까지를 포함하므로 세부적인 항목의 비용추정은 실질적으로 불가능할 뿐만 아니라 실제적으로도 의미가 없으므로 새로운 시설투자시 가장 핵심적인 비용 항목인 시설투자비와 인건비, 유지보수비 등만 고려한다. 이에 의한 각 대안별 비용항목 및 추정치는 <표 4>와 같다.

분석기간은 수동장비의 내구연한인 15년으로 하고 각 대안들의 비용흐름을 근거로 현재가치방법(Net Present Value)을 이용하여 각 대안들의 총투자비의 현재가와 연간 등가 및 초기투자비용을 계산하면 <표 5>와 같다. 단, 이자율은 연 13%로 가정하였다.

4.2 경쟁력 분석

구내 배선망의 수동장비의 내구연한은 약 15년 정도인데 서비스 수용상 큰 불편함이 없는 경우 내구연한 이상 활용되기

표 4. 각 대안들의 비용 항목 및 추정치

구성요소	내구연한	소 요 량	대안별 총비용(만원)			
			경제형	표준형	확장형	무선망
스 위 치	약 5년	15포트	450	6,000	15,000	4,500
허 브	약 5년	1,000포트	6,000	15,000	500,000	50,000
랜 카 드	약 5년	1,000개	5,000	15,000	100,000	50,000
랙	없음	1개	100	100	100	100
패 치 판 넬*	없음	1,000포트	1,000	1,000	2,000	-
인 출 구	없음	1,000포트	1,000	1,000	2,000	-
케 이 블	약 15년	50km	2,000	2,000	35,000	-
배 관 자 재	약 15년	50km	5,000	5,000	5,000	-
기타(잡자재 및 인건비)	-	1식	10,500	10,500	10,500	10,500
유 지 보 수	-		매년 상기항목의 12%			

(*확장형의 경우에는 광분배함임)

표 5. 각 대안의 비용 결과 (단위 : 만원)

비용 \ 대안	경제형	표준형	확장형	무선망
현 재 가	67,847	134,467	1,771,339	303,465
연 간 등 가	10,499	20,808	274,100	46,959
초 기 투 자 비	34,776	62,272	749,952	128,912

도 한다. 또한 수동장비는 변경 및 확장이 용이하지 않다. 따라서 향후 20년 정도의 기간 동안 활용될 구내 배선망을 현재의 투자비용만으로 비교하는 것은 한계가 있다. 이를 보완하는 것이 구내 배선망 대안들에 대한 경쟁력 분석이다. 그런데 이들 대안들에 대해 서비스 수용과 유지보수 및 품질 등의 척도로 장 · 단점을 평가하려면 구내 배선망이 구축되어 활용되는 기간 동안의 서비스 수요나 가입자망의 발전 등 주변환경을 고려하여야 한다. 즉, 한번 설치되면 내구연한 동안 변경이 쉽지 않은 수동장비의 경우 사용기간 동안의 서비스의 발전추세와 이용률 등에 의해 결정되는 트래픽 용량에 의해 주어진 수동장비가 제공할 수 있는 서비스 수용상의 편이성이 결정된다. 따라서 대안들에 대한 정성적인 분석에 앞서 서비스의 발전추세와 가입자망의 발전정도에 대한 시나리오가 마련되어야 한다.

가. 구내 배선망 구축환경 시나리오

전술한 바와 같이, 본 연구에서는 구내 배선망의 진화에 영향을 주는 중요 요인으로 인식되고 있는 통신서비스의 발전추세와 가입자망의 발전정도를 축으로 하여 구내 배선망의 구축환경에 대한 시나리오를 설정하였다.

우선 통신서비스의 발전추세를 고찰하여 보자. 서비스의 발전 추세는 음성급에서 데이터위주로, 데이터위주에서 동영상이 포함되는 멀티미디어로의 진행이다. 아직까지는 전화위주의 음성급 서비스, PC 통신, 인터넷 위주의 데이터통신 서비스가 주류를 이루고 있으나 점차 음성, 데이터, 비디오가 혼재되는 멀티미디어 서비스가 확산되고 있다. 앞으로 멀티미디어를 이용한 어떠한 형태의 응용서비스가 탄생되어 정보통신 서비스 시장의 주역이 될지는 예측하기 힘드나, 전송망의 발전이 서비스 발전을 선도해온 지금까지의 예를 볼 때, 미래의 서비스가 용량면에서는 어떻게 발전될 것인지는 예상할 수 있다. 전송망의 발전에 따라 서비스를 분류하면 다음과 같다 (Akimaru and Finley Jr., 1997; Kwok, 1997).

