

## Telecom Bandwidth Trading을 위한 시스템 아키텍처 설계와 거래시장 모형

김도훈\*

### System Architecture Design and Policy Implications on the e-Marketplace for Telecom Bandwidth Trading

Dohoon Kim \*

#### 요 약

통신대역폭 거래(Bandwidth Trading, BT)는 국제적으로 1조 US달러 이상의 잠재적 시장을 보유한 사업 분야이다. BT는 통신사업자에게 비용절감과 신규 수익창출의 기회를 제공함에도 불구하고, 이에 대한 체계적인 연구는 국내/외를 막론하고 아직 초기단계에 있다. 본 연구는 인터넷 컨버전스 환경에서 ISP간 상호접속에 관련된 BT 이슈를 고찰한다. 먼저 대역폭 상품화(commoditization) 경향을 전망하고, BT 시장의 기술적 전제조건과 시스템 아키텍처를 제시한다. 제안된 아키텍처를 통하여 수요-공급의 시장원리에 의해 BT를 운영함으로써, 통신사업자의 효율성을 극대화하는 방향을 모색한다. 특히 이 과정의 핵심적 역할을 담당하는 교환 허브로서, NIBX(Neutral Internet Business eXchange)로 명명된 가치중립적 제3자(third party)의 운영 시나리오를 자세히 살펴본다.

#### Abstract

Bandwidth Trading(BT) represents a potential market with over 1 trillion USD across the world and high growth potential. BT is also likely to accelerate globalization of the telecommunications industry and massive restructuring driven by unbundling rush. However, systematic researches on BT remain at an infant stage. This study starts with structure analysis of the Internet industry, and discusses significance of Internet interconnection with respect to BT issues. We also describe the bandwidth commoditization trends and review technical requirements for effective Internet interconnection with BT capability. Taking a step further, this study explores the possibility of improving efficiency of network providers and increasing user convenience by developing an architectural prototype of Hub-&-Spoke interconnection model required to facilitate BT. The BT market provides an innovative base to ease rigidity of two-party contract and increase service efficiency. However, as fair, efficient operation by third party is required, this research finally proposes an exchanging hub named NIBX(New Internet Business eXchange).

▶ Keyword : 대역폭 거래(Bandwidth Trading), 거래시스템 아키텍처(Trading System Architecture), 인터넷 상호접속(Internet Interconnection), QoS(Quality of Service)

• 제1저자 : 김도훈

• 접수일 : 2007. 8.14, 심사일 : 2007. 8.20, 심사완료일 : 2007. 9.20

\* 경희대학교 경영대학 조교수

※ 이 논문은 2004년도 한국학술진흥재단의 지원에 의하여 연구되었음(KRF-2004-041-B00118).

## I. 서론

오늘날 인터넷 기술은 기존의 최선형(best-effort) 방식의 인터넷에서 진일보하여 눈부시게 발전하고 있다. 대표적인 예가 ITU(International Telecommunication Union)의 NGN(Next Generation Network)이나 우리나라의 BcN(Broadband convergence Network)과 같은, 인터넷 기반 컨버전스를 위한 차세대 인프라로서의 인터넷이다. 이들 계획안의 핵심 목표는 최선형 방식의 인터넷의 태생적인 한계를 넘어서 단대단(end-to-end) QoS(Quality of Service)를 구현하는 것이다.

이러한 기술발전에도 불구하고, 아직까지도 대규모의 다자간 실시간 서비스를 현실에서는 찾아 볼 수 없는 이유는, 글로벌 인터넷 운영과 관련된 제도적, 정책적 환경에서 비롯된다. 특히 ISP(Internet Service Provider)를 비롯한 사업자간 상호접속에서 이들의 자발적 협력을 이끌어 낼 유인체계가 부족하다는 점이 아직까지 큰 진전을 보지 못하고 있다[1,2,3]. 또한 ISP 산업에서의 경쟁이 강화됨에 따라, 망사업자들은 대역폭(bandwidth) 등의 용량관리(capacity management)와 운영비용 절감에 도움이 될 수 있는 상호접속체계에 깊은 관심을 보이고 있다. 망서비스 사업자에게 대역폭으로 대변되는 전송용량(transmission capacity)은 핵심적인 자산임과 동시에 가장 큰 원가요소(cost center)이기 때문이다.

이러한 상황에서 WDM(Wavelength Division Multiplexing)과 같은 전송기술의 발전은 대역폭의 상품화(commoditization)를 촉진시키면서 망사업자의 용량관리 이슈에 새로운 해결책을 제공한다. 변동성(volatility)이 큰 통신서비스의 수요 특성상, 전송용량의 평균 사용율(average utilization rate)은 일반적으로 25%-40%에 불과한 것으로 알려져 있다([4], 이는 망관리 담당자와의 인터뷰를 통해서도 확인되었음). 이에 따라 상품성을 획득한 대역폭을 거래하여 망자원을 효율적으로 운용하려는 시도가 2000년 이후 본격화되고 있다. 최근 미국과 EU 등을 중심으로 대역폭 관리에 대한 새로운 방식이 시도되고 있으며, 이러한 경향은 대역폭 거래(Bandwidth Trading, BT)로 수렴된다. 즉, 타사업자의 여유 용량(idle bandwidth)을 적절한 계약가격에 의해 특정 기간동안 임차하여 사용함으로써 투자를 지연시키고 원가를 절감하려는 경향이 점차 확대되고 있다. 이는 결국 대역폭 자체를 상품으로 취급하는 새로운 종류의 거래시장(trading

marketplace)이 형성되는 양상으로 발전되고 있는데, 이미 2003년에 BT 시장은 전세계적으로 3,600억 달러 규모에 이르렀으며, 2006년부터는 전력 및 가스의 전세계 거래시장 규모를 이미 추월하였을 것으로 보는 견해가 많다[5]. 인터넷을 핵심 인프라로 하는 컨버전스 시대에는 BT와 이를 바탕으로 한 상호접속이 큰 파급효과를 미칠 것이다.

외국의 경우에는 대역폭 관리 및 BT에 관한 연구가 상대적으로 많이 존재한다. 예를 들어, 기술적, 제도적 전제조건을 해결하기 위한 기초 연구로서 오프라인(off-line) 방식의 대역폭 관리를 통한 상호접속에 관해서는 [6], [7], [8] 등에서 연구된 바 있다. 이들 연구는 통신사업자간의 쌍방계약(bilateral agreement)시 QoS 보장 혹은 서비스수준협정(Service Level Agreement, SLA) 제약하에서의 대역폭 브로커(bandwidth broker) 모형을 제공한다. 또한 [8], [9], [10] 등은 인터넷 트래픽 교환허브(traffic exchanging hub)인 IX(Internet eXchange) 운용 및 ISP간 트래픽 교환방식들의 장단점을 논하고 있는데, 이는 실시간 온라인(on-line) BT로도 확장될 수 있다. 실시간 온라인 BT에 대해서는 [4], [11], [12], [15] 등에서 그 가능성과 현재 시행 중인 사례가 제공된다. 특히 [4]과 [13]에서는 미국 Enron사가 시도하였던 최초의 온라인 BTS(BT System)을 자세히 소개하고 있다. 그러나 다사업자간 거래시장을 지향하는 본격적인 BTS에 대해서는 체계적인 연구가 국내/외를 막론하고 초기 단계에 머물러 있는 실정이다.

