

초고속정보통신망 구축을 위한 기획분석 모형의 개발 및 분석

전용수* · 장석권**

Planning the Korea Information Infrastructure : Models and a Case Example

YongSu Chun* · Suk-Gwon Chang**

■ Abstract ■

The use of network planning models and tools is essential for effective KII (Korea Information Infrastructure) planning and analysis in that it will significantly reduce the risk and uncertainty embeded in the development and the provision of future broadband services. The purpose of this study is to develop a theoretical framework and a computer tool for modeling the various aspects of the KII topology and architecture and evaluating the techno-economic feasibility of the KII implementation strategy.

Keyword : Network Planning, Network Planning Tool, Korea Information Infrastructure

1. 서 론

우리나라의 초고속 정보통신 기반구축 사업은 '95년부터 2005년까지 공공재원을 선투자하여 고속·대용량의 정보전송이 가능한 초고속정보통신망을 구축하는 것을 목표로 추진되고 있다.

초고속 정보통신 기반구축 종합추진계획이 수립된 이래, 기반 조성 및 완성 단계인 1·2단계 사업이 성공적으로 완료되었으며, 2001년부터는 고도화 단계인 3단계 사업이 진행중이다.

초고속 정보통신망의 효율적인 구축을 위해서는 HFC, HFR, FTTC/FTTO/FTTH 등 초고속 정보

논문접수일 : 2002년 9월 2일

논문게재확정일 : 2002년 11월 9일

* 한국전산원 국가정보화센터

** 한양대학교 경영대학

통신 기반구축의 다양한 아키텍처에 대한 기술경제성 분석이 지속적으로 필요하다.

특히, 컴퓨터를 이용한 네트워크 기획분석 도구의 개발과 활용을 통하여 시장전개에 내포된 위험과 불확실성을 줄일 수 있으며, 효율적이고 효과적인 정책수립 및 시행을 가능하게 할 수 있다.

유럽의 경우에는 RACE 프로젝트에서 개발한 TITAN(Tool for Introduction Scenarios and Techno-Economic Evaluation for the Access Network)을 이용하여 통신망 고도화 또는 차세대 고속정보통신망 구축의 다양한 시나리오를 설정하여, 그 기술경제성을 분석한 바 있다.

네트워크 기획분석 모형을 활용한 시나리오 분석은 초고속 기반구축 사업과 같이 내포된 기술위험과 시장위험이 큰 사업에 있어서 불확실성을 줄이고, 기반구축사업의 성격을 파악하고 이해하는데 가장 효과적인 방법이다.

이 방법론은 단순히 통신망 계획도구의 수준을 넘어, 현재 국내 통신망 기반의 구축정도와 사업자 기반, 그리고 산업전체의 기술경제적 여건을 감안한 것이어야 하며, 이것이 전제될 때 비로소 현실성이 있는 네트워크 기획모형이 될 수 있을 것이다. 이를 활용하여 현실적인 시나리오 분석이 이루어지면, 그 분석결과는 향후 막대한 예산이 투입되는 초고속관련 사업의 투자타당성 및 투자효율을 높이는 데 기여할 수 있을 것이다.

초고속망 기획분석 모형은 그 범위에 있어서 크게 세 단계로 나누어 볼 수 있다. 최상위 모형은 서비스 수요/시장모형으로서 초고속망 서비스의 수요측면과 공급측면을 분석하여 시장형성의 조건을 도출하고 점검하는 모형이다. 이 모형의 개발을 통해서 시장형성 조건이 충족되지 않는 초기, 즉 정부의 초고속관련 시장개발 및 개입이 불가피한 시기를 규정하고, 그 기간동안 정부의 정책/전략변수를 도출한 후 그 영향을 분석한다. 이 모형은 서비스별로 잠재수요가 공급측면의 어떠한 변수들에 의해 개발되는가를 수리적으로 모형화한 수요모형, 공급측면에서는 진화단계상 각 서

비스 제공에 필요한 네트워크 아키텍처와 네트워크 규모를 추정하는 공급모형, 그리고 종합적으로는 수요모형과 공급모형을 결합하고 그 적합성을 검증하는 부분으로 구성된다.

중간단계의 모형은 각 네트워크 아키텍처에 대해서 가입자망 아키텍처와 그 규모로부터 투자비 규모와 각종 비용요소를 도출하는 부분과, 진화단계상 전후하는 네트워크 아키텍처간의 단계적 전환을 수학적으로 표현하는 부분으로 구성된다. 초고속망의 가입자부문에 대해서는 여러 가지 네트워크 아키텍처가 제시되어 있어 이들에 관해서는 기존의 연구결과를 이용한다. 이 모형은 새로운 네트워크 아키텍처의 도입이 갖는 의미, 즉 서비스 개발효과 및 기술경제적 타당성을 검토하는데 사용된다. 기술경제성을 검토하기 위한 기준으로는 투자경제성, 옵션가치, 사업에 내재된 위험, 그리고 이들을 종합적으로 다룬 전략적 타당성이 있다.

최하위 단계의 모형은 통신망 아키텍처의 전환, 가입자망 구성, 초고속국가망 설계, 최적 전환전략 등 주요 전략적 의사결정을 앞서 개발한 평가기준에 의거하여 정식화한 최적화 모형들로 구성된다. 이들 모형은 통신망 계획과정상 트래픽망, 설비망 토폴로지를 결정하고, 각 설비의 용량을 최적화하는데 이론적 기초가 된다. 정식화된 최적화 모형에 입각하여 최적해를 찾는 데 필요한 알고리즘의 개발과 적용도 이 단계에서 이루어져야 한다.

본 연구는 초고속망 기획을 위한 네트워크 기획분석 모형의 이론적 골격을 개발하고, 이를 바탕으로 초고속 기반망의 단계별 구축계획을 수립하는데 활용할 수 있는 기획도구의 개발요구사항을 도출하는 것을 그 목표로 한다.

2. 초고속망 기획분석 모형

2.1 기획분석모형의 기본 틀

2.1.1 수요의 정의

1) 가입수요

초고속 정보통신망에 있어서 가입수요는 PSTN,

N-ISDN, xDSL, 유무선케이블, LAN 등 선택가능한 여러 가입자접속 아키텍처중에서 어느 한 방법으로 연결된 가입자의 수를 말한다. 정보통신망의 기본 구조를 감안할 때, 가입수요는 가입자 단말에서 정보통신망 방향으로 일정구간까지는 독자적으로 사용하는 시설구간을 가지며, 그 접속의 형태는 접속망 아키텍처와 접속속도, 그리고 접속방식 등에 의해 구분된다. 가입수요의 단위는 통신망에서의 한 회선 또는 포트로 정의되나 이용자의 관점에서는 특정 개인이 될 수도 있고, 또는 LAN과 같이 사용자 그룹에 대응될 수도 있다.

초고속 정보통신망에 접속하는 통신망 아키텍처는 매우 여러가지 형태가 있는데, 이를 가입수요의 형태, 전용시설구간, 그리고 접속속도의 관점에서 분류하면, <표 1>과 같다.

2) 트래픽수요

트래픽수요는 가입자가 정보통신망에 연결되어 여러 가지 application을 활용하는 과정에서 네트워크의 일정구간, 또는 전구간에 걸쳐 발생시키는 트래픽의 양을 말한다. 따라서 트래픽수요는 네트워크상의 전용구간(dedicated section)에서가 아니라 공유구간(shared section)에서 네트워크의 용량을 계산하는데 사용된다.

일반적으로 가입수요는 전용구간에서의 접속형태별/접속속도별 가입자수로 나타낼 수 있는 반면, 트래픽수요는 통계적다중화(statistical multiplexing)가 이루어지는 공유구간에서 Mbps 단위

의 전송용량이나 증계포트의 수로 나타낼 수 있다.

2.1.2 초고속망 기획모형의 기본 구조와 절차

1) 기본 구조

<그림 1>은 통신망 기획모형의 기본틀을 도식화한 것이다. 그림에 나타난 기획모형은 가입수요, 트래픽수요, 그리고 설비수요를 중심축으로 해서 이들에게 영향을 미치는 기술경제적 변수나 통신망 설계변수간의 연관관계를 보여주고 있다.

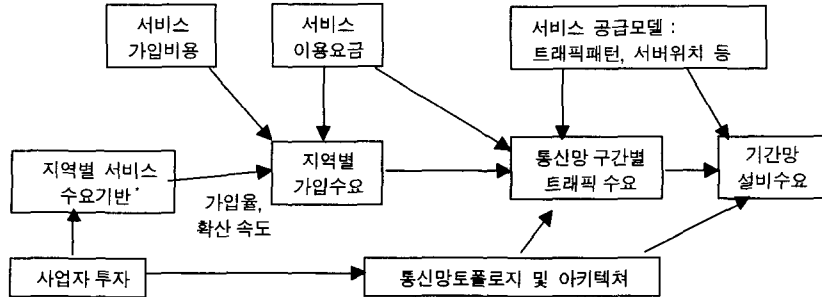
우선 적절하게 정의된 지역에 대해서 가입수요는 서비스 수요기반으로부터 서비스 가입비와 이용요금, 그리고 사회적 확산수준에 따라 점차 늘어나는 서비스이용자들이며, 이들은 적정 서비스 이용요금하에서 가격탄력적으로 통신망에서의 트래픽을 발생시킨다. 이러한 트래픽은 기본적으로 통신망이 제공하는 특정 응용서비스들을 사용하는 과정에서 발생하는 것이며, 그 트래픽의 경로는 기존 통신망의 토폴로지와 아키텍처상에서 결정된다.

이렇게 해서 추정된 가입수요의 분포, 응용프로그램에 의해 발생하는 트래픽의 패턴, 그리고 계획된 통신망 토폴로지와 아키텍처상에 적정배치된 응용서비스의 서버위치는 최종적으로 기간망의 설비수요를 결정하게 된다.

가입자망 및 기간망의 설비수요는 사업자입장에서는 설비투자로 이어지고, 반면 서비스 가입비용과 서비스 이용요금은 서비스 판매수입으로 나

<표 1> 가입수요의 다양한 형태

가입수요	분류	전용시설구간	접속속도(bps)
LAN접속	개인	PC-LAN카드	10M, 100M
LAN-to-LAN 접속(Router)	단체	LAN-Router	64k, 256k, T1, E1, 45M, 155M, ...
ISDN	개인	NT-EO	144k
Modem접속(xDSL포함)	개인	Modem-EO	56k(Modem), ADSL(2M 내외), HDSL, RADSL, SDSL, VDSL
Cable Modem	개인	Modem-Headend	수M - 수십M
FTTH	개인	NT-EO	수십M - 수백M
FTTO	단체	NT-EO	수십M - 수백M



〈그림 1〉 통신망 기획모형의 기본틀

타난다. 이러한 시각에서 보면, 적정 계획대상기간 동안 잠재수요의 개발을 통한 서비스 판매수입이 해당 서비스를 제공하기 위한 설비투자과 운용비를 충분히 상회할 때, 초고속망 사업의 투자타당성은 존재한다고 할 수 있다.

초고속망 기획에 있어서 이러한 사업의 투자타당성이 매우 중요한 정책적 판단기준임에도 불구하고, 실제 사업을 기획하고 실행하는 입장에서는 투자타당성의 존재여부에 관한 판정과 입증보다는, 오히려 초고속망 사업의 투자타당성 또는 투자경제성을 극대화하기 위한 제 활동, 즉 서비스 개발계획, 통신망 설계구축안, 가입자망과 기간망의 기술선택, 그리고 전체 초고속 통신망 구조 및 운영의 최적화 등이 더욱 중요한 의미를 갖는다. 이러한 관점에서 초고속망 기획모형은 이와 같은 합리화작업을 효과적으로 지원하고 수행하는 기능을 가져야 한다.

2) 초고속망 기획절차

초고속망 기획모형의 각 단계에서 다룰 주요 내용을 중심으로 살펴 보면, 다음과 같다.

단계 1 : 각종 Application의 확산 또는 제공 시나리오

- LAN의 보급수준
- Internet접속수준
- 초기시장개발 프로그램에 의한 각종 Applications

단계 2 : 각 Application의 제공 시나리오에 의한

가입수요 요구의 추정

- 각 Application에 대해 다음을 조사
 - 요구하는 가입자 접속속도
 - 가입자 접속속도별 가입수요의 추정
- 가입수요의 지역적 분포도 추정

단계 3 : 가입수요의 요구로부터 가입자접속 시나리오의 도출

- 가입자접속기술의 기술적/경제적 타당성 분석
- 국가차원의 네트워크 진화전략과 연계

단계 4 : Application을 논리망 유형으로 분류

- 인터넷망
- VOD망
- PSTN, N-ISDN망
- PSDN, 고속데이터망 (Frame relay 등)
- ATM VP망 등

단계 5 : 논리망 유형으로 분류된 각 application 그룹에 대해서 트래픽 엔지니어링에 의한 트래픽수요의 추정

- 주요 application별 Server location분포 추정
- 접속속도별 가입수요의 분포도로부터 네트워크 구간별 트래픽 추정

- End-to-end 트래픽 발생범위 : CPN(가입자망), 접속망(Access Network), 시내교환망, 시내중계망, 시외교환망, 국제교환망 등
- 트래픽 발생패턴 : 상방향/하방향 트래픽양, 트래픽호의 발생주기, 트래픽 폭주정도 등

단계 6 : 각 논리망에 대한 용량설계

단계 7 : 논리망의 중첩을 통한 초고속정보통신망

의 구간별 요구용량추정

3) 초고속망 기획모형의 구성

<그림 2>는 초고속망 기획절차를 효과적으로 수행하기 위해서 필요한 분석기능을 도식화한 것이다.

이에 의하면, 기획분석기능은 크게 수요측면과 공급측면으로 나누어 진다. 주로 왼편에 위치한 매체별 서비스수요는 서비스 수요모형의 주요 분석대상인데, 이를 위해 수요모형은 모형내에 수요의 형태와 규모를 결정하는 변수들을 포함하게 된다.

반면 오른편에는 서비스공급모형을 구성하는 기능모형들로서 서비스공급모형, 서비스별 트래픽망모형, 그리고 이들을 하나의 기반으로서 지원하는 설비망모형이 위치하고 있다. 이중 서비스공급모형은 (초고속)통신망을 통해서 어떠한 서비스가 제공되고 있으며, 서비스의 제공은 설비의 위치나 트래픽 발생패턴상 어떠한 메커니즘을 통해서 이루어지고 있는가를 묘사한다.

초고속망 서비스를 네트워크상에 위치하는 서버와 클라이언트간의 통신으로 규정할 때, 서비스 수요모형이 주로 클라이언트의 지역적 분포와 트래픽발생패턴을 모형화한 것이라면, 서비스 공급모형은 주로 서버의 지역적 위치와 트래픽 발생패턴, 그리고 이러한 서비스트래픽을 처리하기 위한

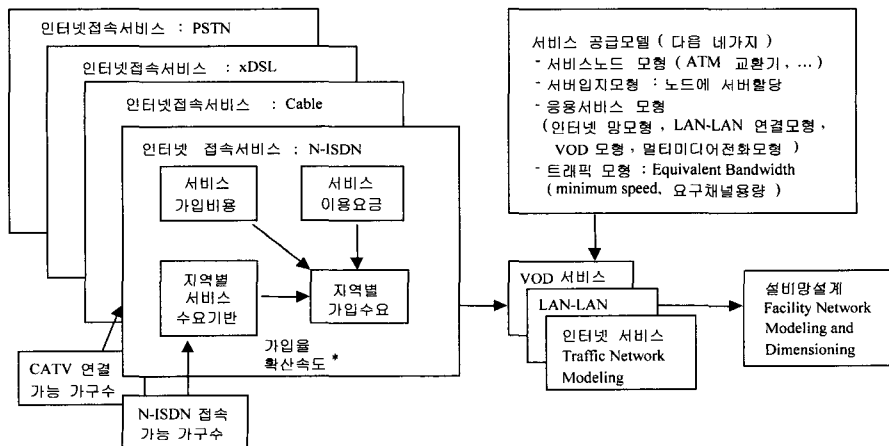
네트워크 아키텍처와 기간망 구조를 모형화한 것이다.

