

## 연구개발망의 동향 분석과 BcN 연구시험망의 구축 및 시험

이재기, 이재정, 민석훈, 유한영, 김재현, 남상배 한국전자통신연구원 광대역통합망연구단 BcN시험기술팀)

### I 서론

선도시험망(Advanced Network) 또는 연구개발망(R&D Network : Research and Development Network)이라고 불리는 연구망은 상용망에 적용하기 이전의 장비 및 서비스에 대한 시험, 검증을 하기 위한 파일럿(pilot) 망으로서 일반 상용망에 비해 높은 대역폭이 제공되고 한정된 사용자에게 특수 목적을 위해 제공되는 첨단망을 의미한다. 특히 상용망에서 안정적으로 장기간 수행하기 힘든 대규모의 정보교류나 실시간 공동참여를 가능하게 하는 연구전용 인프라(R&D infra)라고 할 수 있다[3].

선도시험망은 크게 국내망과 국제망으로 구분할 수 있는데 국내망으로는 KOREN(KOrea advanced REsearch Network), KOREONET(Korea Research Environment Open Network)과 국제망인 APII(Asia-Pacific Information Infrastructure), TEIN(Trans-Eurasia Information Network), 유럽의 지역을 하나의 연구망으로 통합한 GEANT(Multi-Gigabit pan-European Research Network or Network for southeast Europe)등 전세계에 걸쳐 다양하게 첨단 미래선도기술을 연구할 목적

으로 구성된 망이 존재하고 있다[12].

이러한 첨단 인프라를 활용하여 국가 과학기술 및 연구개발을 활성화시켜 국제 경쟁력을 향상시키고 미래의 기술을 선도할 수 있는 도구로 활용될 수 있는 연구망의 구축과 이를 이용한 연구개발이 활발히 진행되고 있는 추세이며, 이러한 추세에 맞추어 세계 각국은 국가별 또는 대륙별, 지역별로 특화된 첨단 연구개발망을 구축하여 기술개발을 경쟁적으로 추진하고 있다. 이와 같은 추세에 따라 국내에서도 각 분야별로 시험망을 구축하여 IPv6, QoS, Security, Multicasting, 원격 교육 및 진료, 온라인 게임 등 네트워크기술 및 교육, 기상 및 환경, 농업 분야등에 다양하게 적용하고 기술개발 및 시험, 검증하고 있다.

본 논문의 구성은 II장에서 첨단 연구개발망의 역할 및 국내외 동향에 대해 살펴보고 III장에서 BcN(Broadband convergence Network)을 기반으로 하는 연구시험망(testbed)의 구축방안을 제시하고 필요성, 활용방안 및 시험결과, 기대효과 등을 언급한다. 그리고 마지막에 향후 연구방향을 제시하고 맺는다.

## II. 첨단 연구개발망의 역할 및 동향

연구개발망의 역할은 네트워크 기술 및 각종 서비스를 개발하고 검증할 뿐만 아니라 법, 제도를 정비/검증하는 네트워크로서 아래와 같은 역할을 한다.

- 상용망에서 시험하기 어려운 장비나 기술, 서비스 및 관련 제도 도입의 기술적 타당성 등을 시험, 검증할 수 있는 기반
- 핵심 기술개발과 상용화를 지원하기 위해 추진하는 연구개발 프로젝트의 기반 제공
- 국내외 연구기관 및 국제 공동 프로젝트 수행을 위한 기반

등으로 미래 선도기술개발의 주도 및 글로벌 시대의 세계 IT 시장을 선점하기 위해 매우 필요한 기반(infrastructure) 시설이다. 이와 같은 IT 분야의 주도권을 잡기 위한 국내외 첨단 연구개발망의 동향을 살펴보면 다음과 같다.

### 1. 국외 연구개발망 동향 분석

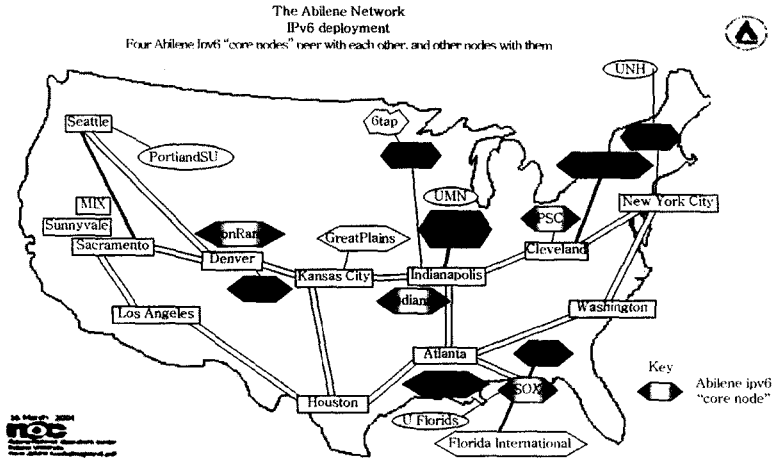
국제 연구개발망은 대륙별, 지역별, 국가별로 다양한 형태로 여러 분야에 응용되고 있으며, 우선 대륙별로 살펴보면 아시아-태평양연안 지역을 중심으로 한국이 주도하고 있는 APII와 아시아와 유럽을 잇는 트랜스-유라시아 네트워크인 TEIN, IPv6 도입을 위해 유럽 지역망을 통합한 GEANT, 미국내 대학으로 구성된 컨소시엄 UCAID(University Corporation for Advanced Internet Development)가 차세대 인터넷 기술과 응용을 개발하기 위해 구축한 Abilene Network(Internet2), 캐나다의 CA\*Net(3/4),

ALICE(América Latina Interconectada Con Europa) 프로젝트에 의한 라틴아메리카 여러 나라의 국가교육연구망(National Research and Education Networks: NRENs)과 유럽의 GEANT를 연동하여 활발히 기술개발 및 서비스 검증에 이용하고 있다. 각 나라에서 추진하고 있는 연구망을 살펴보면 아래와 같다[1].