본 논문은 NGN/BcN 등 차세대 인터넷 환경에서 다사업자간 BTS를 위한 기본 아키텍처를 제공하고자 한다. 망사업자의 입장에서 볼 때, BTS 아키텍처 및 거래시장에 대한 연구는 대역폭 거래엔진(Bandwidth Trading Engine, BTE)을 개발하기 위한 전제 조건이다. 이를 위하여 먼저 차세대 인터넷의 핵심인 단대단 QoS를 위한 상호접속 및 BT 시장 환경에 대해 소개한다. 3절에서는 H&S(Hub-&Spoke)형 상호접속에 기반한 BTS 아키텍처를 제안한다. 특히 허브의 역할을 하는, NIBX(New Internet Business eXchange)로 명명된 아키텍처를 소개하고, BT 플랫폼과 그 운영 시나리오를 제시한다.

## II. 차세대 인터넷과 대역폭 거래

### 2.1. 차세대 인터넷 QoS 이슈와 대역폭 거래

NGN/BcN의 궁극적 목표는 단대단 QoS가 가능한 인프

라 플랫폼을 제공하여 고급의 인터넷 기반 융합서비스를 활성화시키는 것이다[13,14,15,16,17]. 그런데 단대단 QoS가 가능하기 위해서는 기존의 기본적인 인터넷 상호접속방식만으로는 부족하며, 여러 부가적인 기능요소가 지원되어야 한다. 특히, 기술적 문제 외에도, 단대단 QoS를 구현하기 위해 ISP들이 자발적으로 협력할 수 있는, 인터넷 상호접속 환경을 제공할 수 있어야 한다. 이러한 환경을 통하여 사용자는 안정된 수준의 서비스 품질을 보장받을 수 있으며, 공급자(ISP)의 입장에서, 수익성 높은 고부가가치 서비스를 신속히 개발할 유인을 얻는다.

그러나 기존의 peering과 transit을 중심으로 하는 상호접속체계는 ISP간 연결 관계를 지나치게 계층화시키고 복잡하게 만들어 NGN/BcN의 이상을 실현하기에 적합하지 않다. 또한 다층화된 ISP 산업구조에서 단대단 QoS를 강제하게 되면 네트워크 외부성에 의하여 ISP 산업구조를 대형 사업자의 시장지배력을 높이는 요인이 될 가능성도 존재한다[18]. 이러한 시나리오가 가능하다면 그 원인은 단순히 지나치게 많은 수의 ISP가 존재한다는 점에 있는 것이 아니라, 지나치게 세분화된 ISP 산업의 계층구조에 있다. 다층화된 연결 관계는 전송경로를 필요 이상으로 길고 복잡하게 하면서 사업자간 연동과정에서 서비스 품질을 저하시키는 근원이 된다. 전송경로가 길어지고 상대적으로 많은 ISP가 개입되어야 한다면 단대단 QoS를 구현하는 것이 쉽지 않으며, BT의 개연성도 약화되는 것은 자명하다.

기존의 다층화된 연결구조를 해체하여 단순화시킨다면 단대단 QoS와 BT는 보다 쉽게 구현될 수 있을 것이다. 그러나 현재의 정책 및 ISP 산업 환경에서 외부의 강제에 의한 해체를 시행할 수는 없다. 따라서 상기한 전제조건들을 지원할 수 있는 새로운 인터넷 상호접속모형을 개발하고, 이러한 프레임워크에서 사업자들의 자발적인 참여를 유도함으로써, 지금의 문제점들을 점진적으로 해결하는 접근법이 바람직하다.

또한 ISP간 경쟁이 치열해지고 인터넷 트래픽의 상업적 가치가 증가함에 따라, ISP의 망관리 및 운용에 있어서 성능 및 역량관리(performance and capability management)가 중요한 경쟁요소로 부각되고 있다. 이와 동시에 ISP는 운영비용 절감과 수익성 높은 서비스 개발을 통하여 수입관리(revenue management)에도 최선을 다하여야 한다. 이러한 맥락에서 대역폭 상품화에 따른 BT 시장의 활성화는 ISP의 원가절감과 수입관리 관점에서 볼 때 매우 긍정적인 환경을 조성한다.

## 2.2. 대역폭 거래시장의 현황과 전망

전세계에서 BT 시장이 가장 잘 발달된 나라는 미국이다. 미국은 1984년 AT&T가 분할(divestiture)된 이후 지역 Bell 전화회사 사이에서 오프라인 방식으로 디지털 전화회선에 대한 BT가 조금씩 활성화되기 시작하였다. 이러한 경향은 인터넷 등장 이후 통신산업에서 역무제한을 철폐한, 1996년 The Telecommunications Act가 다양한 통신사업자와 ISP 등의 신흥 망서비스 공급자를 과잉으로 양산하면서 더욱 촉진되었다. 이들 사업자들이 경쟁하는 과정에서 원가절감과 수입증가를 위하여 망설비 용량(대역폭) 자체도 시장을 통하여 거래되기 시작하였다[4].

관행적인 오프라인 거래방식의 BT에서는 짧게는 수일에 서 길게는 서너 달 이상이 소요된다[4,13]. 이에 따라 네트워크 성능을 실시간으로 측정하기 어려우며, 측정된 성능을 사업자의 재무적 성과와 연결시키기 어렵다. 오프라인 거래의 문제점을 해결하고, BT에 소요되는 거래비용을 줄이며, 대역폭 공급 및 수요의 편익을 동시에 증가시키고자 미국과 영국의 통신사업자들은 실시간 온라인 거래시스템을 개발하였다. 특히 미국의 경우, 1999년 12월에 세계 최초로 Enron사와 Global Crossing 사이에서 온라인 거래방식에 의한 실시간 BT에 대한 실험을 성공적으로 마쳤던 경험이었다. 이에 자극받아 EU의 통신회사들도 BTS 개발을 적극적으로 시도하여, 미래지향적인 글로벌 통신사업자로 성장하기 위한 발판으로 삼으려 하고 있다.