2.2 서비스 수요모형

2.2.1 지역의 구분

수요모형에 있어서 출발점은 현재의 통신망 기반구조와 망계획관련 기초자료수집의 용이성을 감안하여 적정한 지역단위를 정의하는 일이다. 가입수요를 추정하는데 있어서 지역단위는 작게는 가입자 휘더케이블 1조가 카바하는 할당구역(allocation area)으로 정의할 수도 있고, 크게는 광역시 또는 도단위로 정의할 수도 있다. 지역단위를 작게 정의하면 가입수요의 지역분포에 관한 상세한 내용을 파악할 수 있으나, 자료량의 방대함과 수집의 어려움으로 현실성이 없고, 반대로 지역단위를 너무 크게 정의하면 수요분포에 관한 정보의 유실로 효과적인 통신망 계획을 수행할 수 없다.

이러한 점을 감안하여 본 연구에서는 초고속가입자 접속의 설비기반으로서 PSTN과 CATV망의 구조에 근거하여 지역을 구분하고, 그에 해당하는 지역단위를 정의한다. PSTN과 CATV망은 한 지역에 동시에 존재할 수 있으므로, 이에 근거하여 정의된 단위지역들은 지역적으로 서로 중첩될 수도 있다. 모형화의 편의상 각 단위지역에는



<그림 2> 초고속망 기획모형의 기본 틀

하나의 노드가 대응되며, 그 노드는 그 지역으로부터 다른 지역으로 나가는, 또는 다른 지역에서 그 지역으로 들어오는 트래픽의 창구역할을 한다고 간주한다. 이러한 인식에서 이들 노드들을 특별히 “트래픽노드”라고 명명한다. 이들 트래픽 노드는 네트워크 모형에서 타 트래픽 노드와 교신하며, 트래픽의 최종 발신 및 착신처로 볼 수 있다.

2.2.2 서비스망/서비스가입자의 정의

1) 서비스의 분류체계

서비스는 서비스 유형과 서비스 제공사업자의 관점에서 계층화할 수 있으며, 각 서비스에 대해서 다시 가입자접속매체별로 나눌 수 있다. 이러한 관점에서 서비스는 영리ISP, 비영리ISP, 그리고 백본 서비스로 크게 분류할 수 있고, 각 대분류 서비스내에서 제공 사업자별로 다시 세분할 수 있다.

2) 가입자모형

가입자모형은 정의된 단위지역별로 각 서비스에의 가입수요가 어떠한 관계식에 의하여 결정되는가를 수식화한 것을 말한다. 현실을 엄격하게 고려할 때, 서비스별 가입자 접속매체 선택비율은 지역별로 분명히 다를 것이다. 그러나 가입자 접속매체 선택비율이 지역보다는 주로 서비스의 차이에 의해 영향을 받을 것이라는 예상하에, 여기에서는 다음과 같이 단순화된 가입자모형을 사용하고자 한다.

$n_i(a)$: 서비스 a 에 가입하여 이용하는 노드 또는 지역 i 의 가입자수

$\theta(a, p)$: 서비스 a 가입자의 접속매체 p 선택비율

정의에 따라 $\sum_{\text{모든 } p} \theta(a, p) = 1$

$n_i(a, p)$: 서비스 a 에 가입하여 접속매체 p 를 사용하는 노드 또는 지역 i 의 가입자수

그러면 정의에 의해 특정 가입자 접속매체를

통해 서비스에 접속하는 특정지역의 가입자수는 그 지역의 해당 서비스 가입자수에 주어진 서비스의 해당 접속매체 선택비율을 곱함으로써 얻어진다. 이러한 관계를 식으로 정리하면, 다음과 같다.

$$n_i(a, p) = n_i(a) \cdot \theta(a, p) \quad (1)$$

식 (1)의 의미를 설명하기 위해 가상의 ISP (K Network)를 예로 들어 보자. 2001년말을 기준으로 전국의 K Network 가입자수가 약 100만명인데, 이중 A지역의 가입자수가 약 30,000명이라고 하자. 그러면, K Network의 가입자접속매체 선택비율이 <표 2>와 같을 때, 각 매체를 통해 K Network에 접속하는 매체별 가입자수는 30,000명에 각 매체별 선택비율을 곱해서 계산할 수 있다.

<표 2> 가입자 접속매체 선택비율에 의한 매체별 가입자수 추정

접속매체	PSTN	ADSL	Cable modem	LAN
선택비율	0.20	0.55	0.20	0.05
매체별 가입자수	9,000	12,000	6,000	3,000

<표 2>의 모형은 서비스 가입자별로 정해진 접속매체를 사용하는 경우나, 서비스 가입자가 상황에 따라 여러 가지 가입자 접속매체를 사용하는 경우나 상관없이 모두 사용할 수 있다. PC통신이나 인터넷의 경우, 동일한 가입자라 하더라도 자신의 위치에 따라 어떤 경우는 PSTN 또는 ADSL로 접속하고, 또 다른 경우에는 LAN을 통해 접속하는 것이 일반적인 현상임을 감안하면, 이러한 모형상의 유연성은 PC통신, 인터넷 접속을 포함한 초고속 서비스의 모형화에 있어서 필수적 사항이다.

예를 들어, A지역 가입자의 20%는 PSTN만을, 50%는 ADSL만을, 20%는 Cable Modem만을, 그리고 나머지 10%는 ADSL과 LAN을 각각 50%씩 사용한다고 하자. 그러면, 이 경우 (PSTN, ADSL,

Cable Modem, LAN)의 매체선택비율은 (0.20, 0.55, 0.20, 0.05)가 된다. 여기서 ADSL의 55%는 ADSL만을 사용하는 50%의 가입자에 ADSL을 50% 사용하는 10%의 가입자를 합산한 것이며, LAN의 5%는 LAN을 50% 사용하는 10%의 가입자로부터 계산된 값이다.

2.3. 트래픽모형

2.3.1 개요

트래픽 모형의 관점에서 트래픽노드는 트래픽을 내보내는 트래픽소스(traffic source)가 되기도 하고 동시에 트래픽싱크(traffic sink)가 되기도 한다. 기본적으로 초고속망 서비스의 트래픽은 양방향이며, 응용서비스에 따라 방향별 트래픽의 특성치는 다르다. 예컨대 화상회의 서비스의 트래픽은 비교적 양방향 대칭성이 강한 반면, 초고속 통신망 상에서의 VOD 트래픽은 양방향의 비대칭성이 심하다.

트래픽 모형은 실제 가입자 접속망으로부터 기간망을 통해 적정 응용서비스 서버(server)에 이르는 트래픽은 물론, 기간망을 경유하여 다시 타 가입자 접속망으로 가는 트래픽을 묘사하기 위한 하나의 틀이다. 따라서 트래픽 모형은 트래픽 패턴에 영향을 미치는 제 요소, 즉 서비스 유형, 접속매체별 데이터전송속도, 가입자접속방식, 서비스 수요모형에서 정의한 단위지역내의 가입자망 구조, 그리고 가입자망과 기간망에서의 통계적 다중화효과(statistical multiplexing effect) 등의 영향을 구조적으로 잘 처리할 수 있어야 한다.

이러한 점을 감안해서, 본 연구에서는 아래의 기본 가정하에 트래픽 모형을 구성해 보기로 한다.

- 트래픽의 특성은 평균 데이터속도, 데이터속도의 표준편차, 그리고 폭주율(burstiness)에 의해 정확하게 규명된다고 가정한다. 이들 트래픽 파라메타(parameter)들을 총괄해서 트래픽 특성치라고 한다.

- 트래픽 특성치는 트래픽 노드로부터 나가는 트래픽(outgoing traffic)과 트래픽노드로 들어오는 트래픽(incoming traffic)사이에서 서로 같지 않다.

편의상 outgoing traffic을 upstream(traffic)이라고 하고, incoming traffic을 downstream이라고 한다.

- 트래픽 특성치는 응용서비스와 접속매체에 의해 결정된다. 이 가정에 따라 본 연구에서는 트래픽 특성치를 구분하기 위한 기본적 틀로서 다음과 같은 분류체계를 사용한다.

접속매체 서비스	PSTN	xDSL	Cable modem	LAN
영리ISP				
비영리ISP				

- 요구회선용량은 트래픽 특성치가 주어졌을 때, 해당 서비스 가입자가 기대하는 접속서비스 품질성능수준(단순히 “요구성능수준”)을 충족시키기 위해 필요한 전송회선속도 또는 용량을 말한다. 이 요구회선 용량은 그 서비스 가입자의 기대수준인 요구성능수준과 트래픽 특성치의 함수이다. 따라서 그 관계식은 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\text{요구회선용량} = f(\text{요구성능수준}, \text{트래픽특성})$$

2.3.2 실효대역폭(Equivalent Bandwidth)의 개념과 계산

실효대역폭(Equivalent Bandwidth)는 어떤 트래픽 발생원에 대해서 그 특성치가 주어졌을 때, 요구 성능수준을 만족하기 위하여 필요한 전송대역폭 또는 데이터 전송속도를 지칭한다. 이것은 트래픽의 추계적(stochastic) 속성을 감안하여 실수요 대역폭을 계산해 낸 값이라는 점에서 실효대역폭이라고 명명한다. 실효대역폭에 대한 연구는 매우 많으나, 여기서는 Guerin, Ahmadi and Naghshineh

(1991)의 연구결과에 입각해서 실효대역폭을 계산하고, 이를 활용하여 초고속망 기획을 위한 트래픽모형을 구성하기로 한다.

1) 트래픽 특성치

초고속망 접속매체로서 PSTN 모델, xDSL 모델, 케이블 모델, LAN 등은 서로 다른 최대 전송속도를 갖는다. 따라서 이러한 매체에 접속된 가입자가 발생시키는 트래픽은 주어진 최대 전송속도내에서 두가지 상태, 즉 idle state과 active state를 갖는다고 볼 수 있다. 이러한 가정하에 여기에서는 <그림 3>과 같은 Two-state fluid-flow model의 세부 내용을 살펴 본다.

우선 Two-state fluid-flow model에서는 active state가 지속되는 기간을 burst period라고 하고, idle state가 지속되는 기간을 idle period라고 한다. Burst period와 idle period의 분포가 지수분포(exponential distribution)를 따르는 트래픽 소스의 모습은 다음 세가지 파라메타(parameter)에 의해 완벽하게 규명될 수 있다.

- R : 최대데이터 속도
- ρ : 회선점유율(utilization), 데이터소스가 active한 시간비율
- b : burst period의 평균길이

그러나 burst period와 idle period의 분포가 지수분포가 아닐 때에도 이 세가지 특성치(R, ρ , b)만으로 거의 대부분의 트래픽 소스의 특성을 비교적 정확하게 파악할 수 있다.

2) Fluid-flow model에 의한 실효용량의 계산
다중화된 여러 트래픽호에 대응되는 실효용량(Equivalent Capacity)은 주어진 Grade-of-service

(GOS)를 충족하면서 이들 호로부터 발생하는 단위시간당 데이터량을 처리하는 데 필요한 링크, 즉 전송로의 회선용량으로 정의된다. GOS는 다양한 척도에 의해 정의될 수 있으나, 여기서는 버퍼초과확률(buffer overflow probability)를 사용한다.

① Fluid-Flow 근사식 : 단일 소스인 경우

우선 트래픽소스가 하나인 경우에 대해서, Fluid-flow 모형에 의한 근사식을 도출하기 위해 다음 표기를 정의하여 사용한다.

- ϵ : GOS level, buffer overflow probability
- x : buffer size
- R : Burst rate
- ρ : utilization level
- c : link 속도

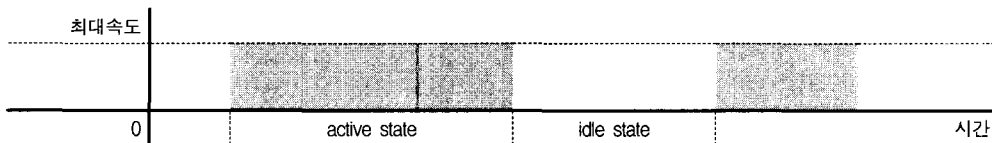
이 표기를 사용하면, 버퍼초과확률(buffer overflow probability)로 설정된 GOS 수준, ϵ 는 다른 변수들과 다음과 같은 관계를 갖는다.

$$\epsilon = \beta \times \exp\left(-\frac{x(c - \rho R)}{b(1 - \rho)(R - c)c}\right) \quad (2)$$

$$\text{단, } \beta = \frac{(c - \rho R) + \epsilon \rho (R - c)}{(1 - \rho)c} \quad (3)$$

식 (2)와 식 (3)을 보면, 이들 변수간의 관계가 명시적으로 계산되지 않고, 서로 비선형적으로 연결되어 있음을 알 수 있다. 따라서 이 식들을 사용해서 적절한 실효용량 c 값을 구하기 위해서는, 주어진 ϵ 값을 가지고 수치해석에 의해 반복적 근사과정을 거쳐야 한다.

그런데 실제 대개의 경우에 있어서 β 값이 1에 가깝다는 실증적 결과로부터, 식 (2)의 근사식을



<그림 3> Two state fluid-flow model

도출해 낼 수 있다. 근사식에 의한 이러한 접근방식은 실제 테스트결과 최대 10%미만의 오차를 보이고 있다. 더욱이 실제 정확한 β 값 대신에 1을 대입하여 얻은 값은 이론적인 정확한 값의 상한이 되기 때문에, 용량설계에 있어 보수적인 또는 안전한 접근방식이라고 할 수 있다. 이렇게 하여 식 (2)에서 얻어지는 이론적인 c 값의 상한으로서 실효용량(Equivalent Bandwidth)을 계산하면, 다음과 같다.

$$\hat{c} = \frac{ab(1-\rho)R-x}{2ab(1-\rho)} + \frac{\sqrt{[ab(1-\rho)R-x]^2 + 4xabc(1-\rho)R}}{2ab(1-\rho)}$$

여기서 $\alpha = \ln(1/\epsilon)$

② Fluid-Flow 근사식 : 여러 소스인 경우

여러개의 소스로부터 나온 트래픽이 합쳐지는 경우, 유사한 접근으로 버퍼초과확률을 계산하는 식을 유도할 수 있다. 그러나 그 관계식이 너무 복잡하여, 망계획수준의 분석목적에서는 단순화시킬 필요가 있다. 단순화를 통한 근사식을 얻기 위해 단일 소스와 마찬가지로 $\beta = 1$ 을 적용하면, 실효용량 C 는 아래의 관계식에 의해 구해 질 수 있다. 즉

$$\epsilon = e^{-z_0 x} \text{로부터}$$

$$z_0 = -\frac{\alpha}{x}$$

이고, 이로부터 얻어지는 여러 소스경우의 실효용량 C 는 다음 식을 만족한다.

$$C = \frac{\sum_{i=1}^N [(\lambda_i + \mu_i + R^{(i)} z_0)]}{2z_0} - \frac{\sqrt{(\lambda_i + \mu_i + R^{(i)} z_0)^2 - 4\lambda_i R^{(i)} z_0}}{2z_0}$$

여기서 $R^{(i)}$ 는 트래픽 소스 i 의 최대전송속도이며,

$$\mu_i = \frac{1}{b_i},$$

$$\lambda_i = \frac{\rho_i}{b_i(1-\rho_i)} \text{ 이고,}$$

$$\lambda_i + \mu_i = \frac{1}{b_i(1-\rho_i)} \text{ 이다.}$$

이 식들로부터, N 개의 다중화된 트래픽소스에 대응되는 실효용량 $\hat{C}_{(F)}$ 는 각 소스에 대하여 구한 실효용량 \hat{c}_i 의 합이 됨을 알 수 있다.

$$\hat{C}_{(F)} = \sum_{i=1}^N \hat{c}_i \tag{4}$$

여기서 \hat{c}_i 는 단일소스에 대해서 구한 실효용량이고, N 은 단일소스의 수이다.