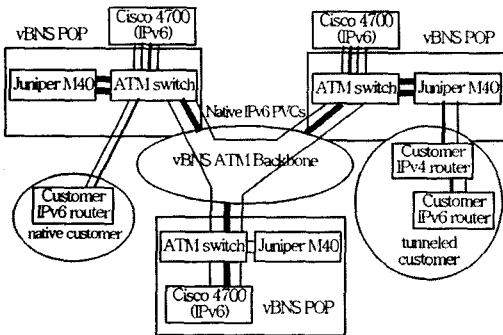
#### 가. 미국

미국은 차세대 인터넷 네트워크 구축과 관련하여 미국과학 재단에 의해 vBNS(very high performance Backbone Network Service)를 구축하였고 대학으로 구성된 컨소시엄인 UCAID가 차세대 인터넷 기술과 응용을 개발하기 위하여 구축된 백본 네트워크인 Abilene이 존재한다(그림 1) 참조).

vBNS는 IPv6 라우팅을 위한 전용 하드웨어를 사용하고 IPv6 라우터들 사이에 full mesh PVC를 구성하고 있다. vBNS는 2000년 4월 1일부터 상용 네트워크로 이행되면서 명칭이 vBNS+로 변경되었고, 기존의 백본인 OC-12 ATM과 새로운 OC-12 POS(Packet Over Sonet)의 듀얼 백본을 갖는 네트워크로 확장되었다. vBNS는 ARIN(American Registry for Internet Numbers)으로부터 IPv6 주소 공간(sub-TLA) 생성을 위임 받아서 사용하고 있다. 내부 라우팅 프로토콜 IGP는 RIPng을 사용하고 있으며, 향후 OSPFv3 적용을 계획하고 있다. 6Bone 사이트와 접속시 BGP4+를 사용하며, vBNS 가입기관과의 연결은 static 라우팅이나 BGP4+를 사용한다. 현재 대부분의 연결은 native(over ATM) IPv6이며, IPv6 over IPv4 터널도 사용한다. 또한 AAAA 및 PTR 레코드와 AAA를 지원하는 DNS를 제공하며, IPv6를 지원하는 웹 서버를 제공하고 있다(그림 2) 참조)



〈그림 1〉UCAID의 Abilene 네트워크 구성도



〈그림 2〉vBNS에서의 IPv6네트워크 구성도

Abilene는 UCAID 관련 대학들이 GigaPoP를 통해 IPv6, 멀티캐스트, QoS 등의 차세대인터넷 기술을 지원하기 위한 분리된 네트워크를 제공하는 것이 목표이다. 현재는 Internet2 IPv6 기반 구조 구현을 위한 관련 연구를 시행하고 있으며, 캠퍼스 네트워크 엔지니어에게 IPv6 관련 교육을 실시하고 있다.

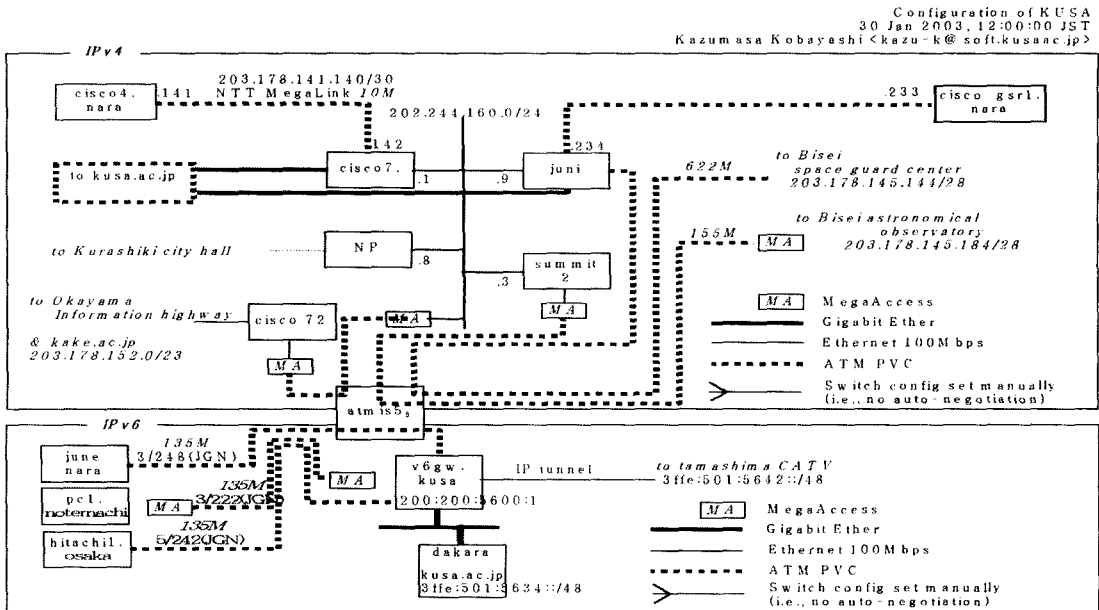
vBNS와 Abilene 둘 다 IPv6 지원하고 있으며 Abilene IPv6은 4개의 백본 노드인 Atlanta, Pittsburgh, Denver, 그리고 Indianapolis에 Cisco

7200이 존재하고 있으며, Abilene NOC에 의해 관리되어 진다.

2002년 8월부터 백본 네트워크상에서 IPv6 native 서비스를 제공하고 있으며 Cisco 12000 라우터에 IPv6를 탑재하여 200 여 개의 Internet2 회원기관과 그 밖의 교육연구(R&E : Research and Education) 기관에서 서비스를 제공하고 있다.

#### 나. 일본

일본의 차세대인터넷프로토콜(IPv6)에 대한 관심은 1992년 고베에서 개최된 국제회의 INET92에서 시작되었다. 그리고 WIDE(Widely Integrated Distributed Environments) 프로젝트에서 1995년 중요한 연구테마로서 v6 워크그룹을 설치하면서 본격적인 연구가 시작되었다. WIDE 프로젝트는 1988년부터 시작된 인터넷 연구 컨소시엄으로서 39개 대학과 66개 회사가 참여하고 있으며, 대학 및 산업체, 정부로 구성된 개발자, 운용자, 연구자 그룹으로서 비영리·비법률적 독립 법인이다[18].



〈그림 3〉 WIDE 네트워크 구축 현황(일본, NOC)

현재 자동차, 멀티캐스트, 교육 등의 15개 워크그룹이 운영 중으로 오퍼레이터시스템, 통신, 응용 각각의 면에서 추구되는 컴퓨터 과학·공학에 관한 연구테마를 기반으로 하여 이것들을 개인, 사회, 국제적 시점에서 자리매김할 분야의 연구테마를 아울러 추구해가며 실험환경을 구축하고, 실증적으로 연구개발을 행하고 있다.