2000년대 들면서 인터넷망에 대한 대역폭도 온라인으로 매매되기 시작한 상품으로 부상하였다. 기업들의 인터넷 의존도가 높아지고 광전송망(optical fiber network)이 대규모로 구축되면서 전용선 및 일반 데이터통신뿐만 아니라 음성통신에서의 통화시간(minutes) 등도 인터넷망을 이용하게 되었기 때문이다. 특히 인터넷산업에서의 대역폭은 물리적으로 동질적이므로 상품의 표준화(예: OC-series 등)를 통한 거래의 안정성이 높고, 소비가 시간에 의존적이며(perishable), 저장이 불가능하므로(non-storable) 실시간 거래를 통한 상품화 가능성이 높다. 따라서 BT 시장은 모든 정보통신서비스의 인프라가 인터넷으로 통합되는 NGN/BcN 시대에는 더욱 활성화될 전망이다.

하나의 사례로, 미국 뉴욕에 본부를 두고 현재 trading minutes에 집중하는 Arbinet-thexchange사는 회원들간 거래와 이에 따른 트래픽 흐름까지 자동으로 매매하는 솔루션을 제공한다. Arbinet의 플랫폼은 가격과 품질에 따라 글로벌한 입지(presence)를 가지는 자사의 게이트웨이와 상호

연동 되는 관리시스템을 통하여 대역폭을 제공한다. 즉, Arbinet의 BT는 글로벌 망사업자들과의 제휴를 통하여 일종의 네트워크의 네트워크처럼 동작한다. 또 다른 BT 공급자인 RateXchange는 전기와 가스 시장에서 사용된 모델에 근거하여 RateXmatch라 불리는 플랫폼을 운영한다. 이 플랫폼에서는 거래를 위한 신용과 사용한다 등을 동적으로 통제함으로써 거래 당사자가 사전에 승인하고 상대방의 신용등급을 관리할 수 있도록 한다. RateXchange는 미국 전역에 걸친 6개의 허브를 통해 대역폭을 매매한다. 허브가 설치되지 않은 지역에서는 PP(Pooling Point)나 IX 등과 같은 기존의 인터넷 상호접속을 활용하여 거래할 수도 있다[13].

BT 시장이 성장을 위한 기본 바탕을 마련함에 따라, 전통적인 통신사업자나 ISP들만이 BT 시장에 관심있는 유일한 그룹은 아니게 되었다. 일반 전력회사와 가스 및 광물의 현물 및 선물거래를 담당하는 기업들도 BT 시장을 매우 매력적인 투자대상으로 보고 있다. Reliant Energy와 El Paso Energy 등이 그 대표적인 예이다. 이들은 다른 4개의 가스, 전기, 광물거래회사 등과 같이 최근에 국제적인 컨소시엄을 형성했다. 또한 BT 시장의 성장과 더불어 대역폭이라는 상품의 유동성이 강화되면 일반 투자회사들도 주요 BT 사업자가 될 수 있다.

상기한 사례와는 달리, 국내의 경우 초고속인터넷 및 이동통신망과 같은 인프라 구축에서는 글로벌 입지를 굳히고 있으나, 대역폭 자체를 사업자간 거래하는 경우는 거의 전무하다. 다만 일부 국제전화회선에 대해서 외국 사업자와 BT를 시행하고 있다. 거래방식도 전화나 팩스 등과 같은 오프라인 방식에만 의존하고 있는 등, 아직 국내 사업자들은 미국과 EU의 추세에 적절한 대응방안을 마련하고 있지 못하다. 이러한 사실로부터, 우리나라가 BcN 구축을 선도하는 것만으로는, 정보통신 최강국이 되기 위한 필요충분조건을 만족시킬 수는 없다는 교훈을 간과해서는 않된다.

향후 BT 시장의 활성화는 대역폭이라는 상품의 유동성(liquidity) 확보에 크게 의존한다. 유동성은 사실 모든 형태의 상품에 있어서 시장 활성화를 위한 기반이 되는 요소이다. 즉, BT 시장도 유동성을 확보하기에 충분한 구매자와 판매자 그리고 실제 거래 물량이 존재하여야만 그 활성화가 담보된다. 이는 다시 BT 시장이 사업자들의 참여를 이끌어낼 만한 충분한 유인과 동기를 제공할 수 있는 지를 의미한다.

먼저 공급 측면을 살펴보면, BT에 참여한 망서비스 공급자들은 망자원의 사용률을 증가시키고 망운용상의 위험을 최소화함으로써, 망사업자들이 구축한 새로운 인프라에 들인 투자비용에 대한 높은 수익을 기대할 수 있다. 일반적으

로 대형 통신사업자들의 네트워크 사용률은 30%-80%에 머물러 있으므로, BT를 위한 막대한 여유 용량을 이미 소유하고 있다는 것은 매우 긍정적인 환경을 제공한다. 이에 반하여 대역폭 구매자들은 그들에게 필요한 적절한 대역폭을 시장 메커니즘에 따라 가장 저렴한 가격에 신속하게 구매할 수 있다는 장점을 가진다.

BT 시장에 많은 (잠재적) 구매자와 판매자가 존재한다는 사실은, 이제 유동성 이슈가 시장의 잠재력을 현실화시킬 수 있는 최적의 거래시장(trading marketplace)을 구현하는 문제로 귀착됨을 의미한다. 즉, 거래의 효율성을 극대화하는 대역폭 거래시스템(BTS)라는 플랫폼 아키텍처를 개발하는 것이 당연한 과제로 부상하는 것이다.

### III. 대역폭 거래시스템 설계

#### 3.1. 효율적 거래를 위한 시스템 아키텍처

##### 3.1.1 BTS와 BT e-Marketplace 모형

[13]은 BT e-marketplace의 성공요인으로 가격(price), 구현(implement), 품질(QoS), 정산(settlement) 등에서 효율성을 거론하고 있다. 즉, BTS가 이들 관점에서 시장이 요구하는 내용들을 동시에 만족시킬 가능성이 높다고 주장한다. 이는 실제로 잠재적 고객이 BT에서 이러한 요소들의 안정감을 인지할 수 있도록 전체 프로세스가 단순화(lean)되어야 함을 의미하기도 한다. 특히, BTS는 쌍방계약의 근본적 전제인 장기적 관계를 요구하지 않기 때문에, 이러한 시스템으로부터 이해당사자들이 충분한 안정감과 신뢰성을 얻을 수 있어야 한다.

BT 시장에서는 또한 상품의 유동성이 가장 중요한 이슈가 되므로, 상호접속과 SLA 등과 같이 고객에게 대역폭의 가용성(availability)을 보장할 수 있는 제도적 장치가 필요하다. 특히 효율적 BT가 실현되기 위한 기술적, 제도적 장애의 상당 부분은 기존 상호접속체계의 구조적 특이성에 기인한다. 현행 상호접속모형은 거래의 신속성이나, 구매자에게는 보다 낮은 가격을 그리고 공급자에게는 보다 나은 자원 사용률을 보장하기에는 크게 부족하다. 지금의 상호접속체계에서 BT가 시행되더라도, 장기 리스나 IRU(Indefeasible Rights-to-Use, 계약기간상의 독점적 사용

권)와 같은 쌍방계약으로만 가능하기 때문이다. 쌍방계약은 거래 당사자들간의 관계를 정립하는 데에 많은 노력과 시간, 시행착오 등의 위험이 수반되기 때문에, 다자간 거래에 비해 총비용이 상승할 뿐만 아니라 운영 프로세스도 비효율적이다.