식 (4)는 여러 소스인 경우의 근사식이고, 따라서 매우 단순화된 결과이다. 그런데 이 근사식이 가지고 있는 문제는 근사식을 구하는 과정에서 여러 트래픽 소스간의 통계적 다중화 (statistical multiplexing) 효과가 모두 소멸한 데에 있다. 이는 Fluid-flow모형에서 통계적 다중화효과는 β 에 담겨져 있는데, 근사식을 도출하는 과정에서 $\beta = 1$ 을 가정함으로써 통계적 다중화효과가 무시된 때문이다. 따라서 여러 소스로부터의 트래픽에 대해서는 통계적 다중화효과를 반영하기 위한 별도의 모형이 필요하다.

3) 통계적 근사식(Stationary Approximation)

Fluid-flow 근사식의 정확도가 떨어지는 경우는 근사과정에서 가정한 $\beta = 1$ 의 조건이 잘 성립하지 않는 경우이다. 실험에 의하면, burst period b 가 크고 회선점유율 ρ 가 작을 때, β 값은 1에서 멀어진다. 따라서 Fluid-flow 근사식의 정확도 저하를 만회하기 위해서는 b 값이 크고, ρ 값이 작은 트래픽들의 특성을 감안한 별도의 근사식이 필요하다. 그러한 근사식을 Stationary Approximation이라고 하는데, 편의상 통계적 근사식이라고 명명한다.

이 통계적 근사식은 기본적으로 N 개의 트래픽 소스가 각각 적정확률로 active state와 idle state

를 반복할 때, 합쳐진 트래픽의 양이 출력링크의 속도보다 클 확률을 계산하고 이 값을 ϵ 이하로 유지하는 출력링크의 값을 구한다. 합쳐지는 트래픽 소스의 수가 충분히 많을 때, 합쳐진 트래픽의 양은 정규분포(normal distribution)를 따른다는 통계적 법칙으로부터, Stationary Approximation, 통계적 근사식에 의한 실효용량 $\widehat{C}_{(s)}$ 는 다음 식에 의해 계산할 수 있다.

$$\widehat{C}_{(s)} = m + \alpha' \sigma \quad (5)$$

여기서 m_i, σ_i^2 을 트래픽소스 i 로부터 나오는 트래픽의 평균속도 및 분산이라고 할 때,

$$\alpha' = \sqrt{-2 \ln(\epsilon) - \ln(2\pi)},$$

$$m = \sum_{i=1}^N m_i$$

$$\text{그리고 } \sigma^2 = \sum_{i=1}^N \sigma_i^2 \text{ 이다.}$$

4) 최종 실효용량의 계산

Fluid-flow model에 의한 근사식과 통계적 근사식으로부터의 결과를 종합하면, 두 근사식의 장점을 살리고 단점을 보완하는 방안을 강구할 수 있다. 즉 이들 근사식이 정확한 실효용량의 상한이라는 사실로부터 각 근사식에서 구한 값중 작은 값을 최종 실효용량으로 사용할 수 있다. 따라서 최종 실효용량을 \widehat{C} 로 표기하면, 이는 다음 식으로 표시된다.

$$\widehat{C} = \min \left\{ m + \alpha' \sigma, \sum_{i=1}^N \widehat{c}_i \right\} \quad (6)$$

2.3.3 트래픽 모형의 구성

1) 표기

두가지 근사식을 이용한 실효용량의 계산식을 활용하여, 이제부터는 초고속망 관련 트래픽에 적용하기 위한 세부 트래픽모형을 살펴 보기로 한다. 편의상 각 서비스별 트래픽모형은 접속매체별

로 나누어 구성하며, 이를 위해 다음과 같은 표기를 사용한다.

$m_{up}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자로부터 발생하는 최번시 upstream traffic의 평균속도 (Mbps)

$m_{down}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자에게 오는 최번시 downstream traffic의 평균속도(Mbps)

$\sigma_{up}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자로부터 발생하는 최번시의 upstream traffic 속도의 표준편차(Mbps)

$\sigma_{down}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자에게 오는 최번시 downstream traffic 속도의 표준편차 (Mbps)

$B_{up}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자로부터 발생하는 최번시 upstream traffic의 폭주율 (burstiness)

$B_{down}(a, p)$: 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 가입자에게 오는 최번시 downstream traffic의 폭주율

2) 수요 측면에서 요구회선용량의 계산

통신망 계획의 시각에서 앞에서 구한 실효용량은 이용자로부터의 트래픽 특성치와 버퍼초과확률(buffer overflow probability)과 같은 설계목표가 주어졌을 때, 이를 충족시키기 위한 요구회선용량으로 해석할 수 있다. 다만 초고속망을 이용하는 서비스가 매우 다양하고, 향후 추가로 개발될 서비스가 증가될 것이라는 점을 감안할 때, 실효용량은 초고속망 가입자접속매체에 따라서, 그리고 이용하는 서비스에 따라서 각기 다르게 계산되어야 한다.

이러한 접근방식을 명확하게 하기 위해, 서비스 a

의 접속매체 p 요구회선용량을 $q(a, p)$ 라고 하면, 이는 성능설계목표 $QOS(a, p)$, 평균속도 $m(a, p)$, 표준편차 $\sigma(a, p)$, 폭주율 $b(a, p)$, 그리고 합쳐지는 트래픽소스의 수 $n(a, p)$ 의 함수이다. 즉

$$q(a, p) = g((QOS(a, p), m(a, p), \sigma(a, p), b(a, p), n(a, p))) \quad (7)$$

그러면, 이제부터는 각 서비스별로, 그리고 접속매체별로 트래픽의 특성치를 추정하기에 앞서, Fluid-flow 모형의 파라미터와 통계적 근사식의 파라미터간에 어떠한 관계식이 성립하는지, 그리고 상호 연관관계는 무엇인지를 살펴 본다.

Fluid-flow 모형에서는 다음과 같은 세가지 파라미터를 사용한다.

- R : 최대데이터 속도
- ρ : utilization 회선점유율, 데이터소스가 active한 시간비율
- b : burst period의 평균길이(단위 : 초)

반면, 통계적 근사식은 트래픽 소스의 평균속도 m 과 그 분산 σ^2 을 사용한다. 그런데, 평균속도는 최대속도에 회선점유율을 곱한 값이고, 분산은 트래픽의 속도가 ρ 의 확률로 R , 그리고 $(1 - \rho)$ 의 확률로 0 이라는 사실로부터 다음과 같이 계산된다.

$$m = \rho R \quad (8)$$

$$\sigma^2 = \rho(1 - \rho) R^2 \quad (9)$$

한편 폭주율(Burstiness)는 정의에 의해 데이터의 최대속도를 평균속도로 나눈 값이며, 이를 수식으로 표시하면,

$$B = \frac{R}{\rho R} = \frac{1}{\rho}$$

이다.

이러한 상호관계로부터 특정 서비스 i 의 mean m_i , Burstiness B_i 가 주어지면,

$$R_i = m_i B_i$$

이고,

$$\rho_i = \frac{1}{B_i}$$

이다.

또한 식 (9)로부터

$$\begin{aligned} \sigma_i^2 &= \rho_i(1 - \rho_i) R_i^2 \\ &= \frac{1}{B_i} \left(1 - \frac{1}{B_i}\right) (m_i B_i)^2 \quad (10) \\ &= (B_i - 1) m_i^2 \end{aligned}$$

이다.

2.3.4 지역별 총 요구회선용량의 추정

특정 지역 i 또는 트래픽노드 i 의 서비스별, 접속매체별 요구회선용량을 계산하는 절차는 다음과 같다.

단계 1 : 우선 각 지역에서 서비스 a 에 가입하여 접속매체 p 를 사용하는 가입자수 $n_i(a, p)$ 를 추정한다.

단계 2 : $n_i(a, p)$ 의 가입자중에서 최번시, 즉 하루중에서 서비스사용이 최고 수준에 달하는 시간대에 서비스에 접속하는 가입자비율을 추정한다.

최번시 접속가입자비율은 지역, 서비스, 그리고 접속매체에 따라 다르나, 이중 지역에 따른 차이는 서비스나 접속매체에 비해 적다고 가정할 수 있다. 이 가정하에 최번시 접속 가입자비율을 $\tau(a, p)$ 로 표기하면, 서비스 a 의 가입자중에서 접속매체 p 를 사용하여 최번시에 서비스에 접속하는 가입자수 $n_i^{busy}(a, p)$ 는 다음식에 의하여 계산된다. 즉

$$n_i^{busy}(a, p) = \tau(a, p) n_i(a, p) \quad (11)$$

단계 3 : 지역 i 또는 트래픽 노드 i 에서 서비스 a 에 접속매체 p 를 통해 접속하는 이용자를 위한 총체적인 요구회선용량 $q_i^{ap}(a, p)$ 를 계산한다.

이는 식 (7)에 필요한 파라메타값을 대입함으로써 가능한데, 주어진 버퍼초과확률에 대해서, $q_i^{up}(a, p)$ 를 계산하는 식은 다음과 같다.

$$q_i^{up}(a, p) = g(\varepsilon, m_i(a, p), \sigma_i(a, p), b_i(a, p), n_i^{busy}(a, p)) \quad (12)$$

여기서 ε 는 버퍼초과확률이고, 함수 $g(\cdot)$ 는 기본적으로 식 (6)에 해당한다. 식 (12)는 upstream에 해당되는 요구회선용량을 나타낸다.

식 (12)는 각 지역 i 에서 서비스별, 또는 접속매체별 상방향 요구회선용량을 총괄적으로 계산한 식이다. 통신망에서 트래픽이 대개 양방향성을 가지고 있기 때문에, 통신망 전체에서 트래픽의 흐름을 파악하기 위해서는 발신지 트래픽만으로는 부족하고, 발신지에서 착신지별로 세분된 트래픽의 량과 이를 요구회선 용량으로 환산한 수치가 필요하다. 식 (12)의 구체적인 모양이 발착신쌍을 고려함에 따라서 어떻게 달라지는지, 그리고 그 트래픽의 패턴이 서비스별로 어떠한 양상을 보이는지를 분석할 필요가 있다.

2.4. 서비스 공급모형

2.4.1 서비스 모형과 서비스 노드

서비스모형이란 통신망에서 서비스가 제공되는 형태를 모형화한 것이다. <그림 4>는 기존의 PSTN, PSDN, N-ISDN, CATV망, LAN, 그리고 ATM 전달망을 포함하는 광의의 초고속 정보통신망에서 제공되는 인터넷 접속서비스의 연결도를 도식화한 것이다. 인터넷은 기존의 통신망과 새로운 광대역 통신망을 하나의 전달망으로 사용하는 서비스망으로 볼 수 있으며, 인터넷상에서의 트래픽이 기본적으로 서버와 클라이언트사이에 발생한다는 점에서 하나의 Client-Server Network이다. 인터넷이 미래의 초고속 정보통신망에서 제공되는 서비스중 가장 비중이 큰 서비스라고 볼 때, 앞으로 나타날 새로운 초고속 정보통신망상의 서비스도 기본적으로는 Client-Server구조의 서비스 제공

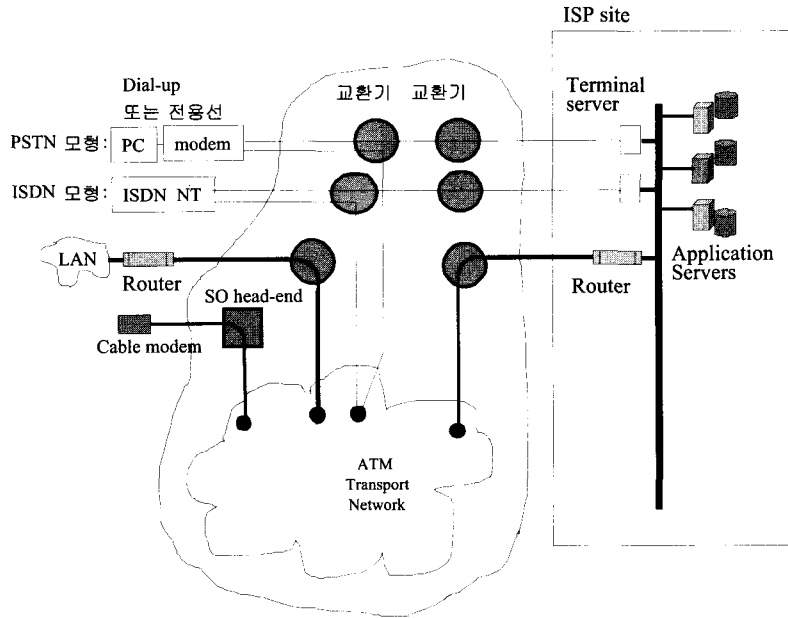
방식에 기반을 둘 것으로 예상된다.

현재의 통신망수준에서 인터넷이라는 하나의 서비스가 서비스 전달망상에서 어떤 경로를 통해 제공되고 있는가를 모형화하는 것은 향후 초고속망 기획에 있어서 매우 중요한 관점을 제공한다. <그림 4>에 의하면, ISP는 기본적으로 가까운 장소에 서버를 가지고 있지 않은 사용자들이 인터넷서비스 또는 PC통신서비스를 제공받기 위해 경유하는 하나의 통로 또는 관문(gateway)이다.

예를 들어 그림에서 PSTN의 33.6k 모뎀을 통해 인터넷에 접속하는 사용자는 PSTN망을 통해 ISP의 terminal server에 접속한 후, 다시 ISP의 LAN을 거쳐 그 ISP의 Router를 통해 국내외의 다양한 인터넷 서버에 접속한다. 사용자가 요구하는 서비스의 서버가 ISP의 LAN에 위치하는 경우에는 트래픽은 사용자와 ISP를 연결하는 PSTN 상에서만 발생한다.

<그림 4>에서 서비스의 제공경로와 관련해서 특기할 사항은 가입자가 ISP의 서버에 접속하는 방법이 단 하나가 아니라는 점이다. 그림에서 보듯이 서비스 가입자는 PSTN을 거쳐 terminal server에 접속한 후 이를 경유하여 ISP의 application server에 접속할 수도 있고, 또는 PSTN상의 경로 중간에서 ATM전달망으로 나와 여기에 연결된 Router를 통해 ISP의 application server에 접속할 수도 있다. 이러한 선택은 사용자자신에 의하기 보다는 서비스 공급자, 즉 통신망운용자가 이들 PC통신 트래픽이나 인터넷접속 트래픽의 경로를 망설계상 어떻게 설정하였느냐에 의해 피동적으로 결정된다.

이러한 서비스 제공경로상의 차이는 바로 초고속망 계획상의 주요 설계이슈가 되며, 그 경로를 어떻게 설정하느냐에 따라 사용자가 경험하게 되는 접속서비스의 성능품질과 공급자의 설비이용효율, 그리고 장기적으로는 통신망의 투자경제성이 달라진다. 초고속망 계획의 관점에서 서비스 접속경로를 어떻게 설계할 것인가의 문제는 서비스망 모형에서 상세히 다룬다.



<그림 4> 초고속망 서비스 공급모형

그러면, 서비스 공급모형의 하나로서 <그림 4>에서는 단순히 그려진 ATM 전달망의 구조를 살펴 본다. ATM 전달망은 초고속 정보통신망의 기간망으로서 대개의 경우 접속노드와 중계노드로 구성된다. 여기서 접속노드는 대개의 경우 기존의 PSTN/ISDN, CATV head-end 등으로부터의 트래픽을 ATM 전달망으로 가져오는 입구, 즉 통로에 위치하는 다중화장비나 집중화장비를 의미하며, 중계노드는 ATM 기간망에서 중계기능을 수행하는 ATM 교환기를 의미한다.

따라서 초고속망 기획의 대상인 초고속 통신망은 모형화의 관점에서는 트래픽노드, ATM 접속노드, 그리고 ATM 중계노드와, 이들간을 상호 연결하는 전송로에 의해 구성된다고 볼 수 있다. 이 중 트래픽노드, ATM 접속노드, 그리고 ATM 중계노드는 초고속망의 핵심 구성요소로서 트래픽을 모으고 분배하고, 교환하는 역할을 수행한다.