1) POTS
   음성전화, G3-Fax, 저속 데이터통신(PC 통신), 음성전화 부가 서비스 등
2) N-ISDN
   ISDN 전화, G4-Fax, 텔리마케팅, 고속화일전송, TV 영상회의, 고속데이터 전송, 영상정보 검색
3) B-ISDN
   고속전용선 서비스, 고품질 TV 전화, 고품질 TV 회의, 광대역 비디오 텍스, 비디오메일
4) 광가입자망
   HDTV, 초고속 데이터 전송 등

본 연구에서는 구내 배선망 구축환경 시나리오 분석을 위해서 먼저 멀티미디어 서비스의 발전정도를 고속, 중간, 저속으로 분류하였다. 고속 발전의 경우 10Mbps 이상의 서비스가 활성화되는 경우로 20Mbps를 대표 서비스로 보았으며 현재로서는 HDTV 서비스 정도가 이 서비스 범주에 들 수 있다. 중간 정도의 발전을 보일 경우 1~10Mbps 수준의 서비스가 활성화된다고 보았으며 5Mbps를 대표 서비스로 VOD, 고속 데이터 전송이 이 범주에 들 수 있을 것이다. 저속 발전의 경우는 1Mbps 이하의 서비스가 주류를 이루는 상황으로 500Kbps를 대표 서비스로 보았다.

현재 개발된 가입자망 관련 기술은 HFC 방식, xDSL로 통칭되는 ADSL, SDSL, VDSL, HDSL 등이 있고 FTTx로 불리는 FTTC, FTTB, FTTH 등이 있으며 무선 방식인 MMDS, LMDS 등이 있다. 이들 방식 중에서는 FTTH가 전송 대역폭이나 제공 가능한 서비스 측면에서는 현재 가장 앞서 있는 방식이다. 그러나 FTTH 방식의 구현을 위해서는 초기 투자 비용이 많이 들고 몇 가지 기술적인 문제들을 해결해야 하므로 지금 당장 FTTH 방식을 구현하기는 어려움이 따른다. 이러한 관점에서 현재 개발되었거나 개발중인 기술에 입각하여 가입자망의 순차적인 발전 과정을 전망해보면 다음과 같다.

전화사업자의 경우에는 현재 설치된 막대한 양의 전화선을 포기하기 어렵기 때문에 ADSL 방식으로의 진화가 유력하고, 고속통신의 일반화가 이루어지면, FTTC를 거쳐 FTTH의 도입이 유망할 것으로 보인다. HFC 방식의 사업자는 600~700MHz의 대역폭을 사용하여 현재 설치된 가입자망 중에는 가장 빠른 전송 대역을 제공하고 TV 방송도 수용할 수 있으므로 상당기간 현재의 방식을 유지할 것으로 예상되나, 향후 약 20Mbps의 전송대역을 필요로 하는 HDTV와 같은 새로운 서비스를 수용하기 위해서는 동축케이블로 구성된 부분을 광케이블로 교체하여 FTTC 방식과 기술적으로는 차이가 나더라도 구조면에서는 동일한 시스템으로 진화할 것으로 예상된다. 가입자망을 무선 방식으로 하면 유선 방식에 비해 케이블 설치비용을 대폭 절감할 수 있으며 가입자의 이동에 따른 재설치 비용이 없다. 필요한 무선 주파수만 확보할 수 있으면 가입자 증가에 따른 추가 비용도 거의 들지 않지만, 무선 방식은 아무래도 유선 방식에 비해 서비스 품질이 떨어지고 사용 가능한 주파수 대역의 제약으로 수용할 수 있는 가입자수에 한계가 있기 때문에 광범위하게 사용되기는 어렵다고 보인다. 또한 전자파의 특성상 기술적인 장애 요인도 많으므로 유선 가입자망의 설치가 곤란한 지역이나 유선 가입자망의 보조 수단으로 부분적으로만 사용될 가능성이 크다.

위와 같은 측면을 고려하여, 본 연구에서는 가입자망의 진화 정도를 빠른 진화와 현재 상태로 분류하였다. 가입자망의 진화가 정부의 계획대로 빠르게 진행될 경우 2015년 경에는 FTTC/FTTH가 가입자망의 주류를 이루고 HFC가 혼합되어 있는 상황을 예상하였다. 반면 가입자망의 진화가 답보 상태를 유지하는 경우는 현재의 구리선 위주의 전화망을 향상시켜서 사용하는 N-ISDN이나 ASDL 수준을 가정하였다.