따라서 BT의 신뢰성을 높이고, 단대단 QoS에 기반한 고품질 인터넷 서비스를 실현시킬 수 있는 거의 유일한 상호접속방식은 IX와 같은 교환허브를 중심으로 하여 H&S(Hub-&-Spoke)형 다자간 거래 및 정산을 제공하는 것이다. 이상적으로는, BT 시장은 공신력과 신뢰성을 갖춘 제3자(third party)를 통해 익명성이 보장되는 상태에서 구매, (재)판매, 스왑(swap), 선물(futures), 옵션(options) 등의 다양한 형태의 거래가 모두 가능한 플랫폼 형태가 바람직할 것이다. 또한 규모성(scalability)있는 상호연동 기반의 구축과 운용 및 대단위 고객기반을 확보하는 것 등이 BTS의 성공에 필요한 주요 요소가 될 것이다. 가치중립적인 제3자가 교환허브를 공정하게 운영할 때, BT 시장은, 공급자의 관점에서 볼 때에는 쌍방계약에 의한 위험을 분산시키며, 수요자 입장에서는 서비스 제공의 효율성과 신뢰성을 제고하는 좋은 기회를 제공한다.

IX가 확대/개편된 교환허브라는 새로운 플랫폼은, 그 운영방식 및 지배구조(governance structure)와 상호접속방식 등에 있어서 기존의 IX와는 크게 다르기 때문에 본 논문에서는 특별히 NIBX(Neutral Internet Business

Exchange)라고 명명하기로 한다. NIBX와 같은 교환허브를 전제로 한 H&S 상호접속방식은 단대단 QoS를 제공하는 이상적인 상호접속모형이 된다. [19]에서 네트워크 경제적 모형을 이용한 시뮬레이션 결과는 NIBX H&S 상호접속방식이 단대단 QoS에 대해 의미하는 바가 매우 긍정적임을 밝히고 있다.

그림 1은 H&S 상호접속을 전제로 하여, 단대단 QoS의 효과적인 구현을 위한 BTS 아키텍처의 개요를 나타낸다. (가상의) BT 시장은 허브 역할을 하는 NIBX에서 구현된다고 가정할 것이기 때문에 NIBX 아키텍처와 구분 없이 부를 것이다. 즉, 이때의 NIBX는 공급자 및 수요자간 거래를 관리하는 센터이면서 중개소로서 e-marketplace에 해당된다. NIBX는 특정 수준의 단대단 QoS를 보장하는 경로프로파일(route profile)을 제공하며, ISP, CP(Content Provider), ASP(Application Service Provider) 등의 구매자는 NIBX를 통해서 자신이 원하는 특정 경로의 단대단 비트파이프를 임차하거나, 특정 ISP 혹은 ISP 그룹이 제공하는 서비스 패키지 전체를 계약할 수도 있다. 이러한 NIBX 기능을 더욱 확대시킨다면, NIBX의 서비스 카탈로그를 통해 특정 경로의 비트파이프를 사전구매(pre-purchasing)하거나 선물(futures), 옵션(options)과 같은 재무적 위험관리(risk management) 수단을 도입할 수도 있다. 이러한 기능을 통해 ISP와 같은 구매자는 네트워크 투자와 운영 등을 보다 효율적으로 기획할 수 있다.

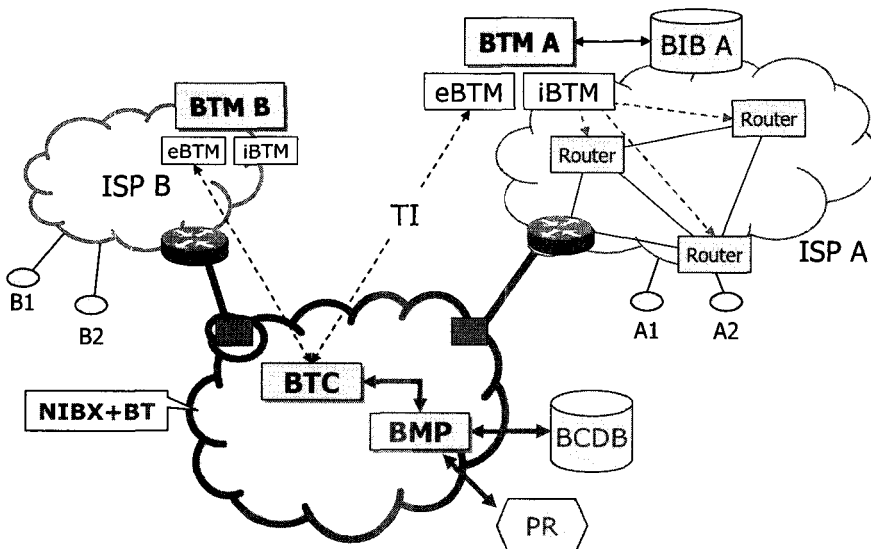


그림 1. NIBX를 이용한 BT 아키텍처  
Fig. 1 BT Framework through NIBX Architecture

NIBX를 통한 BT는 (주로 대형) ISP들이 자신의 여유 용량을 NIBX에 교환 상품으로 등록함으로써 시작된다. NIBX는 등록된 대역폭을 공시하고 이의 거래를 감시, 통제, 관리한다. 예를 들어, 등록된 대역폭이 약속된 SLA를 준수하고 있는지 등을 평가하고, 주어진 기준을 위반하는 경우 적절한 벌칙(penalty)을 시행한다. NIBX에 등록된 대역폭을 이용하는 타ISP나 CP, ASP 등의 사업자의 입장에서 볼 때, 이러한 거래는 통상적인 상호접속을 논리적으로 우회(bypass)하여 직접 자신의 목적지와 연결되는 것이므로, 보다 효율적이라는 장점을 가진다.

NIBX 자체가 상품화된 대역폭을 거래하는 시장과 같은 역할을 하기 때문에, 시장지향적인 자원거래 메커니즘이 BT를 운영하는 가장 효율적인 대안이 될 것이다. 시장지향적 메커니즘에서는, 특정 구간의 대역폭 상품의 가격이 수요와 공급의 원리에 따라 평가되고 거래된다. 물론 일반 시장에서와 마찬가지로, 가격만이 유일한 척도는 아니며, 구매자는 품질수준을 포함한 여러 기준에서 해당 대역폭 상품의 가치를 초과할 경우에만 거래를 시도한다. 또한 이러한 과정은 Common Open Policy Service(COPS, [20])와 같은 동적 정책(dynamic policy control) 프로토콜과 에이전트 기술을 사용하여 자동화될 수 있다.