2.4.2 서비스별 트래픽 분배모형

식 (12)에서 $q_i^{ap}(a, p)$ 는 특정지역 i 로부터 서

비스 a 에 접속매체 p 를 통해 접속하는 발신트래픽의 양을 나타낸다. 이는 착신지를 구별하지 않고 추정된 트래픽이므로, 초고속 통신망 계획상 필요한 단대단 트래픽을 도출해 내기 위해서는 착신지에 관한 정보가 추가로 필요하다. 앞서 설명한 바와 같이 초고속망 서비스는 기본적으로 Client-Server 구조하에서 제공되고 있기 때문에, 통신망상의 트래픽은 특정 서비스를 제공하는 서버들이 네트워크상에 어떻게 분포되어 있는냐에 의해 결정된다.

이를 모형화하기 위해, 특정 서비스 a 에 대해서 트래픽 유발정도로 평가한 서버의 지역별 분포를 다음과 같이 정의하자. 즉 $\{\omega_j(a)\}$ 를 서비스 a 를 제공하는데 필요한 서버의 지역별 분포라고 하자. 여기서 $\omega_j(a)$ 는 서비스 a 에 대해서 지역 또는 노드 j 에 위치한 서버의 비중을 나타낸다. 그러면, 정의에 의해, 모든 서비스 a 에 대해서

$$\sum_{\text{모든 } j} \omega_j(a) = 1 \tag{13}$$

이다. 아울러, 식 (12)와 식 (13)을 결합함으로써 모

든 서비스에 대해서 요구회선용량을 단대단(end-to-end)으로 계산할 수 있다.

이를 명확히 하게 위해 $q_{ij}^{up}(a, p)$ 를 노드 i 에서 노드 j 로 가는 upstream 트래픽의 요구회선용량이라고 정의하면, $q_{ij}^{up}(a, p)$ 는 다음 식에 의해 쉽게 계산될 수 있다. 즉

$$q_{ij}^{up}(a, p) = q_i^{up}(a, p) \omega_j(a) \quad (14)$$

예로서 특정 ISP가 제공하는 서비스 $a (= 14)$ 의 서버는 지역 42와 지역 53에 같은 비중으로 분포한다고 하자. 그러면, 식 (12)에 의해 모든 지역 i 에 대해 $q_i^{up}(14, p)$ 가 주어졌을 때, 단대단 요구회선용량은 다음과 같이 계산된다. 즉

$$\begin{aligned} q_{i,42}^{up}(14, p) &= 0.5 \times q_i^{up}(14, p) \\ q_{i,53}^{up}(14, p) &= 0.5 \times q_i^{up}(14, p) \end{aligned} \quad (15)$$

이고, 나머지 $q_{ij}^{up}(14, p)$ 는 모두 0이다.

식 (14)에 의한 접근방식은 단대단 트래픽에 대해서 상방향 트래픽과 하방향 트래픽을 계산하는데에도 확장하여 적용할 수 있다. 식 (12)가 상방향, 즉 upstream에 대해서만 계산된 값이라는 것은 이미 언급한 바 있다.

그러면, 하방향, 즉 downstream에 대해서는 요구회선용량을 어떻게 계산할 것인가? 가장 간편한 방법은 각 서비스 a 와 접속매체 p 에 대해서 트래픽의 비대칭성을 파라메타화하여 추정한 후, 이를 적용한 upstream 요구회선용량으로부터 downstream 요구회선용량을 바로 계산하는 방법이다.

이를 설명하기 위해, 서비스 14는 Web Browsing서비스로서 상방향 트래픽에 비해 하방향 트래픽이 8배에 해당한다고 하자. 그러면, 식 (15)로부터

$$\begin{aligned} q_{42,i}^{down}(14, p) &= 8 \times q_{i,42}^{up}(14, p) = 4 \times q_i^{up}(14, p) \\ q_{53,i}^{down}(14, p) &= 8 \times q_{i,53}^{up}(14, p) = 4 \times q_i^{up}(14, p) \end{aligned}$$

이다.

이를 공식적으로 나타내기 위해 접속매체 p 를 사용하는 서비스 a 의 상방향 트래픽 비율(즉 상방향 트래픽이 1일 때, 하방향 트래픽의 양)을 $\theta(a)$ 라고 하고, 지역 i 가 client, 지역 j 가 server가 위치한 지역이라고 가정하면, server로부터 client로 오는 트래픽의 요구회선용량은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

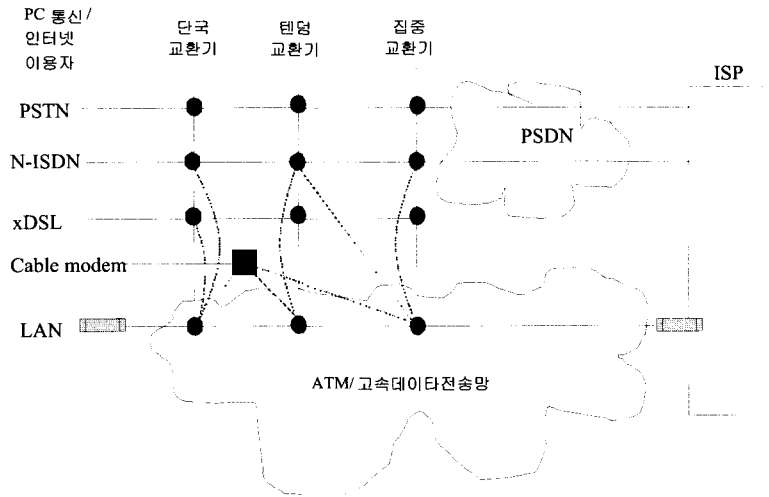
$$q_{ji}^{down}(a, p) = \theta(a) q_{ij}^{up}(a, p) \quad (16)$$

2.4.3 서비스망 모형

초고속 정보통신망은 최종적으로는 단대단으로 고속서비스를 제공하는 망을 목표로 한다. 그러나 진화단계에 있는 현재의 초고속정보통신망은 가입자 접속부문에 있어서는 PSTN/ISDN, xDSL, LAN, Cable-modem 등의 다양한 기존망 아키텍처를 가지고 있다.

<그림 5>는 이러한 다양한 가입자접속망이 서비스 이용자의 호를 단말에서 서버가 위치하는 ISP site까지 어떻게 연결하고 있는지, 그리고 그 전달 과정에서 호의 연결을 어떻게 ATM 전달망으로 우회(bypass)시킬 수 있는지를 잘 보여주고 있다. 그림에서 단국, 텐덤, 집중교환기는 단계적으로 넓은 지역을 카바하고, 그 결과 처리트래픽의 양은 단국교환기에서 집중교환기로 진전됨에 따라 크게 증가한다. 따라서 집중된 트래픽은 기존의 PSTN/PSDN을 통해 전달될 수도 있으나, 그 규모가 클수록, 그리고 트래픽의 성격이 인터넷과 같은 데이터패킷인 경우 ATM 전달망에 의해 전달되는 것이 훨씬 효율적이며 동시에 효과적이다.

<그림 5>에서 점선으로 나타낸 연결선은 PSTN/ISDN, xDSL 등으로 접속된 호가 단국, 텐덤국, 또는 집중국에서 ATM 전달망으로 연결되는 우회 경로를 보여주고 있다. 다만 CATV망을 이용해서 SO의 head-end까지 도달한 케이블 모뎀 접속트래픽은 head-end에서 router 등을 통해 바로 ATM 전달망으로 연결된다. 이러한 연결구조는 LAN의 연결구조와 동일한데, 이는 CATV망의 인터넷 모



〈그림 5〉 진화단계상의 초고속정보통신망 구조

는 고속데이터 접속방식이 기본적으로는 LAN방식을 사용하고 있기 때문이다.

이와 관련해서 실제 초고속망 기획/분석에 있어서 핵심적으로 다루어야 할 이슈는 다양한 접속망을 통해 모아진 지역별 데이터 트래픽을 어느 단계에서 ATM 전달망으로 연결하는가, 그 경제성을 어떻게 분석하는가, 그리고 이를 위해 ATM 전달망은 토폴로지나 아키텍처의 관점에서 어떻게 설계되고 구축되어야 하는가 등이다. 이러한 이슈는 바로 초고속망 기획의 기본적인 기능이고, 주요한 정책적 의사결정이기도 하다.

이를 보다 공식화하기 위해 트래픽 노드를 소분류, 중분류, 대분류지역으로 계층화하여 다음과 같은 통신망 기획 또는 설계변수를 정의하자.

$y_i^s(a)$: 소분류지역 i 의 트래픽을 ATM접속망을 통하여 ATM망에서 수용하는지 여부를 나타내는 의사결정변수. 정의에 의해 ATM 전달망이 소분류지역 i 에서 모아진 서비스 a 트래픽을 그 지역에서 바로 수용하는 경우, $y_i^s(a) = 1$ 이고 그렇지 않은 경우, $y_i^s(a) = 0$ 이다.

$y_i^z(a)$: 소분류지역에서 모아진 트래픽을 중분류지역 i 에서 ATM 접속망을 통하여 ATM망에 수용하는지 여부를 나타내는 의사결정변수. 정의에 의해 ATM 전달망이 중분류지역 i 로 모아진 서비스 a 트래픽을 중분류지역에서 수용하는 경우, $y_i^z(a) = 1$ 이고 그렇지 않은 경우, $y_i^z(a) = 0$ 이다.

$y_i^d(a)$: 소분류, 중분류지역에서 모아진 트래픽을 대분류지역 i 에서 ATM 접속망을 통하여 ATM망에 수용하는지 여부를 나타내는 의사결정변수. 정의에 의해 ATM 전달망이 대분류지역 i 로 모아진 서비스 a 트래픽을 대분류지역에서 수용하는 경우, $y_i^d(a) = 1$ 이고 그렇지 않은 경우, $y_i^d(a) = 0$ 이다.

이들 $\{y_i^s(a)\}, \{y_i^z(a)\}, \{y_i^d(a)\}$ 초고속망 기획/설계변수들의 값은 다음절에서 다룰 설비망과 트래픽망에서의 트래픽패턴을 크게 변화시킨다. 실례로 특정 소분류지역에서 ATM 전달망으로

그 지역으로부터의 트래픽이 수용되면, 우리의 분석대상인 초고속 통신망상에 그 소분류 지역에 대응되는 트래픽노드 i 로부터 해당서비스 a 의 서버 위치로 이동하는 트래픽이 나타나게 된다. 만일 그 지역에서 ATM 전달망으로 수용되지 않으면, 그 트래픽은 PSTN/ISDN등의 망을 통해 ISP site까지 전달되기 때문에, ATM 전달망상의 트래픽으로 나타나지 않는다. 이에 관해서는 다음 절에서 다시 상세히 다루기로 한다.

이들 통신망 기획변수는 각 지역단위별로 다음과 같이 대응된다.

2.5 설비망과 트래픽망 모형

2.5.1 설비망 모형

설비망(physical network)은 앞서 정의한 트래픽노드, ATM 접속노드, 그리고 ATM 교환노드와

이들간을 상호연결하는 트렁크, 즉 전송 시스템으로 구성된다. 설비망은 실제 설비의 위치와 이들간의 연결관계를 중심으로 묘사한 망이므로, 설비망내에서 논리적 전송채널의 구성이나 경로 등은 설비망상에서는 전혀 나타나지 않는다. ATM을 기반으로 한 초고속정보통신망에 있어서 특히 전송시스템을 구성하는 B-DCS나 W-DCS장비 등 유연장비가 있으나, 기술의 편의상 여기서는 우선적으로 세가지 노드와 이들간을 상호연결하는 트렁크로만 구성된 설비망을 모형화한다.

1) 설비망의 노드 정의

설비망을 구성하는 세가지 노드는 크게 트래픽노드, ATM 접속노드, 그리고 ATM 중계노드이다. 이들은 지역적으로 특정 위치를 점하며, 그곳에 위치하는 장비명, 장비규격, 기타 H/W에 관련된 정보에 의해 구분될 수 있다. 설비망을 표현하는

〈표 3〉 지역구분과 통신망 기획변수의 대응

대 분류	중 분류	PSTN 통화권	1차 SO	2차 SO	트래픽노드수
서울 : 구로	서울 : 남서	3	9	0	12
	인 천	1	5	0	6
	경기도 : 남서	9	1	5	15
서울 : 혜화	서울 : 북동	4	12	0	16
	경기도 : 북동	9	0	3	12
	강 원	17	1	2	20
대 전	대 전	1	2	0	3
	충 북	10	1	1	12
	충 남	13	1	2	16
대 구	대 구	1	6	0	7
	경 북	21	1	3	25
부 산	부 산	1	8	0	9
	경 남	19	1	4	24
광 주	광 주	1	2	0	3
	전 남	20	1	2	23
	전 북	13	1	2	16
	제 주	1	1	0	2
6개 지역	17개 지역	144개	53	24	221
$y_i^M(a)$	$y_i^S(a)$	$y_i^T(a)$			

데 있어서 가장 좋은 방법은 이러한 구성요소에 대한 데이터베이스를 작성하는 것이다. <표 4>는 이러한 관점으로 설비망의 노드정보를 데이터베이스 양식으로 표현한 것이다.

<표 4>에서 설비망을 구성하는 각 노드는 유형에 따라서 TRN#, AAN#, ATN#의 형태로 식별되었다. 이러한 식별코드는 향후 통신망 기획모형 또는 도구를 개발할 때, 특히 유용하다.

2) 설비망의 트렁크 정의

설비망에서 트렁크는 노드간을 연결하는 전송시스템에 대응된다. 대개의 경우 트렁크는 하나 이상의 전송시스템으로 구성되기 때문에, 여기서는 트렁크를 설비망상의 두 노드간을 연결하는 1개 이상의 전송시스템으로 정의한다. 따라서 노드의 표현방식과 마찬가지로 설비망에서 트렁크에 관한 정보를 표로 정리할 수 있고, 이를 예시하면 <표 5>와 같다.

<표 5>에서 트렁크는 TK#의 형태로 코드를 부여하였으며, 내용적으로는 시작노드와 끝노드의 쌍으로 구분된다. 예로서 TK2는 AAN1에서 ATN5로 연결되는 트렁크로서, 3개의 45M 전송 시스템

과 1개의 155M전송 시스템으로 구성되어 있음을 보여주고 있다.

2.5.2 트래픽망 모형

1) 트래픽망 또는 논리망의 특징

트래픽망, 즉 logical network의 기본적인 표현방식은 설비망의 경우와 완전히 동일하다. 다만 그 내용의 해석에 있어서 설비망모형은 실제 지도상에 설치된 노드와 전송루트만을 도식적으로 나타내는 데에 반해, 트래픽망모형은 노드간의 논리적 연결관계를 도식적으로 나타내고자 한다. 동일한 설비망은 여러 형태의 트래픽망을 지원하기 때문에 설비망에 비해 트래픽망은 매우 높은 연결도(connectivity)를 갖는 것이 일반적이다.

2) 트래픽망의 노드 정의

트래픽망의 노드는 설비망상에서 정의된 노드를 그대로 사용한다. 따라서 트래픽망 모형에서의 노드 데이터베이스는 설비망모형에서의 노드 데이터베이스를 그대로 사용할 수 있다. 다만 <표 4>에서 장비명이나 장비규격은 트래픽망 모형에서는 필요하지 않으므로, 별도의 데이터베이스를

<표 4> 설비망에서 노드관련정보의 정식화

Rec #	노드ID	x-좌표	y-좌표	노드분류	장비명	장비규격
1	TRN1	24	46	트래픽	-	-
2	AAN1	11	56	접속		
3	ATN1	41	7	중계		
4	TRN2	22	13	트래픽		

TRN1 : Traffic node #1 (트래픽노드)
 AAN1 : ATM Access Node #1 (ATM접속노드)
 ATN1 : ATM Transit Node #1 (ATM중계노드)

<표 5> 설비망에서 트렁크의 표현

Rec #	Trunk ID	Node From	Node To	T1	E1	45M	155M
1	TK1	TRN1	AAN1	5	3	1	1
2	TK2	AAN1	ATN5	0	0	3	1
3	TK3	ATN3	ATN4	0	0	0	0
4							

를 표현하라.