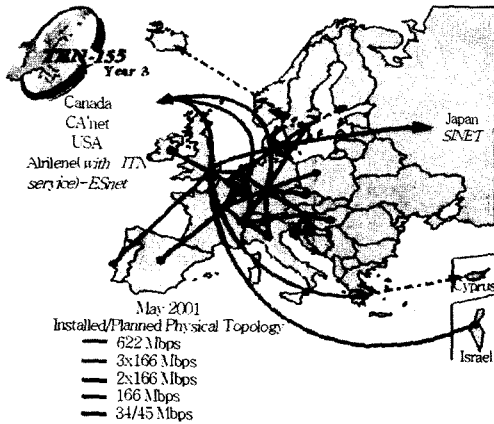
(그림 3)은 WIDE 프로젝트에서 수행하고 있는 시험환경(network)으로 IPv4 및 IPv6를 시험하기 위해 구축된 NOC(Network Operation Center)의 한 예이다.

KAME(KarigoME) 프로젝트는[19] v6 워크그룹 내의 IPv6에 관한 중복 프로젝트 진행을 배제하고 IPv6 기본 소프트웨어 체계 연구개발을 목적으로 2년 프로젝트로 시작되었으며, Fusitsu, Hitachi, IJ, NEC, Toshiba, YDC, 요코가와 등 7개 회사에서 8명의 주요 연구원들로 구성된 조

직으로 IPv6, IPsec(IPv4와 IPv6를 위해), 진보된 패킷 큐잉, ATM, 이동성과 BSD 다양성에 적응하는 차세대 인터넷워킹 등을 연구하였다. 프로젝트는 성공적이었으나 2002년 3월까지 2년 더 연장되어 지속적인 개발을 도모하며 특히, IPv6 보급에 주력하고 있다.

1998년 10월부터 2000년 3월까지의 TAHI 프로젝트라는 도쿄대학의 정보기반센터 주도로 차세대인터넷프로토콜 IPv6 검증 평가시스템을 개발하는 산학공동프로젝트가 진행되기도 했다[20].

2000년 12월 18일에 발족한 LINUX의 IPv6화에 관한 산학 공동프로젝트인 USAGI 프로젝트(UniverSAl playGround for IPv6 Project: LINUX, IPv6 기본 소프트웨어 체계의 연구개발 프로젝트)가 시작되었다[21]. IPv6의 본격적인 보급 및 국제적인 표준화를 위해서 11개 조직(WIDE 프로젝트, 우정성 통신종합연구소, IJ, Hitachi 제



〈그림 4〉 Pan-European 연구망(TEN-155)

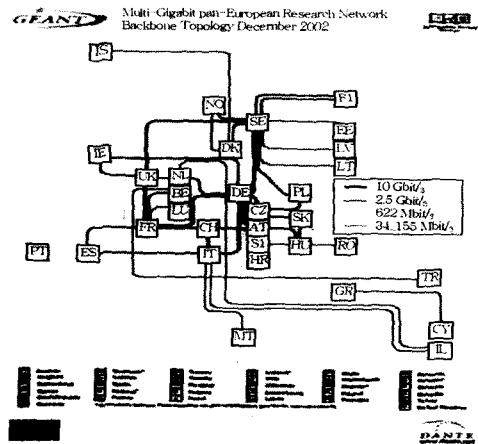
작소, 미쯔비시 전기정보네트워크, NTT 소프트웨어, 토시바, 요코하마전기, 동경대학, 큐슈대학, 게이오대학)이 참가하여 LINUX 시스템에 관한 IPv6 기본소프트웨어의 포괄적인 연구개발과 실증실험에 기초한 운용기술 확립을 도모하고 있다. 이와 같은 연구들을 기반으로 2004년 3월경에 IPv6의 대규모 실험을 실시할 예정이다.

이 실험의 목표는 100만 이상의 가정에 있는 모든 디지털가전기기과 HA(Home Automation) 기기 등에 1개 이상의 IP 주소를 부여, 외부에서 휴대폰 등으로 이들 기기를 조작해 하나의 네트워크로 연결해 원격조정이 가능한 시스템으로 재탄생 시키겠다는 것이다.

#### 다. 유럽

유럽은 유럽 공동체 주관의 프로젝트 중심으로 IPv6 네트워크 구축과 IPv6 기술 및 서비스 보급을 시도하고 있다. IPv6 네트워크 구축과 관련된 대표적인 프로젝트는 6INIT과 6NET이 있고 연구망에서의 IPv6 도입을 위한 GEANT 망이 있다.

(그림 4)는 유럽의 여러 나라에서 추진하고 있는



〈그림 5〉 GEANT 네트워크 토폴로지

현황으로 자체 시험망을 구축하여 활동하고 있으며, 점차 영역을 확대해 나가고 있는 추세이다[6].

유럽의 연구망인 Pan-European network는 1997년 상반기 TEN-34로 출발하여 이후 TEN-155를 거쳐 나중에 링크 대역폭이 622Mbps로 업그레이드되어 현재의 GEANT 망으로 통합되었다. (그림 5)는 GEANT 망 토폴리지를 보여주고 있다.

(그림 5)와 같이 유럽 연구개발망의 백본은 유럽 연합의 연구개발프레임워크 프로그램에 의해 협력체제로 결성되었으며 주요 활동은 망을 구축하고 사용자에 대한 기술적인 지원이다.

망을 운용하기 위한 펀드 조성 및 프로그램은 유럽연합의 3개국 이상이 협력하여 구성되어 있으며, 범 유럽 연구개발망 계획은 NREN(National Research and Education Networks), DANTE 등의 협력국(자)에 의해 운용되고 있으며, DANTE의 활동은 프로젝트 협력(국)자에 의해 관리되며, 네트워크 구축 및 관리, 다른 프로젝트 파트너간의 협력 및 조직관리 등을 전담하고 있다.

DANTE(Delivery of Advanced Network Technology to Europe)는 비영리를 목적으로 하는

선도기술망으로 전 유럽에 걸쳐 계획, 설치, 운용되고 있는 연구망으로서 NREN 그룹에 의해 1993년에 설립되어 4개의 범 유럽 논리 연구망(Europa NET, TEN-34, TEN-155, GEANT)으로 발전되어 현재는 GEANT로 운영되고 있다[4].