대역폭 거래는 실시간이나 빠른 거래절차를 요한다는 점에서, 이와 비슷하게 거래소를 통한 석유, 가스, 광물, 전력 등과 같은 상품 거래와 다르다. 이러한 점에서, NGN/BcN 환경에서의 BT 프로세스는 대역폭 가격의 변동성을 헤지(hedge)하거나 다양한 SLA를 준수하기 위해 유연한 구조를 필요로 한다. BT 프로세스의 신속성과 유연함은, 일반적으로 수주에서 수개월이 소요되는 쌍방계약에 의한 대역폭 교환에 비해 큰 이점이 된다. 또한 거래 과정 및 종료 시의 위험도 상품화에 따른 표준화와 NIBX의 독립적 중개인으로서의 역할로 인해 크게 완화된다.

### 3.1.2 NIBX 아키텍처의 기능요소(Functional Elements)

제안된 NIBX 아키텍처의 주요 기능요소를 설명하면 아래와 같다. 이러한 기능들은 복수 ISP간 BT에 있어서, 그동안 수동적으로 수행되어 왔던 과정들을 단순화시키고 자동화시켜서 속도를 높인다.

- **BTC(BT Coordinator)**: 이 기능요소는 최신의 시장 정보를 획득하고 이를 가공하여 구매자 및 공급자가 거래시 활용할 수 있도록 하는 정보관리(information management) 모듈이다. BTC는 또한 NIBX에 참여하는 각 ISP의 대역폭 관리 기능요소(아래의 BTM 참

조)와 연결되어 필요한 정보를 제공하거나 부가서비스(value-added services)를 제공한다(이들간의 연결은 상호연동을 위한 시그널링 프로토콜(아래의 TI 참조)을 사용한다. BTC는 통상적인 서비스 주기 내에서 발생하는 주문과 공급을 서로 연결시키기 위해 조정하는 역할을 한다. 이를 통해 잠재적 구매자(ISP)는 필요한 단대단 QoS 연결을 위해 적절한 상품을 발견할 수 있다.

- **BMP(Bandwidth Marketplace)**: e-marketplace에서는 대역폭 상품에 관한 시장가치와 수요량 등의 정보를 기록하고 유지/관리하여 (가상의) 시장을 유지하고 활성화시키는 역할을 담당하는 모듈이 필요하다. BMP는 이러한 역할을 하는 기능요소로, BCDB(Bandwidth Commodity DataBase) 및 PR(Policy Registry)과 같은 다양한 데이터베이스를 포함한다. BCDB는 여러 공급자로부터 가격, 지속기간(duration), 접속 위치, SLA 프로파일과 같은 다양한 상품속성들을 전해 받고 이를 정리하여 제공하는 상품 카탈로그와 같다. BTC와 BTM은, BMP가 제공하는 정보를 바탕으로 서로 협상하고(negotiate), 계약을 맺고(contract), and 회선 연결을 구성한다(configure). 전력 상품의 거래소와 비슷하게, NIBX는 사업자간 상호접속과 BT를 위한 공공 시장(public marketplace)으로 기능하며, 구매자 및 공급자로서의 ISP들은 이를 활용하여 자신의 망관리 및 운영의 효율성을 극대화할 수 있다(그림 3의 의사결정모형을 참조).
- **BTM(BT Manager)**: 거래시장에 참여하는 각 ISP의 호스트 혹은 게이트웨이 등에 탑재되는 이 모듈은, BIB(밑에서 소개됨)과 같은 기능요소가 제공하는 서비스를 바탕으로 사업자의 BT를 실제로 수행하는 역할을 한다. 예를 들어, BTM은 접속통제(admission control), 망자원 준비(network resource provisioning), 내부 SLS 구성(internal Service Level Specification configurations), 대역폭 관리 및 등록(administration & publishing) 등에 관계된 의사결정과 정책수립 및 집행을 담당한다. BTM은 BTC로부터 대역폭 상품에 관련된 가격 등의 정보를 받는데, 이는 (edge pricing을 가정할 때) DiffServ([21])에서와 같이 차별화된 서비스를 위한 기회비용(opportunity cost)을 산출하는데 활용될 수 있다[22]. 또한 BTM은 내/외적 경로설정 프로토콜(interior and exterior routing protocols)과 상호작용하면서, 망 내부 및 외부의 경로설정과 동적 자

원관리를 책임진다. 이러한 기능을 수행하기 위하여 BTM은 바로 다음에 설명할 iBTM과 eBTM 두 개의 독립적 모듈로 구성된다.

- iBTM(interior BTM) 및 eBTM(exterior BTM): ISP는 자체 망 내부의 자원을 관리할 프로세스뿐만 아니라, NIBX를 통한 상호연동을 수행할 프로세스도 필요하다. 예를 들어, iBTM은 시장정보를 활용하여 서로 차별화된 서비스에 대한 자원관리와 배치 등을 담당한다. iBTM의 또 다른 중요한 역할은 지역 가입자의 단대단 QoS 연결 요청을 처리하고, 이에 소요되는 자원의 양을 추정하며, 결과적으로 가장 낮은 비용으로 서비스를 처리하는 방안을 제공하는 것이다. 반면에 eBTM은 자체 망의 경계에서 망자원을 운영하고 기획하는 역할을 담당한다. 즉, 이 프로세스는 NIBX라는 교환 허브를 통하여 해당 ISP의 용량계획(capacity planning) 문제를 푼다(그림 3의 의사결정모형을 참조). 또한 이와는 반대로 요구되는 대역폭 규모를 거래하고, NIBX와의 연동점(BTC)을 통하여 관련된 정보를 수집, 갱신, 배포하는 기능도 제공한다.
- BIB(Bandwidth Information Base): 이 기능요소는 IETF(Internet Engineering Task Force)가 규정한 내/외적 프로토콜의 MIB(Management Information Base)와 유사하다. 즉, 해당 ISP의 BIB는 자체 망 내부 및 주변의 트래픽 규모와 자신이 제공하는 상품에 대한 수요 프로파일 및 관련 통계 등을 측정하고 수집하는 역할을 한다.

- TI(Trading Interface): TI는 NIBX의 BTC와 ISP들의 eBTM들간의 연결과 상호작용을 위한 인터페이스 및 시그널링을 의미한다. 이러한 인터페이스는, 시장의 상태(가용한 대역폭 상품, 가격지표(price index) 등) 및 제반 통계정보(시장 추세와 벤치마크 데이터 등)를 BTC가 다른 참여자에게 시그널링할 수 있는 프로토콜이다. TI는 또한 eBTM들을 직접적으로, 그리고 iBTM들을 간접적으로 서로 연결시켜 해당 상품에 대한 SLA 등에 대해 서로 합의의 볼 수 있도록 인도하는 역할도 할 수 있다.