예 2 : A network에서 착신노드가 TRN 6인 Logical Network를 표현하라.

예 3 : B network에서 발신노드가 TRN 1인 Logical Network를 표현하라.

예 4 : 서비스를 불문하고, TRN 1에서 ATN 3까지의 Logical Network를 표현하라.

예 5 : A network에서 발신노드가 TRN 1인 Logical Network를 표현하되, 사용자가 지정하는 Logical Link의 Physical network 상의 경로를 표시해 달라.

선택에 관한 전략적 의사결정이 초고속 통신망의 기획모형에 의해 다루어질 수 있어야 한다. 이러한 기획기능에 대해서는 이미 서비스망 모형에서 의사결정변수 $\{y_i^s(a)\}$, $\{y_i^z(a)\}$, $\{y_i^m(a)\}$ 를 도입하면서 설명한 바 있다.

따라서 특정서비스에 대해 트래픽의 전달망 경우 시나리오를 마련하고, 이로부터 초고속 정보통신망상에서 발생하는 트래픽의 패턴을 도출할 수 있다. <표 9>는 우회경로 설정여부에 관한 전략적 의사결정을 단순화된 시나리오로 표현하여 정리한 것이다.

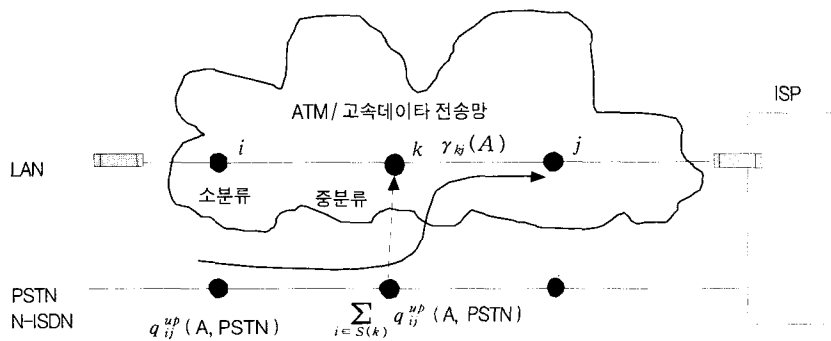
2.5.3 Traffic Requirement의 추정

1) 기본 개념과 모형화상의 요구

기본적으로 트래픽 요구는 서비스로부터 발생하는 것이다. 따라서 트래픽 요구는 서비스별로 정의할 수 있다. 다만 중요한 것은 그 서비스 트래픽이 어떠한 전달망을 타고 가느냐에 따라 전달망에서의 트래픽 요구는 달라질 수 있다. 따라서 트래픽 요구를 정의하고자 할 때는 이러한 전달망

2) Traffic Requirement 추정모형

각 서비스에 대해 가입자 접속망은 PSTN, xDSL, Cable modem, LAN 등 다양하다. 따라서 <표 9>의 시나리오에 따라서 초고속망상에서의 트래픽 요구는 크게 달라진다. <그림 6>은 중분류된 지역에서 PSTN을 이용한 상방향의 A network 트래픽이 지역 k에서 ATM 전달망으로 수용된 경우를 보여주고 있다. 이 경우 다른 트래픽은 무시



<그림 6> 시나리오에 따른 서비스망 트래픽의 변화

<표 9> 우회경로 설정여부에 관한 시나리오의 예시

시나리오	단 국	소분류	중분류	대분류
1	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN
2	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN	ATM전달망
3	PSTN/ISDN	PSTN/ISDN	ATM전달망	ATM전달망
4	PSTN/ISDN	ATM전달망	ATM전달망	ATM전달망

할 때, ATM 전달망에서 노드 k 에서 노드 j 로 가는 트래픽 $\gamma_{kj}^{up}(A)$ 는 중분류지역 k 이하의 트래픽노드로부터 PSTN을 통해 트래픽노드 j 로 가고자 하는 상방향 트래픽의 총합이 된다.

이를 명확히 하기 위해 <그림 6>에서 중분류지역 k 에 속하는 소분류 트래픽노드의 집합을 $N(k)$ 라고 하고, PSTN을 통해 모아진 트래픽이 중분류지역 k 에서 ATM망으로 전달되었다면, 다음 식이 성립한다. 즉

$$\gamma_{kj}^{up}(A) = \sum_{i \in N(k)} q_{ij}^{up}(A, PSTN) \quad (17)$$

식 (17)는 <그림 6>에서 A network 이외의 서비스는 없을 경우에 해당한다.

식 (17)을 일반화하기 위해 다음 표기를 정의한다. 즉 가입자 접속매체중 별도의 망을 통하지 않고, 가입자망에서 바로 ATM에 접속되는 매체의 집합을 D 라고 하자. 한편 가입자접속망을 타고 최종 종착지인 트래픽노드까지 전달될 수도 있고 중간에서 ATM망으로 전달될 수도 있는 매체를 \bar{D} 라고 하자. 일반적으로 $D = \{PSTN, N-ISDN\}$, $\bar{D} = \{xDSL, Cable modem, LAN\}$ 이다. 또한 편의상 소분류, 중분류지역이 지역을 나타내는 첨자 i, j, k 만으로 구분된다고 가정하고, 특정 중분류지역(또는 노드) k 가 포괄하는 소분류 트래픽노드의 집합을 $N(k)$ 라고 하자.

그러면, 중분류지역 또는 노드 k 에 대응되는 식 (17)의 일반식은

$$\gamma_{kj}^{up}(a) = \sum_{p \in D} \sum_{i \in N(k)} q_{ij}^{up}(a, p) + y_k(a) \sum_{p \in \bar{D}} \sum_{i \in N(k)} (1 - y_i(a)) \cdot q_{ij}^{up}(a, p) \quad (18)$$

과 같이 나타난다. 식 (18)에서 우변의 앞항은 가입자망에서 바로 ATM 전달망으로 전달되는 트래픽을 나타내고, 뒤의 항은 중분류지역 또는 노드 k 에서 PSTN, N-ISDN상의 트래픽을 ATM 전달망으로 올리는 경우, 즉 $y_k(a) = 1$ 인 경우의 트래픽을 나타낸다. 여기서 식 (18)의 두 번째 항에 유의할 필요가 있는데, $(1 - y_i(a))$ 항목은 소분류지역 i 에서 바로 ATM망으로 전달된 트래픽을 배제하기 위하여 해당 트래픽에 곱해 지는 것이다.

식 (18)은 유사한 방식으로 대분류지역의 트래픽노드로부터 임의의 트래픽노드 j 로 가는 트래픽을 계산해 내는데에 적용될 수 있다. 이렇게 하여, 주어진 시나리오에 대해서 소분류, 중분류, 그리고 대분류 지역 또는 트래픽노드를 가리지 않고, traffic requirement는 앞서 정의한 모든 종류의 노드간에 계산될 수 있다. 여기서 유의할 것은 식 (18)은 특정 트래픽노드간에 상방향 즉, client에서 server방향으로의 트래픽만을 계산한 것이라는 점이다. 따라서 ATM망 또는 초고속망에서 트래픽노드간의 트래픽은 client에서 server방향뿐 아니라, server에서 client방향으로의 트래픽을 합산한 것이어야 한다.

$\gamma_{ij}(a)$ 를 초고속망의 트래픽노드 i 에서 j 로의 트래픽량 또는 요구회선용량이라고 하면, $\gamma_{ij}(a)$ 는 다음과 같이 계산할 수 있다. 즉

$$\gamma_{ij}(a) = \gamma_{ij}^{up}(a) + \gamma_{ij}^{down}(a) \quad (19)$$

여기서 $\gamma_{ij}^{down}(a)$ 는 식 (16)에서 식 (18)까지의 과정을 반복 적용하여 계산할 수 있다.

<표 10>은 이러한 방식으로 계산된 세가지 노

<표 10> 초고속통신망에서 Traffic Requirement의 표현

Rec#	Source	Destination	실효요구용량	서비스
1	TRN1	TRN54	2.4Mbps	A
2	TRN4	TRN24	25.3Mbps	B
3	-	-	-	-

드간에 발생하는 트래픽 요구를 요구회선용량단위로 정리하는 한 방법을 보여주고 있다. 여기서 Record 2은 TRN4에서 TRN24로 가는 트래픽의 양이 요구회선용량, 즉 실효용량으로 환산하여 25.3 Mbps이며, 이 트래픽은 B network에서 발생하는 트래픽임을 보여주고 있다.

$$\sum_{j \in N} x_{ijk} - \sum_{i \in N} x_{ijk} = \begin{cases} \gamma_k(a), \\ -\gamma_k(a), & i \in N, k \in K \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$\sum_{k \in K} x_{ijk} \leq Q_{ij}(a), (i, j) \in L$$

$$x_{ijk} \geq 0, (i, j) \in L, k \in K \quad (20)$$

2.6 경제성분석과 서비스망의 최적화

2.6.1 요구회선용량과 트래픽망, 설비망의 설계

초고속망 기획에 있어서 가장 기본적인 활동은 서비스별로, 또는 지역별로, 또는 교환기나 전송시스템별로 서비스 수요와 시설공급물량을 서로 맞추어 보는 일이다. 이러한 활동은 가장 기본적인 활동임에도 불구하고 초고속망과 같이 동일한 활동임에도 불구하고 초고속망과 같이 동일 설비망에 의해 제공되는 서비스의 종류가 많고 그 트래픽 특성이 다양한 경우, 결코 쉽지 않다.

초고속망 또는 ATM 전달망을 구성하는 모든 노드를 i, j 등으로 표시할 때, 식 (19)는 수요측면에서의 요구회선용량을 추정한 값이다. 즉 ATM 전달망에서 특정 노드 i 에서 노드 j 로 향하는 서비스 a 의 트래픽을 처리하기 위해 필요한 회선용량은 $\gamma_{ij}(a)$ 이다. 따라서 서비스 a 에 대응되는 트래픽망은 교환설비나 전송설비 용량에 있어서 모든 노드 $\{i, j\}$ 사이의 요구회선용량을 수용할 수 있는 용량을 가져야 한다.

모든 노드쌍간의 요구회선용량 $\{\gamma_{ij}(a)\}$ 이 주어져 있을 때, 이를 수용하는 용량을 갖는 트래픽망을 설계하는 문제는 전형적인 네트워크 토폴로지 설계 및 dimensioning문제에 해당한다. 이 문제는 수학적으로 정식화될 수 있으나, 그 형태는 정의된 문제의 범위에 따라서 다양하게 나타난다. 가장 간단한 형태를 예시하면, 다음과 같다.

$$\text{Min} \sum_{i \in N} \sum_{j \in N} C_{ij}(Q_{ij}(a))$$

subject to

정식화된 문제 식 (20)에서는 표기상 편의를 위해 $\gamma_{ij}(a)$ 를 $\gamma_k(a)$ 로 재구성하였다. 따라서 K 는 서로 데이터를 주고받는 모든 노드쌍의 집합을 나타낸다. 식 (20)에서 $Q_{ij}(a)$ 는 서비스 a 를 위한 트래픽망에서 링크(i, j)의 설계용량이며, $C_{ij}(Q_{ij}(a))$ 는 이 용량의 링크를 설치운영하는데 드는 비용이다. 트래픽의 경로를 나타내는 변수 $\{x_{ijk}\}$ 는 트래픽망의 설계를 위한 설계상의 변수로서 각 노드쌍간의 트래픽이 실제로 어떠한 경로를 따라 전달되는지를 담고 있다.

문제 식 (20)은 비교적 전형적인 네트워크 최적화문제로서 최적해를 보장하지는 않더라도 비교적 최적해에 가까운 해를 구하는 발견적 기법을 통하여 풀 수가 있다. 다만 현실적으로 어려운 점은 해를 찾아가는 과정의 개발보다는 $Q_{ij}(a)$ 값이 불연속적인 값이고 비용함수 $C_{ij}(\cdot)$ 의 추정 역시 쉽지 않다는 데에 있다.

일단 이 과정을 거쳐 서비스 a 의 트래픽망의 각 링크용량 $Q_{ij}(a)$ 가 구해지면, 초고속망 기획상 요구되는 활동은 첫째 기존의 트래픽망이 존재하는 경우, 이미 공급된 링크용량과 트래픽수요로부터 도출된 링크용량 $Q_{ij}(a)$ 를 비교하여, 회선사용을 점검하거나 공급부족상황을 파악하는 것과, 둘째 기존의 트래픽망이 존재하지 않는 경우, 추정된 링크용량 $Q_{ij}(a)$ 를 갖는 트래픽망을 설계하는 일이다.

각 서비스에 대한 트래픽망의 설계 또는 용량 추정이 이루어지고 나면, 그 다음 단계는 이를 종합하여 설비망의 설비규모를 산출하는 것이다. 이를 명확히 하기 위해 설비망상에서 특정 트링크의

용량을 T_k 라고 하자. 그러면, 이 트렁크의 용량은 이를 지나가는 서비스 트래픽망상의 링크용량을 모두 수용할 수 있어야 한다. 이를 식으로 나타내면, 다음과 같다. 즉

$$\sum_{a \in A} \sum_{(i,j) \in L} \delta_{ijk}(a) Q_{ij}(a) \leq T_k \quad (21)$$

여기에서 A 는 모든 서비스의 집합이고, L 은 모든 링크의 집합이다. $\delta_{ijk}(a)$ 는 서비스 a 의 트래픽망상에서 링크 (i,j) 가 트렁크 k 를 경유하는 경우 1, 그렇지 않은 경우 0의 값을 갖는 파라미터이다. 따라서 식 (21)은 트렁크 k 의 전송 용량은 자신을 지나가는 모든 서비스, 모든 링크의 요구회선용량의 합보다 적어도 작지 않아야 함을 말하고 있다.

초고속망 설계에 있어서 주어진 설비망상에서 서비스별 트래픽망 즉 논리망을 설계하는 것이나, 서비스별 트래픽망이 주어졌을 때 설비망을 설계하는 것 역시 새로운 설계문제에 속한다. 그러나 망의 규모가 크지 않은 경우, 설비망이나 서비스별 트래픽망의 설계문제는 식 (20)과 같은 수리계획문제를 통하여 풀수도 있으나, 초고속망 기획도구가 제공하는 기능을 사용하여 시행착오적으로 바람직한 설계안을 찾아가는 것도 가능하다.

2.6.2 서비스망의 최적화와 경제성 분석

서비스망 모형에서 도입된 통신망 기획변수 $\{y_i^s(a)\}$, $\{y_i^r(a)\}$, $\{y_i^d(a)\}$ 가 초고속망에서의 트래픽 요구 또는 요구회선용량에 상당한 영향을 미치는 이미 식 (18), 식 (19) 그리고 식 (20)을 통하여 살펴 본 바 있다.

이를 다시 정리하면, 다음과 같다. 즉 문제 식 (20)은 특정 서비스에 대해서 각 노드간의 트래픽 요구량 또는 요구회선용량을 충족시키면서, 총 트래픽망 설치비용을 최소화하는 트래픽망의 설계문제를 다루고 있다. 문제 식 (20)의 최적목적함수를 $v(\cdot)$ 로 표시하면, 이는 곧 최적해에

대응되는 최적트래픽망 구축비용이며 문제 식 (20)의 입력변수인 $\{\gamma_k(a)\}$ 의 함수로 표시된다. 즉

$$\begin{aligned} & \text{서비스 } a \text{의 최적 트래픽망 구축비용} \\ & = v(\{\gamma_k(a)\}) \end{aligned} \quad (22)$$

이다.