DANTE의 주요 활동 내역은 아래와 같다.

- 프로젝트 관리
- 데이터통신 인프라 개발
- 프로젝트 취약점 확인
- 네트워크 기술 연구
- 네트워크 서비스 개발 및 검증
- 정보 활성화 및 사용자 지원 등

이며, 유럽통신연합 프로젝트 펀드의 절반인 5천만 유로를 매년 조성하고 있으며, 영국의 캠브리지에 본부를 두고 유럽 전체에 대해 자체 15개의 국립연구교육망(NREN)을 가지고 있으며 매년 연차보고서 및 회계보고서를 발행하고 있고 다국적, 다언어를 제공하며, 10년 역사를 자랑하며 점차 망을 유럽 전역으로 확장하고 있다.

### 유럽의 연구개발망의 설립 목적

유럽의 연구개발망은 아래와 같은 2가지 중요한 목적을 가지고 출발했으며,

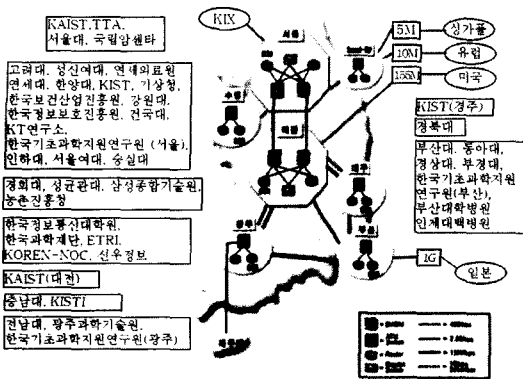
- 연구업무를 지원하는 국가차원의 통신기반 기술과 높은 정보처리 용량을 갖는 역할
- 실험적 테스트베드를 통한 진보된 네트워크 기술 및 신규서비스 구현을 위한 플랫폼으로서의 연구기반시설 또한 연구망은 전기통신과 특수 데이터 통신의 혁신을 가능하게 했으며, 연구망에 제공된 기술개발 들은 상용화(시장)에 적용하기 전 신규서비스를 실험

하기 위한 이론망으로서 범 유럽 연구망은 유럽 각 나라의 국가 연구망을 연결하기 위한 백본망으로 전 유럽에 제공하기 위해 조직되었다.

## 2. 국내 연구개발망 동향 분석

국내에서 추진, 운용하고 있는 연구개발망은 국내 및 국제 연구망으로 구분할 수 있으며, 1990년대 후반부터 추진해온 국제연구망은 APEC 국제기구 사업이 승인되어 1998년 이후 한-일, 한-싱가폴, 한-미간 구축 운용되고 있는 APII(Asia Pacific Information Infrastructure Testbed) 및 제 3차 ASEM 회의에서 공식 프로젝트로 지정 받아 2001년 12월에 개설된 TEIN(Trans-Eurasia Information Network)이 있다. 특히 APII는 2004년 1월 APAN (Asia Pacific Advanced Network)에서 미국, 유럽 및 아시아 각국의 지역망 대역을 고도화하여 10-20Gbps 수준으로 향상시킬 계획을 가지고 있어 향후 국제 연구망의 용량이 대폭 향상 될 것으로 예측된다[8]-[10].

우리나라의 국내 연구망은 1994년에 출발하여 2015년까지 고도화 계획을 갖는 초고속정보통신망인 KOREN, 국내 과학기술 및 정보통신 분야의 첨단 응용연구를 지원하기 위한 연구전산망(KOREONET), 차세대 인터넷 응용기술개발 및 지원을 위한 KOREONet2, 슈퍼컴 이용망인 HPCNet 등이 있으며, 이를 통해 IPv6, Multicasting, 온라인 게임, QoS 등 첨단 기술개발에 이용하고 있다[14]. 또한 국내 연구망은 APII, TEIN을 통해 STAR TAP (Science Technology and Research Transit Access Point) 및 GEANT(Multi-Gigabit pan-European research network) 망 등 해외 연구망과의 연동을 통하여



〈그림 6〉 국내 선도 시험망(KOREN) 구성도

대용량의 정보교류 및 첨단기술개발에 적극 이용하고 있는 추세다.

### 가. 초고속선도망(KOREN)

KOREN은 정보통신부가 주관하고 KT가 전담기관으로서 운영하고 있는 네트워크로 국내 초고속정보통신 기술개발 사업을 지원하기 위해 차세대네트워킹 기반을 제공하고 있으며, 30여 개 기관이 가입, 시험중에 있고 6TAP(IPv6 transit peering point) 과 연결되어 해외망들과 연동, 운용중에 있으며, DNSv6가 설치 및 운용되고 있다(그림 6) 참조). 또한 IPv6 운용 사이트가 개설되어 관련정보를 제공하고 있으며, KORNET의 일부구간을 IPv6 테스트베드로 구축하여 BT, NTT, 하이텔과 연동하여 시험중이다. 주로 IPv6 사업화 관점에서 IPv6 기술을 검토하고 있고 이미 상용 IPv6 라우터와 단말은 상당한 수준으로 개발되어 나오고 있으나, 사업화를 위한 수익모델 창출 부분에서 IPv6가 기존 IPv4보다 나은 점을 KT는 현재 찾고 있다. 한편으로는 광인터넷 기술과 IPv6 기술의 접목에 대한 연구도 진행되고 있다[7],[11].