이상과 같이 서비스의 발전추세를 세 가지로 가정하였고 가입자망의 발전정도를 두 가지로 가정하였으므로 총 시나리오의 가지 수는 6가지가 된다. 그러나 서비스의 발전 추세는 이들 서비스에 대한 수요와 완전히 분리해서 존재하기 힘들다. 즉, 가입자망이 현단계에 머무는 상태에서 5Mbps급 이상의 서비스가 광범위하게 사용되기는 매우 힘들다. 따라서 서비스의 발전추세가 고속이나 중간수준일 경우에 가입자망은 FTTC/FTTH급만을 고려하는 것이 타당할 것이다. 결국, 대안들에 대한 정성적 분석을 하는 데 있어 고려할 만한 시나리오는 총 네 가지이며 <표 6>과 같다.

표 6. 진화의 4가지 시나리오

멀티미디어서비스 발전 정도	가입자망 진화 정도	시나리오 구성
고속 발전	빠른 진화	a
	현재 상태	-
중간 발전	빠른 진화	b
	현재 상태	-
저속 발전	빠른 진화	c
	현재 상태	d

나. 경쟁력 분석의 틀

구내 배선망의 경쟁력 분석을 위하여 사용될 AHP(Analytic Hierarchy Process) 방법은 여러 가지 행동 및 선택 대안들에 대한 정량적 기준과 정성적인 판단기준을 상위-하위 속성으로 계층화하고 이들에 대한 합리적인 비교방법을 제시함으로써 모호한 의사결정 문제를 체계화하고 손쉽고도 합리적인 대안의 선택을 지원하는 데 유용하다(Satty, 1980). AHP 분석을 수행하기 위해서는 우선 브레인스토밍의 절차를 거쳐 의사결정의 계층을 구축하여야 하는데 <그림 3>은 구축된 의사결정의 계층을 보여준다.

경제형, 표준형, 확장형, 그리고 무선망의 네 가지 대안 중 경제성과 경쟁력 측면에서 가장 좋은 대안을 선정하기 위한 AHP 절차의 결정 요인은 화폐적 가치와 비화폐적 가치이다. 화폐적 가치는 각 대안의 특성에 맞는 구내 배선망을 구축하는 데 드는 각종 비용 항목의 합이고, 비화폐적 가치는 각 대안을 구축하였을 때 구내 배선망을 사용하는 주체의 정성적 효용, 즉 서비스로부터 얻는 효용과 서비스 외적인 요인으로부터 얻는 효용의 합으로 표시될 수 있다. 서비스 측면에서는 원하는 서비스를 얼마만큼 원활하게 충족할 수 있느냐를 나타내는 서비스 수용정도와 서비스 제공중에 사용자가 느끼는 서

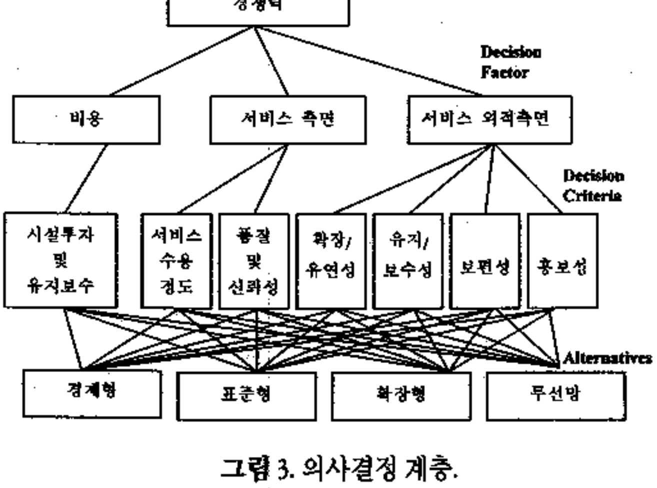


그림 3. 의사결정 계층.

비스의 품질 및 신뢰성(시스템이 규정된 운용조건하에서 일정 시간 동안 그 기능을 만족스럽게 수행할 확률)으로 구분할 수 있다.

반면에 서비스 외적 측면에서는 서비스의 확장성/유연성, 유지/보수성, 보편성, 그리고 홍보성 등으로 결정인자를 구분할 수 있다. 확장성/유연성은 각각의 대안이 향후 제공될 통신 서비스의 용량조건이나 품질조건이 변화하였을 때 유연하게 대처할 수 있는 정도에 대한 척도이며, 구내 배선망을 설치할 때, 자신 이외의 다른 사용자들이 구비하고 있는 구내 배선망의 유형도 의사결정에 영향을 미치는 것으로 간주하여 보편성을 고려하였고, 홍보성은 자신이 주어진 유형의 구내 배선망을 구축하였을 때 이로부터 기대할 수 있는 대외 이미지 등의 요인을 참작한 것이다. 이러한 의사결정의 계층을 토대로 각 대안에 대한 구체적인 경쟁력 분석을 수행한다.