NIBX는 웹호스팅, ASP, CP, CDN(Content Delivery Network) 심지어 SOHO까지도 다수의 ISP와 연결될 수 있는 기회의 장을 마련하여, 보다 다양한 부가서비스를 창출할 수 있다. 예를 들어, DNS(Domain Name Server)나 NTPS(Network Time Protocol Server) 등을 설치하여 ISP간 상호접속이 원활히 수행되도록 보조하거나 감시하는 서비스를 제공할 수 있다. 또한 제3자의 역할에 맞도록, 인증 및 보안과 같은 서비스 플랫폼도 제공할 수 있다. 이러한 서비스를 위하여 NIBX는 ISP를 비롯한 다양한 이해당사자들을 포용하고 관리할 수 있는 규모성과 신뢰성(trust and reliability)을 증명해야 한다. 또한 네트워크 외부성을 극대화함으로써 BT의 e-marketplace로서 확고한 입지를 구축할 수 있어야 한다.

⑥ e2e QoS connection

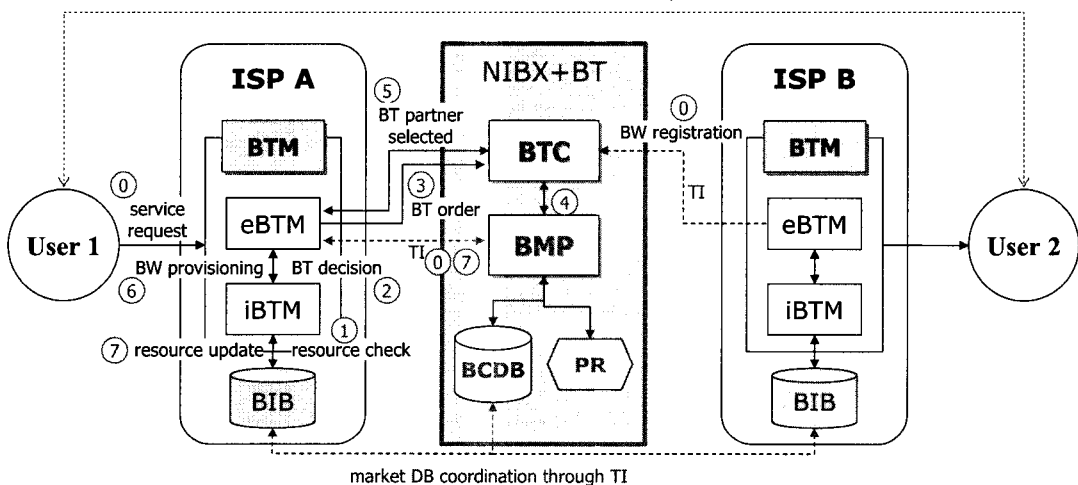


그림 2. NIBX BT 운영 시나리오  
Fig. 2 NIBX BT Operations Scenario

## 2. 거래시스템 운영 시나리오

NIBX를 통한 BT의 운용은 여러 프로세스와 규칙들의 집합으로 볼 수 있다. 이 절에서는 가입자로부터 새로운 BT에 대한 요구가 발생된 상태부터 시작하여 NIBX 프레임워크가 작동하는 시나리오를 살펴 본다. 이 시나리오는 두 개의 ISP와 NIBX 교환 허브를 대상으로 전개된다. 아래 그림에서 [-] 안의 숫자 및 기호는 해당되는 상호작용이나 기능요소를 가리킨다(그림 2는 그림 1로부터 기능요소와 관련된 부분만을 추상하여 재구성한 것이다). 그림에서의 화살표는 정보의 주요 흐름에 대한 방향성을 나타내는데, 일반적으로 화살표의 방향으로 상호작용(자원 재구성 및 기능 호출 등)이 수행됨을 나타낸다.

먼저, 사전 단계(①)에서는 다양한 공급자들이 자신의 여유용량을 NIBX의 BMP에 등록(posting)하고 있음을 가정한다. 이러한 등록은 NIBX에 의한 일종의 증명서(form of credentials)와 같은 역할을 하며, 그 내용은 해당 ISP에 대한 기본 정보와 상품 프로파일에 명시된 QoS 수준 및 SLA 등을 준수하겠다는 약속을 포함한다. BMP는 또한 관리 및 기술적 차원에서의 파라미터들(예를 들어, 대역폭의 크기, 커버리지, 평균 지연, 물리적 매체의 유형 등)을 기술한다. 각 상품의 가격은 (경매와 같은) 시장 메커니즘에 의해 결정되며, BMP는 이를 공표할 뿐이다.

본격적인 시나리오를 기술하기 위하여, 이제 사용자 1이 ISP B에 가입된 사용자를 대상으로 하여 사전에 정의된 SLA 수준에서 대단단 QoS 연결을 요청했다고 하자(②). 이러한 요청을 처리하기 위한 절차는 다음의 3 단계로 구성된다:

- 부하 측정(load measurement) 및 수요 평가(demand assessment)
- 주문 요청(order placement), 관련 후보군 검색, 시장 인터페이스를 통한 중재(mediation) 등
- 연결 설정(connection establishment) 및 파라미터 갱신 등.

접수된 요청은 먼저 해당 ISP의 iBTM 및 BIB를 거쳐서 주어진 서비스 기간 동안에 망운용 차원에서 (다른 예상 트래픽을 처리하는데 있어서) 충분한 대역폭 용량을 확보할 수 있는지를 점검받는다(③). 즉, 요청된 트래픽을 서비스하는 기간 동안 예상 수요량(anticipated demand)을 처리함에 있어서 충분한 내부 망자원이 존재하여야 한다. iBTM

이 요청된 트래픽을 받아들이기에는 충분하다고 판단되면, 해당 접속 요청은 수락된다. 그렇지 않다면, iBTM은 eBTM과 협력하여 BT 프로세스에 들어간다. eBTM은 현재의 시장가격하에서 NIBX의 BTC에게 신규 BT에 대한 주문을 요청한다(④). 이러한 절차와 동시에 (혹은 이미 그 이전에) 관련되는 파라미터들은 TI를 사용하여 BTC에 전달되었다고 가정한다(⑤).