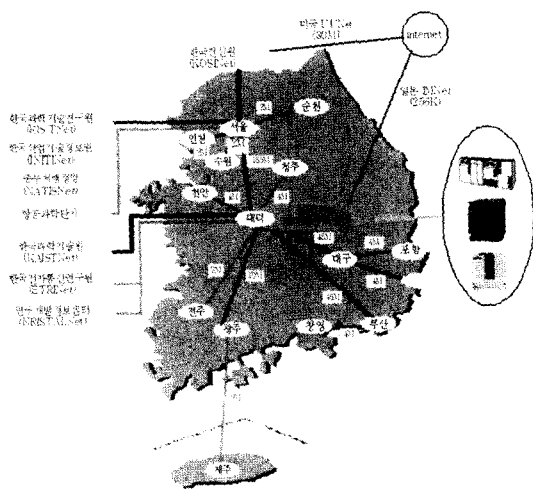
특히 KOREN은 초고속정보통신망 구축과 연계하여 차세대 네트워킹 기술, 교환·전송 및 단말 장비, 플랫폼, 응용서비스, 소프트웨어 등을 개발할 수 있는 고도화된 네트워크를 구축하여 첨단 연구개발 환경을 제공하는 것을 목적으로 일반 국민의 정보화 촉진을 위해 개발이 시급한 응용서비스로부터 장기적인 연구개발과 선도적인 시험을 통해 기술축적이 필요한 분야를 종합적으로 개발토록 유도하고 있으며, 이용을 희망하는 기관은 이용신청서를 한국통신 인터넷 시설단에 제출, 등록 희망 기관은 자체 비용 또는 자체 시설로 KOREN 노드에 접속하며 망 이용료는 별도로 정하기 전까지는 무료로 사용할 수가 있다.

국내 선도망의 핵심 역할을 수행하는 KOREN의 망 구성도는 (그림 6)과 같이 국내 서울, 대전, 대구, 부산, 광주, 수원 등 주요지역센터와 미국, 싱가포르, 일본, 유럽 등 주요 해외 연구망과 연동, 운용중이다.

### 나. 연구전산망(KREONET)과 차세대연구망(KREONet2), 슈퍼컴퓨터망(HPCNet)

고성능전산망과 연구전산망(High Performance Computing and Networking: HPCNet/Korea Research Environment Open Network: KREONet)은 TCP/IP 프로토콜을 근간으로 하여 원격지에 있는 기관들을 연동하고 고성능 컴퓨터를 통한 컴퓨팅 파워서비스 및 고속의 인터넷 서비스를 제공하기 위한 관련 통신장비 들을 관리 및 운영하고있으며, 주요 목적은 물리·화학·기계 등 응용 분야별 R&D, 초고속응용기술지원, 산·학·연 연계 R&D, 과학기술정보지원, 기타 슈퍼컴퓨팅 서비스 지원 등의 목적으로 구축되었다.

또한 IPv6 관련 연구개발을 위한 차세대시험



<그림 7> HPCNet/KOREONet

망으로 KOREONet가 2001년 9월 구축, 6TAP과 연동, 운용되고 있다[16].

16개의 지역망센터 간에는 10Mbps~155Mbps의 서비스를 제공하고 있으며, HPCNet 지역망센터와 이용기관 간에는 T1(1.5Mbps)~T3(45Mbps)의 서비스가 제공되고 있는 상황이다(그림 7) 참조).

KOREN과 HPCNet의 연동은 1단계로 시범 연동(2000. 11. 30~2000. 12. 31)을 통해 HPCNet-KOREN 연동 및 운용정책을 수립하여 HPCNet 주 노드(5개)와 KOREN PoP(서울, 대전, 광주, 부산, 대구)과 연동을 하였으며, 2단계 운영(01. 1. 1 - 12. 31)으로 기존 지역 PoP 노드 개선 및 신규 HPCNet-KOREN 망 접속 센터 구축확산, HPCNet의 전국 규모의 R&D 네트워크 인프라의 고도화를 통한 네트워크 서비스 제공 및 국내 교육·연구 분야의 차세대 인터넷 기술 개발 저변 확대 및 테스트 베드로 구축, 활용중에 있다.

초고속연구망(KREONET)은 국내 기가백분의 고속화 서비스에 이어서 STAR TAP/STARLIGHT와는 155Mbps로 증속 연동하였으

며, 일반 인터넷 서비스는 25Mbps에서 155Mbps로 증속 연동하였다. 초고속연구망의 국내 트래픽 분산과 연구 환경 최적화를 위해 데이콤 IX와 155Mbps에서 1Gbps로 증속 연동 하였다.

그밖에 2004년 7월부터 IPv6 시범서비스를 위한 KOREAv6 망을 구축, 서비스 검증 및 장비시험 등을 수행할 예정으로 있다.[5]

### 다. 한국주도의 국제 연구망(APII, TEIN)

#### A. 아태지역 연구개발망(APII)

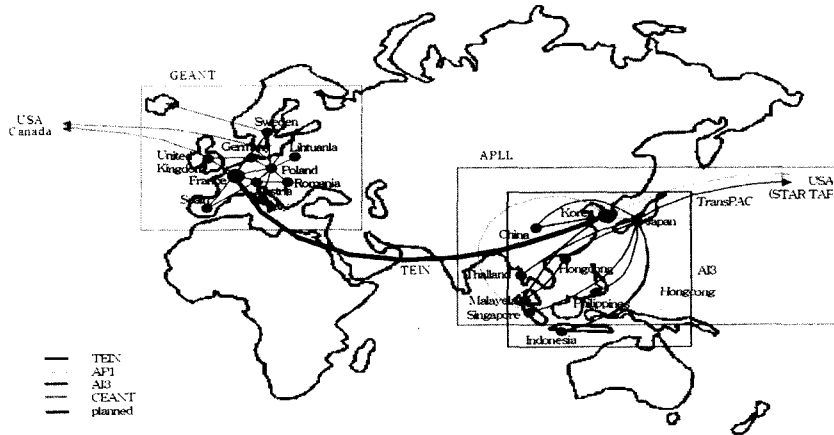
APII 망은 정보통신기반이 취약한 아태지역국 간의 기술정보 교류를 통해 IPv6, QoS, 교육, 환경분야 등 첨단 미래 선도기술을 연구 개발하는 국제 연구망으로 한국 주도의 선도 국제망이다.

#### B. 트란스-유라시아 연구개발망(TEIN)

TEIN은 우리나라의 초고속선도망(KOREN)과 프랑스의 국립연구망(Reseau National de Telecom-munications pour la Technologie, l'Enseignement et la Recherche: RENATER)을 연결하는 한·불 연구망을 구축함으로써 유럽과 아시아 간의 활발한 정보 교류 및 선진 각국 연구기관 들의 우수한 연구 역량, 선진기술을 토대로 국제공동연구 등을 수행할 수 있는 계기가 되었다[13].