표 7. 경쟁요인의 중요도

요인 / 시나리오	가격요인	서비스 요인	서비스외 요인
a 시나리오	3.5	4.5	2.0
b 시나리오	4.5	3.0	2.5
c 시나리오	5.0	3.5	1.5
d 시나리오	5.5	2.5	2.0

표 8. 세부경쟁요인의 중요도

세부요인 / 시나리오	서비스		서비스외			
	수용 정도	품질 신뢰성	확장/ 유연성	유지/ 보수성	보편성	홍보성
각 시나리오	6.50	3.50	3.50	3.25	2.25	1.00

다. AHP 설문구성 및 응답

본 연구에서 사용될 경쟁력 분석에는 전문가들과 인터뷰를 수행하여 그 결과를 입력자료로 활용하는데 이 때 설문 결과에 대한 정합성의 확보가 전체 분석 결과의 신뢰성에 중대한 영향을 미치는 요인이 된다. 정합성은 쌍비교행렬을 구성하여 수리적인 절차에 의하여 확보할 수도 있으나, 소수의 전문가 집단을 구성하여 충분한 토의와 논의를 거쳐서 최종적으로 설문결과에 반영하는 방법도 사용될 수 있다. 특히 본 연구와 같이 일반 대중이 아직 경험하지 못한 서비스에 대한 조사는 다수의 응답자를 확보하는 것보다는 해당 분야의 전문가와 심도 있게 해당 문항의 답을 도출하는 것이 보다 신뢰성이 높은 결과를 가져올 수 있다. 따라서, 본 연구에서는 관련 분야의 전문가 집단(구내통신 설치업자 및 관련분야 연구원, LAN 관리자 등)을 구성하여 설문의 답을 구하여 이를 분석에 사용하였다. 분석의 토대가 되는 설문의 구성은 다음과 같다.

1) 구내 배선망의 대안설명
   : 3절에서 도출된 네 가지 대안에 대한 설명
2) 구내 배선망 진화의 개념 및 시나리오 구성
   : 4절의 네 가지 진화 시나리오에 대한 설명
3) 경쟁구조에 대한 설명
   : 경쟁요인(가격요인, 서비스 요인, 서비스외 요인 등)
   : 세부경쟁요인(서비스 요인 - 수용정도, 품질 및 신뢰성, 서비스외 요인 - 확장/유연성, 유지/보수성, 보편성, 홍보성)
4) 경쟁요인 중요도 평가 및 세부경쟁요인 점수 평점

설문지에서는 각 경쟁요인의 중요도(weight)를 평가하고, 각 대안이 요인별로 얻을 수 있는 점수(score)를 도출한다. 이 때 경쟁요인의 중요도는 시나리오별로 그 평점의 합이 10이 되도록 하였으며, 세부경쟁 요인의 중요도는 시나리오와 관계없이 동일한 것으로 하여 평점 합이 10이 되도록 하였다.

구축대안별 경쟁점수는 100점을 만점으로 하여 각 요인에 대하여 점수화하였으며, 구축비용, 품질 및 신뢰성, 확장성/유연성, 유지/보수성, 홍보성 등은 시나리오와 다소 관계가 적은 것으로 판단되어 단일화하였다. 그러나, 서비스 수용정도와 보편성 등은 시나리오와 밀접한 관련이 있으므로 시나리오별로 답을 구하였다. 다음 <표 7>, <표 8>은 각 요인의 중요도 결과를 보여준다.

<표 7>을 보면 가격요인은 서비스 및 가입자망의 발전도가 높을수록 그 중요도가 뚜렷하게 감소할 것이라는 데에 의견의 일치를 보이고 있으며, 서비스 요인은 서비스 및 가입자망의 발전도가 높을수록 그 중요도가 다소 증가하는 경향을 보일 것이라는 데에 의견의 일치를 보이고 있다. 반면에 서비스외 요인에서는 일정한 경향이 발견되지 않았다. <표 8>을 살펴보면, 서비스 측면에서는 서비스의 수용 정도가 품질 및 신뢰성 보다 높은 중요도를 받았고, 서비스 외적인 측면에서는 확장/유연성, 유지/보수성이 보편성이나 홍보성보다 높은 중요도를 받았다. 한편 보편성도 홍보성보다는 중요도가 높은 것으로 나타났다.