그런데, 식 (18)에 의해 $\{\gamma_k(a)\}$ 는 바로 이들 $\{y_i^s(a)\}$, $\{y_i^r(a)\}$, $\{y_i^d(a)\}$ 의 함수이다. 따라서 이로부터 식 (22)는 다시 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$\begin{aligned} & \text{서비스 } a \text{의 최적 트래픽망 구축비용} \\ & = u(\{\gamma_k(a)\}, \{y_i(k)\}) \end{aligned} \quad (23)$$

식 (23)은 결국 특정 서비스에 대해 지역별 트래픽을 어느 단계에서 초고속망으로 수용하느냐에 따라 그 서비스의 트래픽망 구축비용이 크게 달라짐을 보여주고 있다.

따라서 예컨대 특정 지역에서 ISP의 서버에 접속하는 트래픽을 기존의 PSTN이나 N-ISDN에서 처리하느냐, 아니면 적정단계에서 ATM망으로 수용하느냐의 의사결정은 서비스망 계획단계에서 트래픽망의 최적설계 및 운용과 함께, 매우 중요한 초고속망 기획활동중 하나이다. 초고속망 기획모형은 이 부문에서 시나리오의 마련 및 분석활동을 지원하고, 각 시나리오별 비용요소를 파악하고 추정하게 함으로써 초고속망 기획활동을 지원한다.

2.7 초고속서비스 시장모형과 투자경제성 분석

<그림 1>에서 도식화한 초고속망 기획모형은 사업자에 의한 초고속정보통신 기반투자가 수요 측면에서는 지역별 서비스 수요기반을 크게 함으로써 실제 초고속망 서비스의 가입수요를 증가시키고, 공급측면에서는 통신망 토폴로지와 아키텍처의 최적화, 그리고 서버에 의한 서비스 제공 등을 통해 서비스 가입자의 트래픽 수요를 유발시킨다. 초고속망 구축의 투자경제성은 결국 초고속 가

입자망 및 기간망에의 투자가 수요기반의 확대와 서비스 공급기반의 확대를 통해 충분한 시장수요를 창출할 수 있을 때 성립한다. 이는 현금흐름상으로는 적정 기간내에 서비스 가입비와 이용요금을 통해서 투자액이 회수될 수 있어야 함을 의미한다.

이제부터는 이러한 관점에서 초고속 서비스의 시장모형을 구성하는 주요 부분모형을 살펴 본다.

2.7.1 초고속서비스 수요예측 모형

앞서 언급한 서비스 수요모형에서는 각 지역별로 특정서비스에 가입한 가입자를 정의하였다. 그리고 서비스 a 에 가입한 지역 i 의 가입자수를 $n_i(a)$ 라고 표기하였다. 그러면 서비스별로 가입자망 접속매체의 구성비율이 동일하다는 가정하에 각 접속매체별 가입자수가 식 (1)과 같이 계산됨을 설명하였다. 즉

$$n_i(a, p) = n_i(a) \cdot \theta(a, p)$$

초고속 서비스의 수요예측모형은 위의 식에서 $\{n_i(a)\}$ 와 $\{\theta(a, p)\}$ 가 어떠한 수요공급 기반과 환경요인, 그리고 정책변수에 의해 결정되는지를 모형화하려는 것이다.

인터넷을 포함하여 초고속망 서비스에 가입하기 위해서는 대개의 경우 영리/비영리 ISP에 가입해야 한다. 또한 제공되는 초고속망 서비스별로 요구하는 최소수준의 접속속도 또는 그 접속속도를 제공하는 접속매체가 규정될 수 있다. 예컨대 특정 ISP가 가입자 접속속도 2Mbps 이상에서 가능한 서비스를 개발하여 제공한다고 하자. 그러면, 이 서비스에 가입할 수 있는 잠재가입자는 2Mbps 이상의 접속매체를 보유한 가구나 기관이 될 것이다. 이는 특정 서비스에 대해서 그 잠재가입자 기반이 그 서비스를 제공받을 수 있는 가입자망의 보유여부에 따라 결정됨을 의미한다.

이러한 분석에 기초하여, 특정 서비스 a 에 대해서 서비스 a 가 요구하는 수준 이상의 가입자접속

속도를 제공하는 매체의 집합을 $P(a)$ 라고 정의하자. 또한 특정지역 i 에서 접속매체 p 에 접속할 수 있는 가구수 또는 잠재가입자수를 $N_{i,p}$ 라고 하자. 그러면 정의에 의해 지역 i 에서 서비스 a 에 가입할 수 있는 잠재가입자수 $N_i(a)$ 는 다음 식으로 표현된다.

$$N_i(a) = \bigcup_{p \in P(a)} N_{i,p} \quad (24)$$

그러면, 이러한 잠재가입자수를 바탕으로 여러 가지 형태의 서비스 확산모형을 적용해 볼 수 있다.

서비스 확산모형중 가장 기본적인 모형으로서 Bass 모형이 있다. 이 모형은 서비스 가입자의 증가 또는 확산을 혁신자와 모방자의 형태로 양분하고 그 변화양태를 수식화하고 있다. 식 (24)에 기초하여 특정 지역 i 의 서비스 가입자 수요예측모형을 시범적으로 구성해 보면, 다음과 같다. 즉

$$\begin{aligned} \Delta n_i(a) &= \alpha(N_i(a) - n_i(a)) \\ &+ \beta \frac{n_i(a)}{N_i(a)} (N_i(a) - n_i(a)) \end{aligned} \quad (25)$$

여기서 Δ 는 t 시점에서 $t+1$ 시점까지의 변화분을 나타내고, 모형상의 파라메타 α 와 β 는 각각 Bass모형의 혁신계수와 모방계수이다.

식 (25)의 서비스 가입자 수요예측모형에서 주목할 것은 이 모형이 모든 서비스 a 에 대해 동일하게 적용될 수 있다는 것이다. 식 (25)에서는 모든 서비스에 대해 동일한 혁신계수와 모방계수를 사용함으로써 가입자의 확산이 서비스내 뿐 아니라 서비스간에 있어서도 유사하게 나타난다는 것을 묵시적으로 가정하고 있다. 만일 이들 서비스 상호간 대체 또는 보완관계가 성립하는 경우, 가입자 수요예측모형 식 (25)는 이러한 영향을 반영하도록 수정되어야 한다.

2.7.2 가입자망 아키텍처의 경제성 분석

가입자망 아키텍처는 바로 가입자 접속매체와

직결된다. 가입자망 아키텍처가 초고속망 기획에서 차지하는 중요성은 초고속망 전체투자에서 가입자망 투자가 차지하는 비중이 매우 큰 데에서 기인한다. 초고속망 서비스를 개발하여 제공하고 자 하는 입장에서 투자경제성은 초고속서비스의 제공으로 인한 수입이 기반투자를 상회할 때 성립한다.

식 (25)에 의하면, 초고속망 가입수요는 잠재가입 기반인 $\{N_i(a)\}$ 이 클수록 커진다. 그런데 $N_i(a)$ 는 식 (24)에 의해서 각 서비스가 요구하는 접속속도를 보장하는 가입자망 기반이 널리 깔릴수록, 그리고 하나의 가입자망 아키텍처로 다양한 서비스에의 접속이 가능할수록 커진다.

결국 PSTN, N-ISDN, xDSL, Cable modem, LAN, PON 등 다양한 가입자망 아키텍처중에서 어떠한 아키텍처가 지역적 특성에 따라서 가장 투자경제성이 우수한가는, 식 (24)와 식 (25)에 의해 판가름난다. 즉 특정지역 i 에 대해서 투자확보한 가입자 기반이 식 (25)에 의해서 얼마나 조기에 가입수요로 현실화되고, 그것이 다시 얼마나 조기에 사업자의 수입으로 이어지는냐에 의해 가입자망 아키텍처의 기술경제성이 결정된다는 것이다.

가입자망 아키텍처에 대한 기술경제성 평가는 그 규모나 상호 연관성을 감안할 때, 매우 복잡하다. 더욱이 기술경제성 평가는 가입자의 수나 밀도, 그리고 PC보급대수와 같은 사회경제적 기반과도 밀접하게 관련되어 있어, 국내 시장특성에 관한 정확한 자료를 바탕으로 이루어져야 한다. 이러한 관점에서 본 연구에서 제시하는 초고속망 기획모형은 주어진 입력자료와 다양한 시나리오하에서 가입자망 아키텍처에 대한 기술경제성을 평가하는데 활용될 수 있다.

2.7.3 서비스 공급모형과 정책변수

서비스 공급모형은 정부와 같은 공공부문에서 초고속망 서비스 시장이 잘 형성되지 않는 시장개발초기에 공급자나 이용자를 보조하는 등 시장개발의 가능성을 모형상에서 시험하기 위한 것이다.

따라서 이와 관련된 정책변수는 예로서 ATM기간망중 일부나 전부, 또는 경우에 따라서 일부 가입자망을 정부의 선투자에 의해 보조할 것인가 여부 등이 있다.

이러한 정책적 의사결정을 본 연구에서 제시하고자 하는 초고속망 기획모형이 지원할 수 있기 위해서는 서비스 공급모형과 함께, 가입자 수요예측모형, 그리고 각종 가입자망 아키텍처에 대한 기술경제성 분석모형이 안정적이고 신뢰할 만한 수준으로 개발되고 검증되어야 한다. 이러한 본격적인 모형의 개발은 본 연구의 범위를 벗어나기 때문에, 향후 추가적인 모형 및 도구개발 작업이 필요하다.

3. 초고속망 기획예제와 시스템 요구 분석

3.1 개요

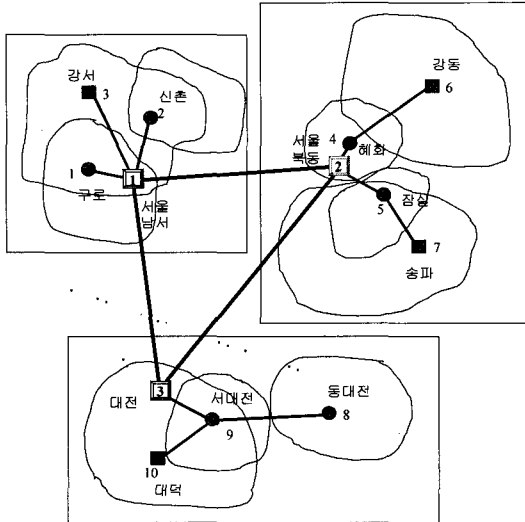
앞에서 제시한 초고속망 기획모형을 기반으로 해서 초고속 기획도구를 개발하기 위해서는 분석 흐름도, 데이터베이스의 구조, 사용자 인터페이스 등 시스템 요구분석이 선행되어야 한다. 본 장에서는 세부적인 시스템요구를 도출하기 위해 가상적으로 작성한 예제를 가지고 program prototype의 개요를 설명한다¹⁾.

3.2 예제의 구성 및 표현

3.2.1 지역구분 및 트래픽 노드

예제는 서울과 대전 지역에서 10개의 트래픽노드를 가지는 망으로 가정하였다. 10개의 트래픽노드중 6개는 PSTN 교환국, 4개는 CATV SO이며, 이들 10개의 트래픽노드는 3개의 광역권으로 묶인다.

1) 예제에 사용된 data는 Microsoft Access를 이용하여 작성/편집하였으며, 시범적인 prototype은 Microsoft Visual Basic 4.0을 이용하여 작성하였다.



<그림 7> 예제의 지역구분 및 노드와 트렁크

<그림 7>은 이러한 예제망의 물리적 구조를 표현한 것인데, □로 표시된 것은 CATV SO이고, ○로 표시된 것은 PSTN 교환국이다. '서울남서', '서울북동', '대전'으로 표시된 것은 이들 트래픽 노드가 묶이는 광역권의 명칭으로서 각각 ATM 교환기능을 갖는 ATM 노드로 정의한다. 각 노드를 연결하는 전송시스템이 물리적으로 위치하는

<표 11> 노드 관련 정보

node id	x좌표	y좌표	유형	노드(지역)
1	53	84	PSTN 국사	구로
2	106	41	PSTN 국사	신촌
3	45	32	CATV SO	강서
4	369	57	PSTN 국사	혜화
5	386	110	PSTN 국사	잠실
6	459	29	CATV SO	강동
7	436	160	CATV SO	송파
8	347	233	PSTN 국사	동대전
9	253	239	PSTN 국사	서대전
10	197	273	CATV SO	대덕
11	103	93	ATM 교환기	서울남서
12	335	100	ATM 교환기	서울북동
13	214	178	ATM 교환기	대전

<표 12> 트렁크 관련 정보

trunk id	from node	to node	T1	E1	45M	155M
1	서울남서	구로	0	5	1	0
2	서울남서	신촌	0	0	1	1
3	강서	서울남서	0	2	0	0
4	강동	혜화	5	0	0	0
5	서울북동	혜화	0	1	1	0
6	송파	잠실	0	4	0	0
7	서울북동	잠실	0	0	1	0
8	동대전	서대전	0	0	1	0
9	대덕	서대전	0	4	0	0
10	대전	서대전	0	0	2	0
11	서울남서	서울북동	0	2	0	1
12	서울북동	대전	0	3	1	0
13	서울남서	대전	4	0	1	0

구간이 트렁크가 되며, 그림에서 실선으로 표시된 부분이다.

<표 11>과 <표 12>는 예제에서 사용한 노드와 트렁크에 관한 정보를 보여주고 있다.

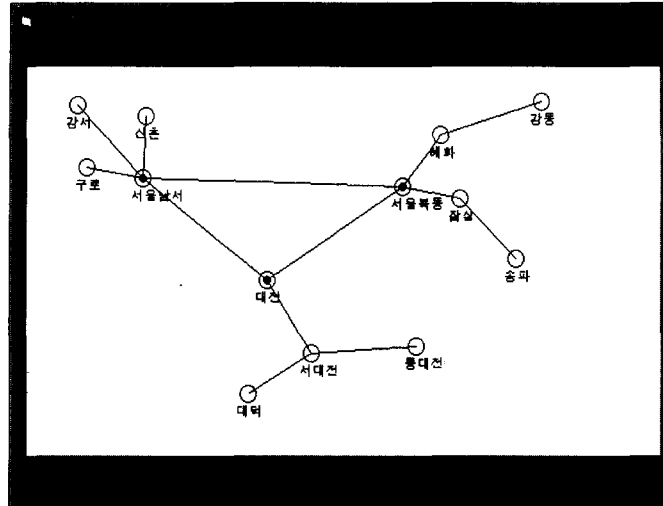
3.2.2 물리적 망의 표현

<그림 8>은 이러한 정보를 이용하여 물리적인 망을 구성한 것이다. 트래픽 노드와 ATM 노드는 각각 ○과 ●로 표현하였으며, 물리적인 트렁크는 노드들을 연결한 실선으로 표시하였다.

3.2.3 논리적 망의 표현

예제에서는 A와 B 2개의 서비스가 초고속망을 통하여 제공되는 것으로 가정하였다. 이중 A는 인터넷 접속서비스를 제공하는 영리 ISP이고, B는 인터넷 접속서비스를 제공하는 비영리 ISP 서비스이다. 이들 서비스를 제공하기 위한 망을 A Net와 B Net로 명명한다.

일반적으로 트래픽망은 서비스를 공급하는 네트워크 공급자가 자율적으로 기획하여 공급한다. 그러나 공급되는 트래픽망의 토폴로지와 링크용량은 수요를 반영하여 결정되며, 수요는 다시 해당서비스를 제공하기 위한 서버가 네트워크 상에



<그림 8> 물리적 망

서 어떻게 분포하고 있는가에 영향을 받는다.

이를 명확히 살펴 보기 위해 A와 B 두 서비스 각각에 대하여 서비스 제공을 위한 server들이 지역적으로 어떻게 분포되어 있는가를 살펴 보자. <표 13>은 A, B 서비스를 제공하는 서버가 각 지역에 어떠한 비중으로 산재되어 있는지를 보여 주고 있다.