특히 위의 두 국제연구망은 유럽지역 연구개발망인 GEANT와의 연동이 되어 유럽의 차세대 하이테크 기술의 접목 및 정보수집, 연구개발동향 분석, 향후 망의 진화 및 기술개발 방향 등을 파악할 수 있는 매우 중요한 연구개발망이다. 그러나 연결된 노드가 적고 사용되고 있는 트래픽의 양이 유럽에 비해 매우 낮은 수준으로 좀더 많은 노드들과의 연동 및 여러 분야와의 접촉을 통해 활발한 교류가 필요하다.





〈그림 8〉 APII/TEIN 국제 연동망 구성도

(그림 8)은 APII-TEIN-GEANT 망이 연결된 형태를 보여주고 있으며, 앞으로 이러한 국제 교류를 통해 좀더 많은 정보들이 망을 통해 전달될 것으로 예상되어 링크의 대역폭의 증대가 요구된다.

국제 연구개발망의 링크 요구 대역폭은 최소한 1Gbps~수십 Gbps 가 요구되고 있어 조만간에 Gigabit-port로 연동되어야 할 것이다.

### III. BcN 기반 연구시험망의 필요성 및 구축 방안

IT 산업과 더불어 정보화의 주요 흐름은 기존 산업의 구조를 변화시키고 사회 생산성을 향상시켰다. 그러나 전세계적인 경기침체와 IT 산업의 불황으로 인한 매출액의 감소 및 시설의 과잉 투자, 시장의 포화상태로 인한 신규투자 요인이 소멸되었다. 즉, 통신시장의 침체를 극복할 수 있는 대안으로 유·무선, 방송사업자별 네트워크 전략에 따른 유사망의 중복투자 방지, 망간의 연동, 서비스 영역의 제도적 제약으로 이용자에

게 편리하고 저렴한 복합서비스 제공이 필요하게 되었다. 다시 말해서 정보통신분야의 통신, 방송, 인터넷의 대통합이 필요하게 됨에 따라 정보 인프라의 지속적인 고도화 및 지식 정보화의 전면화를 위한 범국가적 전략으로 광대역통합망(BcN) 계획 수립이 필요하게 되었다[15].

광대역통합망은 멀티미디어서비스가 안정적으로 제공되고 첨단 정보통신기기 및 서비스 개발의 인프라로서 차세대 이동통신, 지능형 로봇, 홈네트워크, 등 신성장동력추진을 위한 핵심 공급 기반이다. 이와 같은 이유로 BcN 기반 첨단 연구개발망(시험망)의 구축과 운영이 필요하며, 9대 신성장동력 연구 결과물인 장비 및 서비스 개발의 전담연구기관의 핵심 노드역할이 필요하게 되었다. 또한 광대역통합망 인프라와 더불어 이를 운영할 시험지원센터를 구축하여 광대역통합망을 이용한 장비 및 서비스 시험검증에 대한 지원이 필요하다.

이러한 광대역통합망 구축의 필요성을 정리해보면 아래와 같다.

## 연구시험망 구축의 필요성

- 통신·방송 융합 및 유·무선/음성·데이터 통합 환경으로 발전함에 따른 서비스 통합 및 연동, IP 전달망 적응성 확인
- 각 사업(과제)간 서비스 연동 및 통합 시연 환경 필요
- 종합 시연환경구축으로 비용 및 시간 절감 (통합 구성의 효율성)
- 분야별 기술개발 사업간 연계를 통한 시너지 효과 극대화(요구사항 분석 및 통합 구현 방향 제시)
- 통신사업자 및 산업체 홍보 활동 강화(시장 진입을 촉진 및 공동개발 참여 유도를 위한 홍보 활동 강화)
- 산업체 요구사항 반영을 통한 경쟁력 강화 (상용화 대처 능력 및 조기 기술이전)

등으로 기존의 사업분야별 단일망에서 하나의 통합망으로 전환, 구축함으로써 연구개발의 효율성을 극대화 할 수 있으리라 짐작된다. 그러나 이러한 통합망의 구축은 그리 간단하지 않으며, 장비간 연동, 각 계층간 제어방법, 서비스 연동 여부 등 많은 문제점을 안고 있으며, 이런 문제들은 BcN 표준모델의 발굴을 통해 최적의 망을 구축하여 효율적인 연구개발이 수행되도록 유도하는 것이 우리가 선결해 나가야 할 숙제이다.

## 1. 세부 시험망 구축 방안

앞에서 언급한 것과 BcN 기반 연구시험망의 필요성에 의해 정부주도의 9대 신성장동력추진을 위한 단계별 망구축 계획(2004년부터 2010년까지 3단계로 구축)에 의거하여 1단계 고품질 VoIP(Voice over IP) 망과 Mobile IP, HDTV 방송

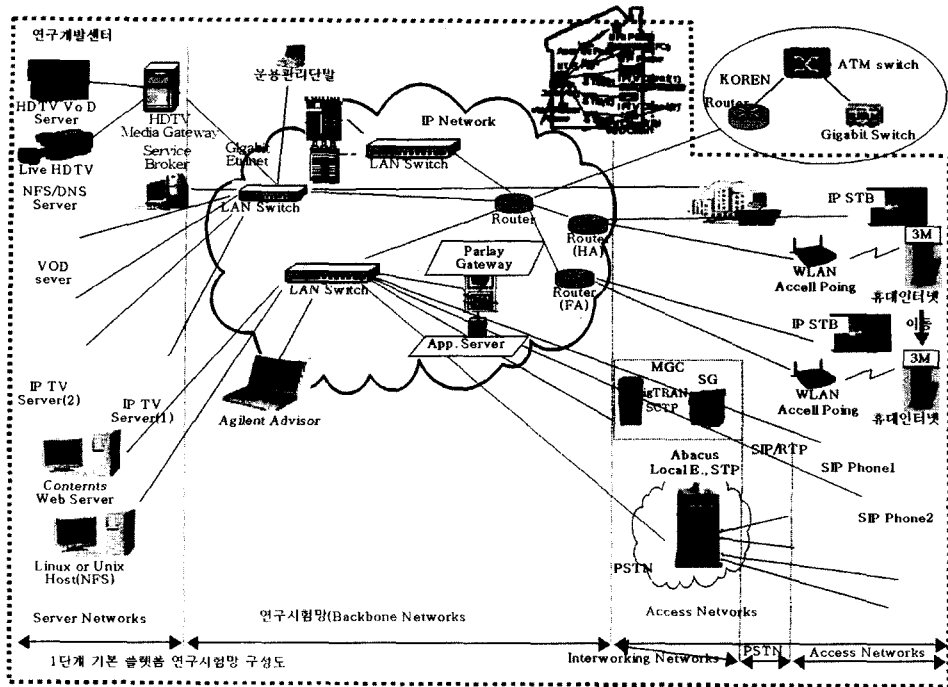
망, 홈 네트워크 등 서비스 및 전달계층을 분리한 유·무선 통합 및 통신·방송 융합 서비스를 고려한 시험망 구축을 고려할 수 있으며, 2단계로 1단계 망을 고도화 시킨 광대역 MMoIP (Multimedia over IP), 3단계로 광대역 통신·방송 융합서비스 제공을 위한 시험망 구축을 고려할 수 있다((그림 9) 시험망 구성도 참조).