위의 결과를 토대로 하여 AHP 분석에 사용될 입력자료를 구성하면, 다음 <표 9>와 같다.

우선, 비용의 경우에는 각 대안별 비용분석의 결과를 참조하기로 결정하였는데, 이 부분은 향후 장비기술의 발전으로 변동할 가능성이 매우 크다고 할 수 있다. 따라서, 비용 부문은 실제 AHP 분석에서 하나의 시나리오를 구성하여 결과를 산출하는 것이 보다 현실적이라고 할 수 있다.

서비스 수용 부분은 각 시나리오로 대표되는 서비스 대역이 각각 20Mbps, 5Mbps, 0.5Mbps임을 고려하였고, 각 대안별로는 서비스 사용자에게 부여된 대역폭이 허브와 같은 능동장비에 따라 가변적이지만, 대체로 각 대안별로 부여된 서비스 최대 대역폭의 10% 정도를 사용자에게 할당하는 것으로 가정하였다. 즉, 경제형인 경우에 최대 대역폭은 10Mbps이나, 개인에게 할당한 대역폭은 이의 10%인 1Mbps로 가정하였다. 이러한 맥

표 9. AHP 분석의 입력 자료

경쟁요인	세 부 요 인	경제형				표준형				확장형				무선망			
		a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d	a	b	c	d
비 용	구 축 비 용	비용은 비용분석을 참조하여 AHP분석에서 결정하기로 함.															
서 비 스	수 용 정 도	5	20	100	100	50	100	100	100	77.5	100	100	100	15	60	100	100
	신 뢰 성	83.250				88.125				91.250				67.500			
서비스외	확 장 유 연	72.500				83.750				96.250				60.000			
	유 지 보 수	88.125				91.250				76.250				56.250			
	보 편 성	37.5	40	42.5	45	97.5	95	87.5	85	90	82.5	65	57.5	40	42.5	45	47.5
	홍 보	53.750				73.750				93.750				78.750			

락에서 서비스 수용부분에서 각 대안이 얻는 점수는 "대안별 할당대역폭/시나리오별대표대역폭"으로 하여 100점 만점을 기준으로 계산하였다. 예로서 경제형 대안의 a 시나리오에서의 서비스 수용점수는 (1/20)×100인 5.00으로 하였고, 확장형 대안의 b 시나리오에서의 서비스 수용점수는 (15.5/5)×100로 100이 넘지만, 최대 점수가 100이므로 100점을 부여하였다.

한편, 신뢰성 부분에서는 무선망이 가장 낮은 점수를 얻었으며, 확장/유연성의 경우 무선망 대안에서 다소 논란이 있었으나 가장 낮은 점수를 주는 데 합의하였다. 보편성의 경우에는 예상하였던 바대로 표준형이 가장 높은 점수를 받았다. 홍보성 부분에서 무선망 대안이 경제형이나 표준형보다는 높은 점수를 받았다.

라. AHP 분석에 의한 최적 대안 도출

위에서 얻은 자료로 AHP 분석을 수행하기 전에 비용 측면에 대하여 살펴보면, 현재상태에서 각 대안별로 도출된 비용의 종류는 <표 5>와 같이 현재등가, 연간등가, 그리고 초기 투자비 등이다. 건물주 혹은 아파트 건설회사의 의사결정과정을 살펴보면, 이들이 구내 배선망의 유형을 선택하는 시점은 건물의 설계 단계 혹은 그 이전 단계이며, 건물의 건축비를 구성하고 있는 제반 비용 요소들 중에서 구내통신망의 설치에 소요되는 비용(초기투자비용) 만을 따로 독립시켜 의사결정에 반영하기 보다는 모든 비용 요소들을 한꺼번에 고려하는 경우가 대부분이다. 따라서, 구내배선망의 경쟁력 분석시 비용요소는 그 자체만으로 분석하기 보다는 전체 공사비와 함께(즉, 공사비+통신관련 초기투자비) 고려하는 것이 타당할 것이다. 즉, 총공사비에 대한 구배배선망 관련 투자비의 marginal cost를 고려하고자 한다. 이러한 맥락에서 AHP분석에 입력되는 비용자료는 업무용 건물(10층, 층당 100명 사용)의 전체 공사비를 구해야 하나 이들을 일괄적으로 추정하기에는 어려움이 많기 때문에 다음과 같이 비용 요소들을 고려한다. 먼저 업무용 건물의 건축비는 약 150억원으로 가정하고 이에 따라 각 대안별 비용은 경제형, 표준형, 확장형, 무선망 각각 153.5억, 156.2억, 225억, 162.9억으로 가정한다.