BTC는 주문을 접수하고(⑥) 이에 가장 적합한 상품들을 검색하여 (이 시나리오에서는 ISP B를 포함한 후보군) 다시 ISP A에게 이를 통보한다(④ 및 ⑤). ISP A가 이 중에서 ISP B가 제공하는 대역폭 상품을 선택했다고 하면, ISP A는 ISP B와 협상 단계에 들어가는데, 이 과정은 NIBX의 BTC에 의해 중재(mediation)된다(그림 2에서는 생략됨). 협상 프로세스에 소요되는 시간과 정보교환의 정도 등은 시장 메커니즘의 영향력의 정도와 TI 프로토콜의 엄격성(rigidity) 등에 의존한다. 그러나 일반적으로 BMP가 정상적으로 작동하고, BT 시장이 어느 정도 성숙되어 있어서 상품 카탈로그 자체가 많이 표준화되어 있다면 이 과정은 길지 않을 것이다. 즉, 모든 참여자가 BMP의 의사결정을 존중하고, BMP에서 실행되는 (가상의) 시장 메커니즘에 따른 결과를 받아들인다면, 대부분의 경우에 별도의 조치가 필요한 특이한 상황은 발생하지 않을 것이다(이는 가스나 전력 등의 거래시장의 안정성을 통해 경험적으로 증명된 바 있다).

거래 당사자 사이에서 BT에 대한 합의가 이루어지면, ISP B의 유입 라우터(ingress router)에 탑재된 트래픽 조정자(traffic conditioner, 그림 2에서는 생략됨)가 해당 요청을 수용한다. iBTM은 망자원을 적절히 준비시키고(provision) 경로설정계획에 따른 적절한 파라미터 조정도 시행된다. 예를 들어, q-BGP나 OSPF와 같은 QoS 관리 기능을 가진 내적 경로설정 프로토콜과 협력하여 PHB(Per Hop Behavior) 기능을 조정한다(⑦). iBTM의 업무 부하를 줄이기 위해서는, eBTM이 서비스 속성에 따라 서비스를 몇 가지 클래스로 적절히 분류하고, 서비스 클래스별로 독립적인 용량계획을 수립하여 운영하는 것이 바람직할 수도 있다. BIB의 트래픽 예측 모듈은 예상 수요(anticipated demand) 정보를 받아 해당 클래스에 대한 운용트래픽 프로파일을 생성한다(⑧). e/iBTM 모듈들은 BIB에서 갱신한 클래스별 수요 프로파일을 바탕으로 필요한 대역폭 준비 및 기획에 대한 의사결정을 내린다. 이상의 절차에서 요구되는 의사결정을 효율적이고 효과적으로 수행하기 위해서는 체계적인 의사결정모형과 용량계획 및 운용



을 위해 실시간으로 수행되는 알고리즘(on-the-fly algorithm)이 필요할 것이다. 예를 들어, 아래 그림은 BMP와 BTM간의 상호작용의 효율성을 제고하기 위한 의사결정모형의 바탕 환경을 도시한 것이다(이에 대해서는 아래에서 좀 더 자세히 논의한다).

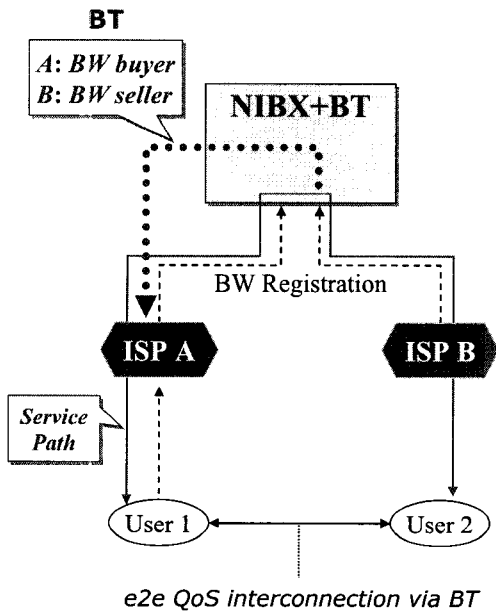


그림 3. BMP 및 BTM에서의 BT 의사결정모형  
Fig. 3 BT Decision Model in BMP & BTM

H&S 상호접속 허브인 NIBX를 통한 BT 아키텍처와 시나리오는, 단대단 QoS 구현에 필요한 핵심 기능요소들과 이들 사이의 상호작용에 대한 기본 개념(generic concepts)을 정리한 것이다. 제안된 프레임워크를 실제로 구현한다는 관점에서 볼 때, (비록 실제 전력 거래시장 등에서의 거래시스템을 벤치마크하였으나) 상당 부분 추상화되었고 지나치게 간략화된 측면이 있다. 이는 이 프레임워크가 통신대역폭에 관한 최초의 시도이기 때문에, 그 개요와 핵심적 구조에만 집중하는 것이 오히려 향후 시스템 구축에 더 큰 도움을 주기 때문이다. 특히, 본 연구결과에서 제시된 아키텍처와 프로세스의 단순성은 기존 문헌에서 흔히 발견되는 중첩된 단대단 QoS 모형(cascaded e2e QoS provision model; [23,24] 등)과 비교할 때 잘 드러난다. 이들 모형이 실제로 구현되기 어려운 가장 큰 원인은 참여자간 이해관계를 조정함에 있어서 그 복잡성이 가중되기 때문에 이에 대응하기

위한 프로세스 등도 복잡해질 수밖에 없다는 점이다. 따라서 제안된 모형의 단순성은 오히려 이러한 접근법의 성공가능성을 한층 높이는 요소이다.

NIBX 프레임워크를 통한 상호접속과 BT는 상이한 ISP 도메인간 자원 활용(interdomain resources)을 최적화하기 위하여 기능요소의 역할을 보다 정교하게 설계할 필요가 있을 것이다. 예를 들어, BTM의 경우 최적의 용량 예비안(optimal capacity provision)을 제공할 수 있어야 한다. 특히, ISP 내부 및 ISP간 상호연동되는 알고리즘을 개발하여, iBTM이 BIB가 관리하는 수요 프로파일에 따라 개별 서비스 클래스에서의 연결 요청을 받아들이거나 거부하는 과정을 최적화한다. 그리고 이러한 의사결정을 받아들여, eBTM은 NIBX의 BTC와 더불어 협상의 대상이 되는 대역폭 상품을 선정하거나, (iBTM이 여유용량을 제공할 경우) 특정 구간의 대역폭을 임차될 수 있는 상품으로 NIBX의 관리하에 등록할 수 있다.

BMP와 BTM 사이의 이러한 상호작용에서 개입되어야 하는 의사결정문제는, BT를 이용한 동적 용량계획(dynamic capacity planning) 이슈로 볼 수 있다. 즉, BT라는 옵션을 활용하여 ISP는 자신의 망 용량을 일시적으로 확장하여(일종의 하청(subcontract)이나 외주(outsourcing)로도 비유될 수 있는 대역폭 임차를 통하여), 사용자의 요청을 받아들이지 못함으로써 발생하는 수입손실(sales loss)을 회피할 수 있다. 반면에, 수요 프로파일에 비추어 볼 때에도 여유용량이 발생한다면, 이를 NIBX를 통해 임대함으로써 망자원의 가동률(utilization rate)을 높이고 수입확대를 도모할 수 있다. 그림 3은 NIBX 프레임워크 하에서 ISP가 자신의 대역폭 관리를 최적화하기 위한 의사결정모형의 개요와 바탕 환경을 도시한 것이다.