고품질 VoIP 망은 소프트웨어, SIP 서버, 응용서버, 미디어서버(parlay gateway server 포함), 미디어 게이트웨이(트렁크 및 시그널링 게이트웨이)를 두고 PSTN 교환기를 대신할 abacus 장비를 도입하여 VoIP를 통한 음성 기본 호처리와 응용 서비스인 비디오 컨퍼런싱 등 고품질의 음성서비스 제공을 목표로 하고 있다.

IP 스트리밍 서비스 제공을 위한 HDTV 방송 시험망은 VoD 서버, 미디어게이트웨이, 서비스 브로커를 두어 라이브 영상이나 VoD 서버에 저장된 콘텐츠들을 트랜스코더를 거쳐 서비스브로커의 제어를 받아 사용자의 요구사항에 맞게 원하는 고품질의 영상 및 음성데이터를 제공한다.

디지털 홈 네트워크 시험망 구축을 간단히 살펴보면 각 가정으로 서비스를 전달해주는 외부 네트워크, 각 가정에 설치되는 홈 네트워크, 홈 디지털서비스를 구현하는 콘텐츠 및 솔루션으로 구성되어 홈 네트워크를 액세스망으로 전달하기 위한 홈 게이트웨이 및 홈 서버 등이 필요하다.

특히 디지털 홈을 구축하기 위해서는 네트워크 기능이 부여된 정보가전기와 유·무선 홈 네트워크 기술이 필요하다. HomePNA(Home Phoneline Networking Alliance), 전력선통신(PLI : Power Line Communication), IEEE1394, USB(Universal Serial Bus), 이더넷 등 유선기술과 무선랜, UWB(Ultra Wide Band), 무선 1394, HomeRF (Home Radio Frequency), IrDA



〈그림 9〉 고품질 VoIP, Mobile IP, HDTV방송, 홈 네트워크 시험망 구성도

(Infrared Data Association) 등 무선기술 등이 다양하게 이용되고 있다. 향후 이 분야는 삶의 질이 향상됨에 따라 많은 발전이 기대되는 분야로 영화나 음악, 애니메이션 등 양방향 디지털 콘텐츠 수요가 폭발적으로 증가하고 있으며, 국내는 물론 미국, 유럽, 일본 등 해외에서도 생활의 편리성을 주는 분야로 많은 발전이 기대되고 있다[2].

Mobile IP 분야는 차세대 유·무선 통신망이 IP 기반으로 발전하고 있는 추세에 맞추어 휴대인터넷(High-speed Portable Internet: HPi), 무선랜, MBWA(Mobile Broadband Wireless Access) 등과 같은 새로운 IP 기반 액세스 망이 등장함에 따라 mobile IP 계층의 관리 표준기술의 중요성이 부각되고 있으며, 이동성 관리의 표준기술로 Mobile IP가 채택되고 있는 실정이다. 현재 대부

분이 IPv4 망에서 서비스가 제공되고 있으며, 향후 IPv6로 전환됨에 따라 둘간의 호환성 문제, 이동망에서의 망 종단간 QoS 보장, 보안(Security), 연결성 유지(Seamless Connectivity) 제공 등 해결할 문제들이 많이 존재한다. 이러한 서비스를 검증할 수 있는 시험망이 절실히 필요하다. 특히 듀얼 스택(dual stack) 형태의 환경에서 역방향 호환성 제공 문제 등을 수용할 수 있는 이동성 관리기술을 검증, 시험할 수 있는 연구시험망이 더욱 필요하게 된다.

## 2. 연구시험망 활용 방안 및 기대 효과

연구시험망의 활용 방안은 정책적인 면과 시험망 운용 측면 등 크게 2가지로 분류할 수 있는

데 대략 기본적인 개념은 핵심 파일럿 프로젝트를 발굴, 추진하여 상용망의 발전 방향을 제시하고 선도함으로써 미래 IT 신산업을 창출하고 국가 산업경쟁력을 강화시킬 수 있다는 점과 BcN 연구개발과제 및 대표서비스, 시범서비스를 개발, 검증, 확산시키는 데 활용이 가능하다. 또한 BcN 활성화를 위한 진화 단계별 기술개발 및 검증에 활용이 기대된다. 그밖에 BcN 연구시험망 구축 및 운영을 통해 새로운 장비, 기술, 서비스, 콘텐츠 등의 수요를 선도적으로 창출하고 상용화 기반을 조성하며, 파일럿 프로젝트에 관련한 중소기업, 통신사업자, 연구소, 타 기관의 적극적인 참여를 유도함으로써 IT R&D 허브로 육성, 발전하는 데 활용이 기대된다.