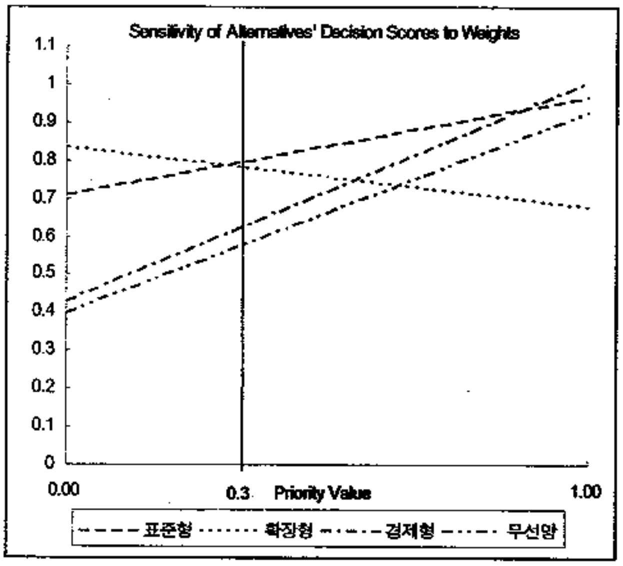
표 10. 대안별 비용요소 평점

평점 \ 대안	업무용			
	경제형	표준형	확장형	무선망
비용평점	$\frac{153.5}{153.5}\times 100$	$\frac{153.5}{156.2}\times 100$	$\frac{153.5}{225.0}\times 100$	$\frac{153.5}{162.9}\times 100$

위와 같은 가정에서 각 대안별 비용요소 평점을 $\frac{\text{Min(비용)}}{\text{비용}}\times 100$ 으로 계산하면 <표 10>과 같다. <표 10>에 주어진 비용평점과 전술하였던 서비스 평점 및 서비스외적 평점을 입력자료로 AHP 분석을 수행하여(InfoHarvest사의 Criterium Decision Plus package를 사용(InforHarvest, 1998)) <표 11>과 같이 시나리오별로 각 대안들의 경쟁력 지수를 산출하였다. <표 11>에서 산출된 경쟁력 지수는 1에 가까울수록 높은 경쟁력을 지님을 의미하며 가장 경쟁력이 큰 대안의 경쟁력 지수를 밑줄을 그어 표시하였다.

일차적인 분석 결과 모든 시나리오에 대하여 표준형이 가장 경쟁력 있는 구내 배선망 대안으로 도출되었다. 한편 a 시나리오 즉, 멀티미디어서비스의 발전정도가 높고, 가입자망의 진화정도가 FTTH와 FTTC일 때는, 표준형과 확장형의 경쟁력 차이가 근소함을 보이고 있다. 이러한 차이는 b, c, d 시나리오로 감에 따라 즉, 멀티미디어서비스의 발전정도와 가입자망의 진화정도가 낮아짐에 따라 두드러지고 있다.

표준형과 확장형의 경쟁력이 가장 근소한 차이를 보이는 a 시나리오에 대해 비용요인에 대한 감도분석과 비용요인, 서비스요인, 서비스외적 요인 등이 전체 경쟁력에 미치는 기여도 분석을 수행한 결과가 다음 <그림 4>와 <그림 5>에 나와 있다. <그림 4>의 결과는 비용에 대한 중요도가 0.35인 경우로, 이 중요도가 0.3 이하일 때에는 확장형이 우세를 보이고 있으며, 0.95 이상일 때에는 경제형이 우세를 보이고 있음을 알 수 있다. <그림 5>에서는 비용요인에서 확장형이 큰 열세를 보이고 있으나, 서비스 요인에서는 상대적 우위를 점하고 있음을 보여 준다.



The current weight is that of: "비용" with respect to "경쟁력"
The current priority is 0.35(Unimportant), with criticality 4.7%

그림 4. a 시나리오의 비용요인에 대한 민감도 분석결과.