<표 13> 각 서비스별 서버의 비중 분포

중분류 (code)	소분류 (code)	H	G
서울 남서	구로		
	신촌	0.5	
	강서		
서울 북동	해화	0.5	1.0
	잠실		
	송파		
대전	동대전		
	서대전		
	대덕		

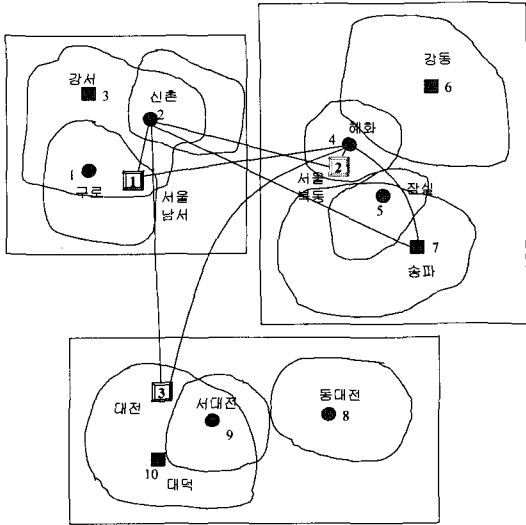
<표 13>에 의하면, 서비스 A의 서버는 신촌과 해화에 접속되어 있고, 각 지역의 트래픽노드는 신

촌이나 해화와 상호 교신을 하게 된다. 마찬가지로 서비스 B의 서버는 해화에 접속되어 있어 각 지역의 트래픽노드는 해화에만 상호교신을 한다.

각 서비스의 트래픽망은 이러한 노드간 교신패턴을 반영하여 그 토폴로지가 구성되며, 주어진 토폴로지상의 용량은 트래픽 수요를 감안하여 결정되게 된다. <표 14>는 이러한 방식에 의해 결정되는 트래픽망의 정보를 예시적으로 보여주고 있다.

<표 14> 트래픽망 모형

link id	from node	to node	속도	갯수	서비스망
1	서울남서	신촌	45M	1	A Net
2	서울남서	해화	E1	5	
3	송파	신촌	T1	4	
4	송파	해화	E1	6	
5	서울북동	신촌	45M	1	
6	서울북동	해화	T1	2	
7	대전	신촌	E1	6	
8	대전	해화	155M	1	
9	강서	해화	E1	6	B Net
10	서울남서	해화	45M	1	
11	대전	해화	E1	5	
12	송파	해화	E1	8	
13	강동	해화	E1	4	



<그림 9> A Net의 논리적 망

<그림 9>는 A Net에 대하여 논리적인 망의 모양을 보이고 있다.

여기서 논리망 또는 트래픽망은 초고속전달망상에서 구축되어 고속데이터 트래픽이 전달되는 부분을 의미한다. PSTN이나 CATV 망을 통하여 전달되는 서비스 트래픽은 초고속전달망상에서 구성된 트래픽망에서는 나타나지 않는다.

3.3 데이터 모델링

3.3.1 테이블간 관계의 정의

데이터모델링은 앞에서 제시한 초고속망 모

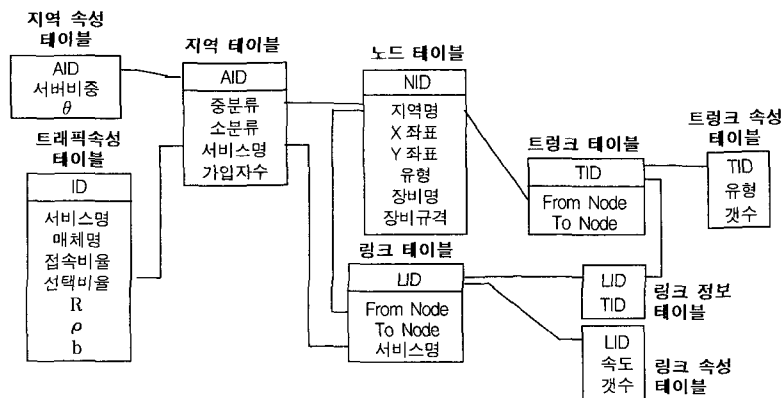
형에 의거하여 실제 입력정보들의 데이터양식을 정의하고, 이로부터 초고속망 기획과정에서 필요한 분석정보나 집계정보가 어떠한 상호연계성을 가지고 계산되는지를 도식적으로 표현한 것이다. 초고속망 기획도구가 본격적으로 개발된다면, 보다 전문적인 데이터모델링이 이루어져야 하나, 여기에서는 제시된 예제에 한정하여 정의된 총 9개의 데이터베이스만을 대상으로 상호관계를 정의한다. 관계형 데이터베이스간의 관계를 데이터모델링의 관점에서 도식화하면 <그림 10>과 같다.

3.3.2 테이블 정의

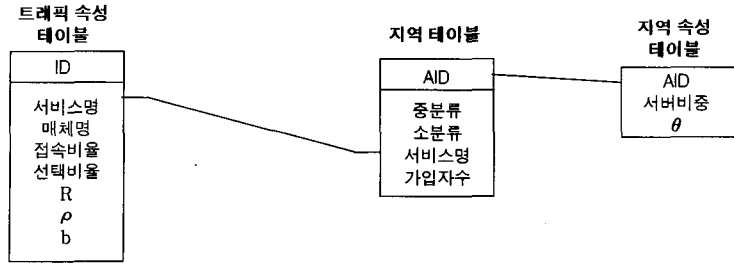
예제에서 사용된 테이블은 크게 두가지 부류로 분류될 수 있다. 하나는 수요부문의 정보이고 다른 하나는 공급부문의 정보이다. 그러면 이제부터는 가입자 트래픽을 계산하는 수요부문의 테이블과, 망의 논리적, 물리적인 구성 및 용량 등을 계산하는 공급부문의 테이블로 나누어 살펴 본다.

1) 트래픽 추정을 위한 수요부분 테이블

수요부문의 트래픽을 계산하는데 이용되는 데이터베이스로서, 구체적으로 서비스별 접속매체별 가입자수, 서비스별 최번시 접속가입자비용, 요구회선용량, 단대단 트래픽 용량을 계산하는데 사용된다. 이 부분의 테이블로는 지역속성테이블, 지역테이블, 트래픽속성테이블, 링크속성테이블 등이 있다.



<그림 10> 테이블간 관계의 정의



<그림 11> 수요부분의 테이블간 관계

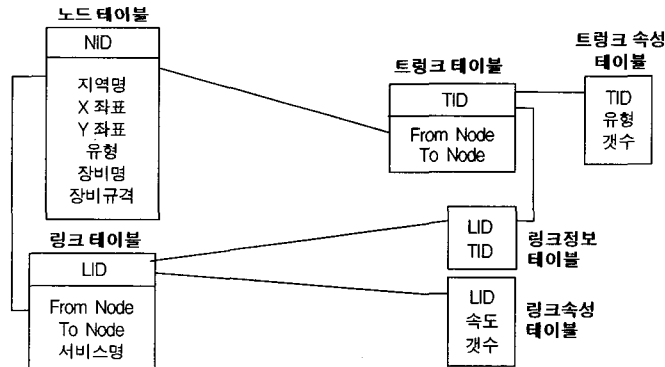
- 지역테이블 : 이 테이블은 지역(노드)에 대한 구분(중분류, 소분류), 그리고 서비스별 가입자수에 대한 자료를 포함하고 있다.
- 트래픽속성 테이블 : 각 서비스별 매체에 대한 정보를 가진 테이블로, 각 서비스의 매체접속비율, 매체선택비율, 매체 속도, 최번시 트래픽속도(ρ), peak time 지속시간(b)에 관한 정보를 가지고 있으며, 이 정보를 바탕으로 서비스별 트래픽의 평균(m)과 분산(σ^2)을 계산한다.
- 지역속성 테이블 : 이 테이블은 각 서비스별로 서버의 지역적 분포를 바탕으로 각 지역의 서버 비중을 나타낸다.

2) 공급부분 테이블

공급부분에서는 망의 형태를 구성하는 테이블로 노드 테이블, 트렁크 테이블, 링크 테이블, 링크정

보 테이블, 트렁크속성 테이블, 링크속성 테이블 등 6개의 테이블이 이용된다.

- 노드테이블 : 각 노드에 대한 이름, 유형, 위치, 장비, 장비규격에 대한 정보를 갖는다.
- 트렁크테이블 : 각 노드사이에 연결된 물리적인 트렁크 정보를 나타내며, 트렁크 속성테이블을 참조하여 트렁크에 대한 구체적인 정보를 갖는다.
- 링크테이블 : 각 노드 사이의 논리적인 링크를 표현하며, 링크속성테이블을 참조하여 링크에 대한 구체적인 속도, 개수 등의 정보를 갖는다.
- 링크정보테이블은 논리적인 링크를 물리적인 트렁크로 표현하는 자료를 갖는다.
- 트렁크속성테이블 및 링크속성테이블 : 트렁크와 링크의 구체적인 정보를 갖는다.



<그림 12> 네트워크 구성 테이블간의 관계

3.4 트래픽의 추정

3.4.1 가입자 및 서버분류

1) 가입자수의 추정

각 지역의 서비스별 가입자수에 대한 별도의 자료가 있는 경우에는, 지역별 가입자수를 추정할 필요가 없다. 그러나, 각 지역의 서비스별 가입자수에 대한 별도의 자료가 없는 경우에는 가입자수를 추정하여야 한다.

본 예제에서 서비스별 가입자 수는 PSTN 가입자 비율 유사한 분포를 가질 것으로 가정하여 각 서비스별 전체 서비스 가입자수를 이용하여 다음과 같이 추정하기로 한다.

$$\text{서비스별 가입자수} = (\text{서비스별 전체 가입자}) \times (\text{해당지역 PSTN 가입자 비율})$$

- 해당지역 가입자 비율 : 예제에서 사용한 지역의 PSTN 가입자 수와 이를 전국 가입자수로 나눈 비율을 계산한다.
- 서비스별 전체 가입자수 : A Net의 경우 903,000명, B Net의 경우는 526,430명이라고 가정한다.

이러한 가정에 입각하여 각 서비스별 가입자수를 계산하면, <표 15>와 같다. <표 15>에서는 편의상 특정 서비스에 대해서 지역별 가입자수를 해당 지역 PSTN 가입자비율을 참조하여 계산하였다.

<표 15> 적용 예제의 가입자수 추정

지역명	PSTN가입자	PSTN비율	A Net	B Net
구 로	185,792	0.01053	9,507	5542
신 촌	106,946	0.00606	5,472	3190
강 서	66,692	0.00945	8,530	4973
혜 화	95,871	0.00543	4,906	2860
잠 실	136,805	0.00775	7,000	4081
강 동	153,805	0.00872	7,870	4588
송 과	119,098	0.00675	6,094	3553
동대전	52,096	0.00295	2,666	1554
서대전	136,630	0.00774	6,991	4076
대 덕	118,328	0.00671	6,055	3530

2) 서비스별 접속매체별 가입자수

서비스-접속매체별 가입자 비율 $\{\theta(a, p)\}$ 를 다음 <표 16>과 같이 가정한다.

<표 16> 서비스별 접속매체별 가입자비율

서비스 \ 매체	PSTN	N-ISDN	xDSL	Cable Modem	LAN
A Net	0.90	0.02	0.00	0.04	0.04
B Net	0.80	0.04	0.02	0.06	0.08

서비스-접속매체별 가입자비율과 앞에서 구한 각 노드의 가입자수를 통해서 서비스-접속매체별 가입자수를 계산할 수 있다. 이때 사용되는 계산식은 다음과 같다.

$$n_i(a, p) = n_i(a) \cdot \theta(a, p)$$

3) 지역별 최번시 접속가입자수

본 예제에서는 지역별 최번시 접속가입자 비율이 <표 17>에 나타난 바와 같다고 가정한다.

<표 17> 최번시 접속가입자 비율 $\{\tau(a, p)\}$

서비스 \ 매체	PSTN	N-ISDN	xDSL	Cable Modem	LAN
A Net	0.0231	0.0231	0.0000	0.0045	0.0042
B Net	0.0045	0.0041	0.0025	0.0060	0.0085

그러면, 최번시 서비스에 접속하는 가입자수는

$$n_i^{busy}(a, p) = \tau(a, p) n_i(a, p)$$

에 의해서 쉽게 계산될 수 있다.

3.4.2 요구회선 용량의 계산

1) 서비스별 트래픽 특성치

서비스별 매체별 상방향 트래픽에 대한 특성치를 계산할 때, $R, \rho, b(\text{sec})$ 가 주어져 있다면, 평균과 분산은 $m = \rho R, \sigma^2 = \rho(1 - \rho)R^2$ 에 의해 계산될 수 있다. 예제에 대하여 적용한 계산결과는 <표 18>에 나타난 바와 같다.

<표 18> 접속매체별 특성치

서비스	매체	R	ρ	b(sec)	m	σ^2
A Net	PSTN	33.6	0.0003	0.05	0.010	0.339
	N-ISDN	128	0.0002	0.02	0.026	3.276
	CATV	300	0.0001	0.05	0.030	8.999
	LAN	1500	0.0001	0.01	0.150	224.978
B Net	PSTN	56	0.0006	0.15	0.034	1.880
	N-ISDN	128	0.0003	0.08	0.038	4.914
	xDSL	1500	0.0002	0.09	0.300	449.910
	CATV	500	0.0001	0.14	0.050	24.998
	LAN	1500	0.0001	0.01	0.150	224.978

2) 요구회선 용량의 계산

트래픽 모형에서 client에서 server 로 향하는 상향 트래픽은 다음 식에 의해 계산된다.

$$q_i(a, p) = g(\epsilon, m_i(a, p), \sigma_i(a, p), b_i(a, p), n_i^{busy}(a, p))$$

여기서는 편의상 Statistical Approximation을 적용하여, 상향트래픽의 요구회선용량을 계산해 보기로 한다. 설계파라미터라고 할 수 있는 ϵ 값은 0.001을 적용한다. 그러면 식 (5)에서 α 은 3.4609 가 된다. 따라서 지역 i 의 상방향 트래픽은

$$q_i(a, p) = n_i^{busy}(a, p) \cdot m(a, p) + 3.4609 \times \sqrt{n_i^{busy}(a, p) \cdot \sigma(a, p)}$$

에 의해 계산된다. 예제에서 A Net 서비스에 대하여 계산한 결과를 살펴 보면, <표 19>와 같다.