#### IV. 결론

본 연구에서는 차세대 인터넷 컨버전스 환경에서 등장하는 단대단 QoS 이슈를 해결하기 위한 인터넷 상호접속과 BT 이슈를 개관하였다. 또한 컨버전스 인프라로서의 인터넷망에서의 상호접속 요구사항과 이의 해결책으로 NIBX H&S 상호접속 개념을 제시하고, 이를 구현하기 위한 제도적, 기술적 전제조건을 고찰하였다. 특히 BT를 위한 e-marketplace로서의 NIBX의 역할과 시스템 아키텍처를 제시하였으며, 운영 시나리오를 통하여 그 동작원리를 소개하였다.

미국과 영국 등 정보통신 경쟁국가는 BT를 포함하여 차

세대 상호접속과 관련된 연구를 활발히 추진하고 있으며, 이미 상업화에 필요한 제반 기술적, 제도적 조건들에 대한 시험을 마친 상태이다. 그러나 우리나라의 초고속 인터넷 인프라는 세계 최고임에도 불구하고, 이를 활용하는 정책 및 제도적 환경에는 특별한 관심이 없는 것으로 보인다. 본 연구를 통하여 차세대 인터넷 상호접속과 BT에 대한 본격적인 논의가 활성화되기를 기대한다. 실제로 통신서비스시장에 대한 글로벌화는 상당 부분 진척된 상태이며, BT는 AT&T, BT(British Telecom)와 같은 거대 글로벌 사업자의 해외 진출의 주요 도구로 등장하고 있다. 따라서 차세대 BT 플랫폼에 대해 보다 적극적으로 대응함으로써, 우리나라 통신사업자도 글로벌 사업자로 성장하는 발판을 개척할 수 있을 것으로 기대한다.

### 참고문헌

- [1] 김희수, "인터넷 상호접속 공정경쟁 이슈와 정책대안", KISDI 이슈리포트 03-10, 정보통신정책연구원, 2003.
- [2] 이종화, "인터넷 상호접속에 관한 연구", 정보사회연구, 제13권 제1호, 정보통신정책연구원, 2001.
- [3] R. Dewan, M. Friemer and P. Gundepudi, "Evolution of Internet Infrastructure in the 21st Century: the Role of Private Interconnection Agreements," Proceedings of ICIS, pp.144-154, 1999.
- [4] T. Gros, "The Development of a Global Bandwidth Commodity Market," in The Telecoms Trading Revolution, pp.1-10, Risk Books, 2002.
- [5] P. Fuzesi, et al., "Provisioning of QoS Enabled Interdomain Services," Computer Communication, Vol. 26, pp.1070-1082, 2003.
- [6] G. Anandalingam and N.J. Keon, "Auctioning Telecommunications Bandwidth with Guaranteed Quality of Service," Lecture Notes in Computer Science, pp.117-133, 2002.
- [7] Y. d'Halluin, P.A. Forsyth and K.R. Vetzal, "Managing Capacity for Telecommunications Networks under Uncertainty," IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 10, No. 4, pp.579-588, 2002.
- [8] N. Ogino, "Performance Analysis of Bidding Policy for Competitive Network Providers," Telecommunication Systems, Vol. 21, No. 1, pp.65-86, 2002.
- [9] P. Pongpaibool and H.S. Kim, "Providing End-to-end Service Level Agreements across Multiple ISP Networks," Computer Networks, Vol. 46, pp.3-18, 2004.
- [10] M.B. Weiss and S.J. Shin, "Internet Interconnection Economic Model and Its Analysis: Peering and Settlement," Netnomics, Vol. 6, pp.43-57, 2004.
- [11] P. Bhoj, S. Singhal and S. Chutani, "SLA Management in Federated Environments," Computer Networks, Vol. 35, pp.5-24, 2002.
- [12] E. Bouillet, D. Mitra and K.G. Ramakrishnan, "The Structure and Management of Service Level Agreements in Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Comm., Vol. 20, No.4, pp.691-699, 2002.
- [13] J. Lee and R. Ben-Natan, Integrating Service Level Agreements: Optimizing Your OSS for SLA Delivery, Wiley, 2002.
- [14] 하원규, 박권철, 최준규, "BcN 분석과 과제," Telecommunications Review 특집부록, 2004.
- [15] 한국통신학회, 광대역통합망(BcN) 특집호, 한국통신학회지, 제21권, 제8호, 2005.
- [16] ITU-T Rec. M.3060, "Principles for the Management of the Next Generation Networks," ITU-T, March 2006.
- [17] C. Metz, "Interconnecting ISP Networks," IEEE Internet Computing, March/April Issue, pp.74-80, 2001.
- [18] 김도훈, "SLA 계약하에서 ISP간 상호접속모형에 대한 개관 및 기술/정책적 문제에 대한 고찰", 정보통신정책학회 2004년 정기학술대회 발표논문집, pp.37-58, 2004.
- [19] D. Kim, "A New Architecture of Internet Interconnection with Bandwidth Trading under the NGN Paradigm", Proc. INFORMS Telecom. Conference, Dallas, TX, 2006.
- [20] J. Boyle, R. Cohen, D. Durham, S. Herzog, R. Rajan and A. Sastry, "The COPS(Common

- Open Policy Service) Protocol,” Request for Comments No. 2748, Internet Engineering Task Force, January 2000.
- [21] L. Burgstahler et al., “Beyond Technology: the Missing Pieces for QoS Success”, Proc. ACM SIGCOMM Workshop on Revisiting IP QoS, August 2003.
- [22] F. Kelly, A. Maulloo and D. Tan, “Rate Control in Communication Networks: Shadow Prices, Proportional Fairness and Stability”, Journal of Operation Research Society, Vol. 49, 1998.
- [23] P. Georgatsos et al., “Provider-level Service Agreements for Interdomain QoS Delivery,” Proc. 4th International Workshop on Advanced Internet Charging and QoS Technology, Sept. 2004.
- [24] M.P. Howarth et al, “Provisioning for Interconnection Quality of Service: the MESCAL Approach”, IEEE Communications Magazine, Vol. 43, No.6, pp.129-137, 2005.

## 저 자 소개



김도훈

2001년 2월 : 한국과학기술원  
(KAIST) 경영공학 박사

2001년 9월 ~ 현재 : 경희대학교  
경영대학 조교수

관심분야: 인터넷 상호연동 및  
SLA, 네트워크 서비스 및  
투자 분석