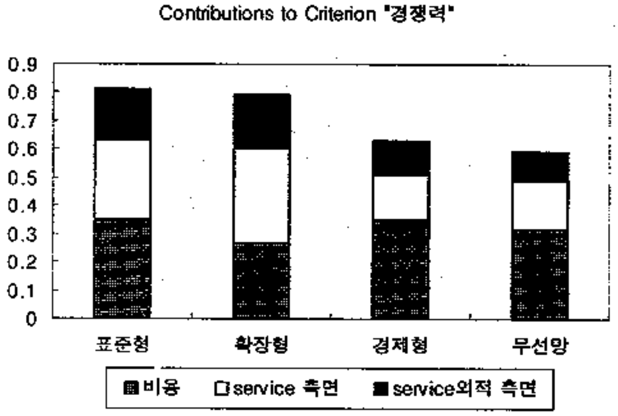


그림 5. a 시나리오의 각 요인별 경쟁력 지수 기여도.

<표 11>에서 도출된 각 대안별 경쟁력 지수는 현재의 비용 조건, 서비스 조건 및 서비스외적 조건하에서 유효한 지수라 할 수 있다. 그러나, 이러한 조건들 중에서 특히 비용요인은 광케이블 관련 기술개발속도의 완급에 따라 가장 큰 영향을 받는 조건이라는 점을 고려하여, 확장형 대안이 표준형 대안과 비교해 볼 때 경쟁력을 보유하기 위한 비용 조건을 표시하면 다음 <표 12>와 같다.

표 11. 시나리오별 경쟁력 지수

대안 / 시나리오	업무용			
	경제형	표준형	확장형	무선망
a 시나리오	0.63	0.81	0.79	0.59
b 시나리오	0.75	0.95	0.81	0.75
c 시나리오	0.93	0.96	0.80	0.87
d 시나리오	0.92	0.95	0.78	0.86

표 12. 확장형 대안이 경쟁력을 보유하기 위한 비용 조건

시나리오 / 평점	a 시나리오	b 시나리오	c 시나리오	d 시나리오
비용평점	75	98	99	99
건물비용	204.7억원	156.6억원	155억원	155억원
통신망구축비용	54.7억원	6.6억원	5억원	5억원

현재 상태에서 확장형 구내통신망의 구축 비용은 약 75억원임을 감안해볼 때, a 시나리오의 경우에는 현재 비용의 약 73%, b 시나리오의 경우에는 현재 비용의 약 9%로 구축비용이 줄어든다면 경쟁력을 보유한다고 할 수 있다. c와 d 시나리오의 경우에는 표준형 구내 배선망의 구축비용보다 오히려 더욱 저렴해야 경쟁력을 보유할 수 있다. 이는 비용요소 이외에 유지/보수성 및 보편성 등에서 확장형이 표준형보다 열세에 있기 때문으로 판단된다.

따라서, 가장 진화된 구내 배선망 대안이라 할 수 있는 확장형 대안이 경쟁력을 보유하기 위해서는 통신의 제반 여건이 성숙될 때 즉, 멀티미디어서비스의 비약적인 발전이 전제되고 통신인프라가 FTTH 또는 FTTC 등으로 구비됨은 물론 구축비용이 상당히 낮아질 때만 가능함을 알 수 있다. 반면, 현재 상태에서는 표준형 대안이 가장 높은 경쟁력을 보유하고 있는 것으로 나타나고 있으며 경제형 및 무선망은 경쟁력 측면에서 상대적 열세를 보이고 있는 것으로 나타나고 있다.

5. 결론 및 추후 연구방향

본 연구에서는 업무용 건물에 대한 구내 배선망의 경제적 진화 방안을 고찰해 보았다. 이를 위하여 가입자망의 현황 및 발전 방향과 향후 구현될 대용량 멀티미디어서비스의 발전 정도를 몇 개의 시나리오로 작성하고 국내외 자료 검색과 전문가 토의를 거쳐 수동장비를 위주로 한 네 가지 현실적인 대안을 도출하여, 각각의 상황에서 가장 경쟁력 있는 대안을 얻고자 하였다. 경쟁력 분석 결과, 현재의 비용 구조하에서는 표준형 대안이 가장 최적인 진화 대안으로 선정되었으나, 통신기술의 급격한 발달로 비용구조가 변화하는 경우를 감안하여, 비용요소를 하나의 결정변수로 정하여 감도분석을 수행하였다. 이에 대한 결과 확장형 대안의 경우, 멀티미디어서비스가 활발하게 도입되고 통신인프라가 FTTC 혹은 FTTH 등으로 구비되었을 때에는 구축비용이 현재의 73% 이하일 때 경쟁력을 보유하는 것으로 나타났다.