<표 19> A Net의 최번시 가입자수 ($n_i^{busy}(a, p)$)와 요구회선용량(q_i)

매체	시작노드	도착노드	최번시 가입자수	요구회선용량
CATV	강 동	신 촌	35.415	36.73486
	강 동	혜 화	35.415	36.73486
	강 서	신 촌	38.385	38.28964
	강 서	혜 화	38.385	38.28964

매체	시작노드	도착노드	최번시 가입자수	요구회선용량
CATV	구 로	신 촌	42.7815	40.49073
	구 로	혜 화	42.7815	40.49073
	대 덕	신 촌	27.2475	32.10718
	대 덕	혜 화	27.2475	32.10718
	동대전	신 촌	11.997	21.1222
	동대전	혜 화	11.997	21.1222
	서대전	신 촌	31.4595	34.5651
	서대전	혜 화	31.4595	34.5651
	송 파	신 촌	27.423	32.21305
	송 파	혜 화	27.423	32.21305
	신 촌	신 촌	24.624	30.484
	신 촌	혜 화	24.624	30.484
	잠 실	신 촌	31.5	34.58795
	잠 실	혜 화	31.5	34.58795
	혜 화	신 촌	22.077	28.82725
	혜 화	혜 화	22.077	28.82725
LAN	강 동	신 촌	33.054	82.01931
	강 동	혜 화	33.054	82.01931
	강 서	신 촌	35.826	85.60135
	강 서	혜 화	35.826	85.60135
	구 로	신 촌	39.9294	90.68684
	구 로	혜 화	39.9294	90.68684
	대 덕	신 촌	25.431	71.40824
	대 덕	혜 화	25.431	71.40824
	동대전	신 촌	11.1972	46.53124
	동대전	혜 화	11.1972	46.53124
	서대전	신 촌	29.3622	77.03468
	서대전	혜 화	29.3622	77.03468
	송 파	신 촌	25.5948	71.65015
	송 파	혜 화	25.5948	71.65015
	신 촌	신 촌	22.9824	67.70452
	신 촌	혜 화	22.9824	67.70452
잠 실	신 촌	29.4	77.08708	
잠 실	혜 화	29.4	77.08708	
혜 화	신 촌	20.6052	63.93401	
혜 화	혜 화	20.6052	63.93401	

매 체	시작노드	도착노드	최번시 가입자수	요 구 회선용량
N-ISDN	강 동	신 촌	181.797	67.43427
	강 동	혜 화	181.797	67.43427
	강 서	신 촌	197.043	70.40404
	강 서	혜 화	197.043	70.40404
	구 로	신 촌	219.6117	74.6234
	구 로	혜 화	219.6117	74.6234
	대 덕	신 촌	139.8705	58.64787
	대 덕	혜 화	139.8705	58.64787
	동대전	신 촌	61.5846	38.11634
	동대전	혜 화	61.5846	38.11634
	서대전	신 촌	161.4921	63.30473
	서대전	혜 화	161.4921	63.30473
	송 파	신 촌	140.7714	58.84799
	송 파	혜 화	140.7714	58.84799
	신 촌	신 촌	126.4032	55.58498
	신 촌	혜 화	126.4032	55.58498
	잠 실	신 촌	161.7	63.34812
	잠 실	혜 화	161.7	63.34812
혜 화	신 촌	113.3286	52.469	
혜 화	혜 화	113.3286	52.469	
PSTN	강 동	신 촌	181.797	37.4284
	강 동	혜 화	181.797	37.4284
	강 서	신 촌	197.043	39.04462
	강 서	혜 화	197.043	39.04462
	구 로	신 촌	219.6117	41.33687
	구 로	혜 화	219.6117	41.33687
	대 덕	신 촌	139.8705	32.63252
	대 덕	혜 화	139.8705	32.63252
	동대전	신 촌	61.5846	21.33852
	동대전	혜 화	61.5846	21.33852
	서대전	신 촌	161.4921	35.17703
	서대전	혜 화	161.4921	35.17703
	송 파	신 촌	140.7714	32.742
	송 파	혜 화	140.7714	32.742
	신 촌	신 촌	126.4032	30.95562
	신 촌	혜 화	126.4032	30.95562
	잠 실	신 촌	161.7	35.20072
	잠 실	혜 화	161.7	35.20072
혜 화	신 촌	113.3286	29.24687	
혜 화	혜 화	113.3286	29.24687	

3) 서비스별 트래픽의 착신분포와 단대단 요구 회선용량

- 상향 트래픽 : 앞에서 구한 지역 i 의 요구회선용량(q_i)을 가지고 다음과 같이 상향 트래픽을 계산할 수 있다.

$$q_{ij}(a, p) = w_j(a) \cdot q_i(a, p)$$

- 하향 트래픽 : 하향 트래픽은 다음 식에 의해 계산된다.

$$q_{ji}(a, p) = \theta(a) \cdot q_{ij}(a, p)$$

여기서 $\theta(a)$ 는 서비스별로 다른데, A Net의 경우 25.0, B Net의 경우 48.0이라고 가정한다.

예제에서 계산된 A Net 서비스의 상향 트래픽과 하향 트래픽을 정리하면 <표 20>과 같다.

<표 20> A Net의 단대단 트래픽

매 체	시작 노드	도착 노드	상 향 트래픽	하 향 트래픽
CATV	강 동	신 촌	18.36743	459.1857
	강 동	혜 화	18.36743	459.1857
	강 서	신 촌	19.14482	478.6205
	강 서	혜 화	19.14482	478.6205
	구 로	신 촌	20.24537	506.1342
	구 로	혜 화	20.24537	506.1342
	대 덕	신 촌	16.05359	401.3397
	대 덕	혜 화	16.05359	401.3397
	동대전	신 촌	10.5611	264.0274
	동대전	혜 화	10.5611	264.0274
	서대전	신 촌	17.28255	432.0638
	서대전	혜 화	17.28255	432.0638
	송 파	신 촌	16.10653	402.6631
	송 파	혜 화	16.10653	402.6631
	신 촌	신 촌	15.242	381.0501
	신 촌	혜 화	15.242	381.0501
	잠 실	신 촌	17.29398	432.3494
	잠 실	혜 화	17.29398	432.3494
혜 화	신 촌	14.41363	360.3406	
혜 화	혜 화	14.41363	360.3406	

매 체	시작 노드	도착 노드	상 향 트래픽	하 향 트래픽
LAN	강 동	신 촌	41.00966	1025.241
	강 동	혜 화	41.00966	1025.241
	강 서	신 촌	42.80067	1070.017
	강 서	혜 화	42.80067	1070.017
	구 로	신 촌	45.34342	1133.585
	구 로	혜 화	45.34342	1133.585
	대 덕	신 촌	35.70412	892.6031
	대 덕	혜 화	35.70412	892.6031
	동대전	신 촌	23.26562	581.6405
	동대전	혜 화	23.26562	581.6405
	서대전	신 촌	38.51734	962.9335
	서대전	혜 화	38.51734	962.9335
	송 파	신 촌	35.82507	895.6269
	송 파	혜 화	35.82507	895.6269
	신 촌	신 촌	33.85226	846.3065
	신 촌	혜 화	33.85226	846.3065
	잠 실	신 촌	38.54354	963.5885
	잠 실	혜 화	38.54354	963.5885
	혜 화	신 촌	31.967	799.1751
	혜 화	혜 화	31.967	799.1751
N-ISDN	강 동	신 촌	33.71714	842.9284
	강 동	혜 화	33.71714	842.9284
	강 서	신 촌	35.20202	880.0505
	강 서	혜 화	35.20202	880.0505
	구 로	신 촌	37.3117	932.7926
	구 로	혜 화	37.3117	932.7926
	대 덕	신 촌	29.32394	733.0984
	대 덕	혜 화	29.32394	733.0984
	동대전	신 촌	19.05817	476.4543
	동대전	혜 화	19.05817	476.4543
	서대전	신 촌	31.65236	791.3091
	서대전	혜 화	31.65236	791.3091
	송 파	신 촌	29.424	735.5999
	송 파	혜 화	29.424	735.5999
	신 촌	신 촌	27.79249	694.8122
	신 촌	혜 화	27.79249	694.8122
	잠 실	신 촌	31.67406	791.8516
	잠 실	혜 화	31.67406	791.8516
	혜 화	신 촌	26.2345	655.8626
	혜 화	혜 화	26.2345	655.8626

매 체	시작노드	도착노드	상 향 트래픽	하 향 트래픽
PSTN	강 동	신 촌	18.7142	467.855
	강 동	혜 화	18.7142	467.855
	강 서	신 촌	19.52231	488.0577
	강 서	혜 화	19.52231	488.0577
	구 로	신 촌	20.66843	516.7108
	구 로	혜 화	20.66843	516.7108
	대 덕	신 촌	16.31626	407.9066
	대 덕	혜 화	16.31626	407.9066
	동대전	신 촌	10.66926	266.7315
	동대전	혜 화	10.66926	266.7315
	서대전	신 촌	17.58852	439.7129
	서대전	혜 화	17.58852	439.7129
	송 파	신 촌	16.371	409.2749
	송 파	혜 화	16.371	409.2749
	신 촌	신 촌	15.47781	386.9452
	신 촌	혜 화	15.47781	386.9452
	잠 실	신 촌	17.60036	440.0089
	잠 실	혜 화	17.60036	440.0089
	혜 화	신 촌	14.62344	365.5859
	혜 화	혜 화	14.62344	365.5859

<표 20>은 제시된 예제에 대해서 A Net의 트래픽노드간 트래픽 또는 요구회선용량을 방향별로 계산한 결과이다. 그러나 이렇게 추정된 트래픽노드 단대단 트래픽이 모두 A Net의 트래픽 망상에서 전달되는 것은 아니다. 예컨대 PC통신서비스로 정의된 A Net 트래픽중 PSTN과 N-ISDN 트래픽은 A Net의 Server가 위치한 신촌과 혜화까지 PSTN과 N-ISDN으로 전달되는 것이 보통이다(<표 13>의 서버분포 참조). 그러나 각 트래픽노드에서 신촌이나 혜화까지 전달되는 도중에서 그 트래픽이 ATM망에 수용되는 경우, A Net상의 단대단 트래픽은 다른 양상으로 나타나게 된다.

이렇게 PSTN이나 N-ISDN으로 전달되는 트래픽을 도중에서 ATM망으로 수용하는 시나리오는 바로 <표 3>에서 소개한 서비스망 모형에 의해 모형화될 수 있었다. <표 21>은 이번 예제에 적용된 서비스망 모형을 보여주고 있다.

〈표 21〉 서비스망 모형의 예

중분류	소분류	A Net	B Net
서울 남서	구로	0	0
	신촌	0	0
	강서	0	1
	합계	1	1
서울 북동	해화	0	0
	잠실	0	0
	강동	0	1
	송파	1	1
	합계	1	1
대전	동대전	0	0
	서대전	0	0
	대덕	0	0
	합계	1	1

〈표 21〉에 의해 서비스망 시나리오가 주어졌을 때, A Net과 B Net의 단대단 요구회선용량은 〈표 20〉의 자료에 식 (18)과 식 (19)를 적용함으로써 기계적으로 계산할 수 있다.

〈표 21〉의 서비스망 시나리오는 트래픽망 토폴로지를 결정하는 과정에 이미 반영되어 있기 때문에, 세부적인 계산 결과는 여기에서는 생략하기로 한다.

4. 결론 및 향후 과제

본 연구는 국내 초고속 정보통신기반 구축사업에서 활용할 수 있는 초고속망 기획분석 모형을 개발하고, 이를 바탕으로 컴퓨터 지원도구를 개발하기 위한 시스템 요구를 도출하는 데에 그 목적이 있다. 이 목적에 따라 본 연구에서는 초고속 기간망의 계획과정을 하나의 일관된 틀로서 정리하고 각 단계에서 요구되는 계량적 분석모형을 개발 제시하였다.

본 연구에서 제시한 기획분석모형은 초고속망 전체의 기획, 경제성 분석, 시장 개발전략의 모색에 활용될 수 있을 것이며, 아울러 개발한 모형을 기반으로 해서 기본적인 시스템요구를 도출하였고, 이중 초고속 설비망과 트래픽망의 네트워크 표현 부분은 하나의 프로토타입으로 구현하였다.

본격적인 초고속망 기획활동의 규모나 자료의 방대함에 비추어 볼 때, 제시된 모형의 핵심은 기획

모형의 종합적인 틀과 그 틀을 구성하는 세부모형간의 상호 연계성이다. 그러한 연계성을 보다 명확하게 설명하기 위해 본 연구에서는 가상적인 예제를 통하여 그 전개과정을 설명하였고, 설명도구로서 프로토타입을 구현하여 활용하였다.

본 연구에서 제시한 방법론은 초고속망의 규모에 관계없이 일반화될 수 있으며, 일반적인 데이터베이스 관리시스템과 결합하여 본격적인 시스템으로 발전될 수 있다. 다만 그 과정에서 많은 추가적인 연구와 시스템 구현작업이 요구된다. 우선 모형의 관점에서는 영리 및 비영리 ISP뿐 아니라, VOD, 화상전화, 화상회의, 전자상거래 등과 같은 초고속망 서비스를 모형내에 특화된 모듈로 포함시키는 작업이 필요하다. 또한 각 서비스에 대해서 보다 정확한 트래픽 특성치, 사용자 관련 데이터를 추정하고, 모형을 정밀화하는 작업도 필요하다.

한편 시스템 도구의 관점에서는 본격적인 DBMS와 visual presentation 도구를 결합하는 작업이 필요하다. 이어, 초고속망 기획분석활동을 체계적으로 정형화하고 이를 시스템의 사용메뉴로 구현함으로써 실제 초고속망 기획분석에 활용할 수 있는 도구로 발전시킬 필요가 있다.

향후에는 본 연구에서 제시된 모형을 실제 초고속정보통신망에 적용하기 위한 연구가 이루어져야 할 것이며, 이를 위한 모형의 개선과 보완이 이루어져야 할 것이다.

약어 설명

ADSL	: Asymmetric DSL
ATM	: Asynchronous Transfer Mode
B-DCS	: Broadband Digital Cross-connect System
CATV	: Cable TV
CPN	: Customer Premises Network
DBMS	: DataBase Management System
DSL	: Digital Subscriber Line
EO	: End Office
FTTC	: Fiber To The Curb
FTTH	: Fiber To The Home

FTTO : Fiber To The Office
 GOS : Grade Of Service
 HDSL : High data rate Digital Subscriber Line
 HFC : Hybrid Fiber Coaxial
 HFR : Hybrid Fiber & Radio
 ISDN : Integrated Services Data Network
 ISP : Internet Service Provider
 KII : Korea Information Infrastructure
 LAN : Local Area Network
 N-ISDN : Narrowband ISDN
 NT : Network Terminal
 PON : Passive Optical Network
 PSDN : Public Switched Data Network
 PSTN : Public Switched Telephone Network
 RACE : Research in Advanced Communica-
 tions in Europe
 RADSL : Rate Adaptive DSL
 SDSL : Symmetric DSL
 SO : System Operator
 TITAN : Tool for Introduction Scenarios and
 Techno-Economic Evaluation for the
 Access Network
 VDSL : Very high speed Digital Subscriber
 Line
 VOD : Video On Demand
 VP : Virtual Path
 W-DCS : Wideband Digital Cross-connect System

참 고 문 헌

- [1] 장석권, 전용수 외, "초고속기반구축을 위한 네트워크 기획분석 모형/틀에 관한 연구", 한국전자통신연구원, 1998.
- [2] 장석권, 전용수, "공학적 접근에 의한 통신망 투자비 결정요인 분석", 『정보통신정책연구』, 제4권 제1호(1997. 12), pp.191-221.
- [3] 장석권, 전용수 외, "통신망 재설계 방법론 및 경제성 연구", 한국전자통신연구원, 1997. 11.
- [4] 한국전산원, "초고속국가망 ATM 시범서비스 계획", 1997.
- [5] 정보통신부, "초고속국가망 인터넷서비스 제공계획(안)", 1997.
- [6] 황건, 송석재, "Hatfield Model 알고리즘 분석", 전자통신동향분석, 한국전자통신연구원, 1997.
- [7] 황건, 송석재, "Benchmark Cost Proxy Model 방법론에 관한 연구", 전자통신동향분석, 한국전자통신연구원, 1997.
- [8] ITU, Challenges to the Network : Telecoms and the Internet, 1997.
- [9] Tsuchida, H., and K., Fujimoto, "A New Service Provisioning Method in the Multimedia/B-ISDN Era," IEEE Communications Magazine, Dec. 1996, pp.102-107.
- [10] B.T. Olsen, et al., "Techno-Economic Evaluation of Narrowband and Broadband Access Network Alternatives and Evolution Scenario Assessment," IEEE Jr. on SAC, Vol.14, No.6(1996), pp.1184-1203.
- [11] L.A. Ims, et al., "Multiservice Access Network Upgrading in Europe : A Techno-Economic Analysis," IEEE Communications Magazine, Dec. 1996, pp.124-134.
- [12] S.E., Gillett, "Connecting Homes to the Internet : An Engineering Cost Model of Cable vs. ISDN," a working paper, June 1995, MIT.
- [13] Chang, S.G., and B., Gavish, "Telecommunications Network Topological Design and Capacity Expansion : Formulations and Algorithms," Telecommunication Systems, Vol. 1, No.2(1993), pp.92-132.
- [14] Chang S.G., and B., Gavish, "Lower Bounding Procedures for Multi-period Telecommunications Network Expansion Problems," Operations Research, Vol.43, No.1(1995), pp.43-57.
- [15] Guerin, R., H., Ahmadi and M., Naghshineh, "Equivalent Capacity and Its Application to Bandwidth Allocation in High-Speed Networks," IEEE Jr. on SAC, Vol.9, No.7(1991), pp.968-981.