구내 배선망의 수동장비의 요체인 케이블은, 업무용건물의 경우 앞으로의 진화방안은 광케이블과 UTP Cat.5 두 가지로 압축된다. 본 연구에서는 구내 배선망의 전체대안을 비교하는 것을 주안점으로 하였으므로 구내 배선망 중 예를 들어 업무용 표준형 중에서 간선 하나만을 대상으로 상세비교가 이루어지지는 못했다. 그러나 간선의 대안이 광케이블과 UTP Cat.5

두 가지로 압축된다고 할 때 둘 중 어느 하나, 즉 광케이블이 경제적인 측면에서 보다 우월한 대안이 되는 조건을 도출할 수 있다면 여러모로 유익할 것이다. 따라서, 현재 상태에서 가장 보편적이라 할 수 있는 표준형 대안 중에서도 능동장비와 수동장비의 조합에 따라 다양한 하부 대안이 도출될 수 있으므로, 이들을 체계적으로 분석하는 것이 추후의 연구과제가 될 것이다.

참고문헌

한국통신 (1998), 업무용 건물에 대한 구내통신 선로설비의 기술표준.
한국통신 연구개발원 (1995), 구내통신 선로설비 표준화 연구.
한국통신 통신망연구소 (1996), B-ISDN 설계 및 계획기법에 관한 연구.
Akimaru, H. and M. Finley Jr. (1997), Elements of the Emerging Broadband Information Highway, *IEEE Communications Magazine*, June, 84-94.
Baiocchi, A., N.B. Melazzi, and Listani, M. (1991), Loss performance analysis of an ATM multiplexer loaded with high-speed on-off source, *IEEE J.S.A.C.*, 9(3), 388-393.
Chan, J.H.S. and Tasng, D.H.K. (1994), Bandwidth allocation of multiple QOS classes in ATM environment, *IEEE INFOCOM*, 360-367.
InfoHarvest (1998), *Criterium Decision Plus users guide*.
Elwalid, A.I. and Mitra, D. (1993), Effective bandwidth of general Markovian traffic sources and admission control of high speed networks, *IEEE/ACM Trans. on Networking*, 1(3), 329-343.
Guerin, R. and Gun, L. (1992), A unified approach to bandwidth allocation and access control in fast packet-switched networks, *IEEE INFOCOM*, 1-12.
Ims, L., D. Myhre, and Olsen, B. (1997), Economics of Residential Broadband Access Network Technologies and Strategies, *IEEE Network*, 51-57.
Kwok, T. (1997), Residential Broadband Internet Services and Applications Requirements, *IEEE Communications Magazine*, June, 76-83.
Lindberger, K. (1994), Dimensioning and design method for integrated ATM networks, *ITC* 14, 897-906.
Onvural, R.O. (1995), *Asynchronous transfer mode networks : Performance Issues*, Artech House, 464-476.
Satty, T.L. (1980), *The Analytic Hierachy Process*, McGrawHill.

김 지 표
1983년 서울대학교 조선공학과 학사
1985년 서울대학교 산업공학과 석사
1993년 University of Missouri-Columbia 산업공학과 박사
현재: 서울산업대학교 산업공학과 조교수
관심분야: 물류시스템, E-Commerce, 의사결정분석, 통신망계획 등

김 종 화
1986년 서울대학교 산업공학과 학사
1988년 서울대학교 산업공학과 석사
1995년 University of Michigan Industrial and Operations Engineering 박사
현재: 건국대학교 산업공학과 조교수
관심분야: 시뮬레이션, Material Handling, CIM

홍 정 식
1982년 서울대학교 산업공학과 학사
1985년 서울대학교 산업공학과 석사
1988년 서울대학교 산업공학과 박사
현재: 서울산업대학교 산업공학과 교수
관심분야: System Reliability, Applications of Queuing Theory, Analysis of Computer Communication Network

현 인 재
1988년 경북대학교 전자공학과 학사
1990년 경북대학교 컴퓨터공학과 석사
현재: 한국통신 가입자망 연구소 전임연구원
관심분야: 매체접근제어기술, 가입자망 상호접속기술, 홈네트워킹기술

안 재 경
1985년 서울대학교 산업공학과 학사
1987년 서울대학교 산업공학과 석사
1991년 미국 아이오와주립대학 박사
현재: 서울산업대학교 산업공학과 부교수
관심분야: SCM, 생산계획 및 스케쥴링, 위성통신 응용, 가입자망 운영 등

서 태 석
1983년 서울대학교 금속공학과 학사
1985년 한국과학기술원 재료공학과 석사
현재: 한국통신 가입자망연구소 팀장
관심분야: 구내 초고속 멀티미디어 서비스, 구내통신설비표준화, 광가입자망