우선 정책적인 측면에서 활용 방안을 살펴보면

- 각 연구단 및 중·소 장비업체, 서비스 개발업체 등의 참여를 활성화하고 의견이 반영될 수 있는 연구시험망 추진체계 확립
  - 장비 시험 및 연구개발과 응용서비스 Field test를 지원할 수 있는 종합 연구개발환경으로 이용
  - 접근 용이성, 이용도의 극대화, 이용자에 대한 적극 지원을 고려하여 구축 체계를 고려
- 첨단 응용서비스 개발, 장비개발, 국제공동연구 활동 강화를 위한 개발 연구비 확대
  - 연구망을 이용할 수 있는 시험지원센터 건립제도를 검토하여 중소기업의 적극 참여를 유도
  - 연구시험망을 이용하는 이용자그룹 활동을 지원하여 이용 활성화를 도모하고 사용자의 의견 수렴장소로 활용

· 연구시험망을 활용한 연구과제 추진내용을 발표하고 망의 발전방향을 논의하는 토론회

으로 활용이 가능하며, 망 운용측면을 살펴보면

- 연구개발을 효율적으로 지원하기 위해 참여주체 및 이용 목적에 따라 다양한 네트워크를 구성하여 제공
  - 기술 및 서비스 개발을 추진하는 중소기업, 장비업체에 서비스 제공이 가능
  - 연구소(원) 및 중소기업에 공동연구개발 환경을 제공
  - 향후 공동 연구 및 정보교류를 위한 접속서비스 제공

■ 국·내외 연구개발망과 접속, 상용 트래픽을 수용하고 이용 활성화를 통한 응용서비스 검증이 필요

- 시험망 운용 결과 분석을 통해 국가망 또는 공중망에 적용 가능성을 검증하고 향후 서비스 도입을 대비한 기초 자료로 활용

이 가능하다. 이와 같이 첨단 연구시험망은 다양하게 활용될 수 있으며, 이를 이용한 기대효과를 살펴보면

- 상용망에 적용하기 전까지 전반적인 성능시험, 사업타당성, 서비스 검증을 실시할 수 있는 개방형 네트워크 환경을 제공함으로써 신기술 개발 및 서비스 개발을 촉진
- 선도적인 유·무선 및 방송 융합형 네트워크 핵심 기술의 개발 및 국제 표준화를 통한 글로벌 기술 리더로서의 입지를 확보
- 시범서비스와 연구개발, 망구축의 연계 추진을

통해 새로운 서비스 개발과 신기술 검증, 장비 개발의 시너지 효과를 극대화

- 시설의 중복투자 방지에 따른 예산 절감 효과와 개발기간 단축
- 상용화 기술과 연구개발 제품간의 기술격차 (gap)를 완화

등으로 기대되는 효과는 매우 다양하리라 사료된다. 국내 통신사업자들에 의한 BcN 구축 개념은 KT, 하나로, 데이콤, SKT, KTF, LGT 등 국내 유·무선 통신사업자들의 사업전략 구상에 의한 미래 망(the feature network)인 즉, BcN을 대비하여 독자적으로 구축한 망의 진화도 계속 변화하고 있으며, 이에 대한 추진 전략을 간략히 소개하면

- PSTN 서비스를 승계하여 수용하고 신규 멀티미디어 서비스 제공에 의한 매출 증대서비스 컨버전스

를 통해 유선/무선/IT/방송 서비스간의 경계 완화와 단일망에서 멀티미디어형 통합 서비스 제공을 위한 인프라 구축의 필요성에 의해 비즈니스 모델 창출에 힘쓰고 있다. 또 전달망부터 All IP화하여 향후 다양한 종류의 무선 액세스 망 연동을 계획하고 있으며, 이동성이 보장되는 다양한 지능형 융합서비스 제공을 목표로 하고 있다.

다시 말해서 초기에는 Service Creation 및 제한적인 비용절감에 초점을 맞춘 진화를 우선 수행하고, 향후 완전한 All IP, BcN으로 진화하는 것을 목표로 망의 end-to-end IP와 Converged 네트워크의 개념이 합쳐진 것으로서, 하나의 백본으로 여러 액세스 망을 지원하는 개념인 QoS가 보장되는 All IP로 진화하는 것을 말한다.

### 3. 연구시험망을 활용한 시험 결과

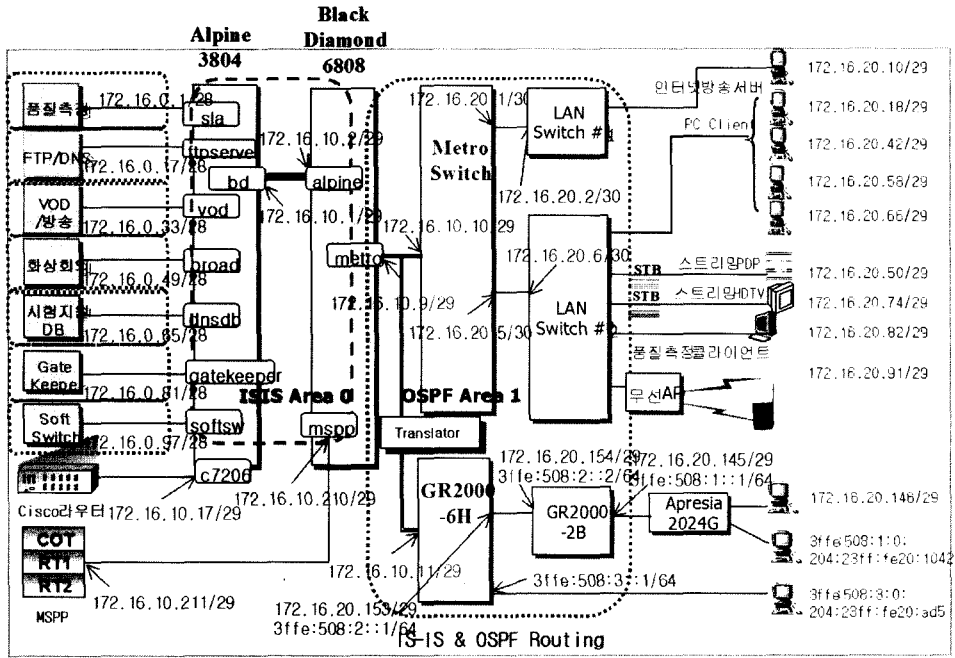
본 절에서는 BcN 기반 연구시험망을 구축하고 여기서 수행한 IPv6 성능 평가와 IP 스트리밍 서비스를 시험한 결과를 소개하고자 한다.

아래 그림 10, 11은 IPv6 및 IPv4에 대한 성능 평가 시험을 위한 시험 환경 구성과 성능 시험결과를 나타내었다. 특히 최첨단 기술을 확보하기 위한 IPv6, QoS, Security 등을 시험하기 위한 테스트베드로 구축되었으며, 이 환경은 점차 확대하여 BcN 테스트베드 허브 망으로써 연구개발 제품을 시험하기 위한 초기 단계의 BcN 연구시험망이다.

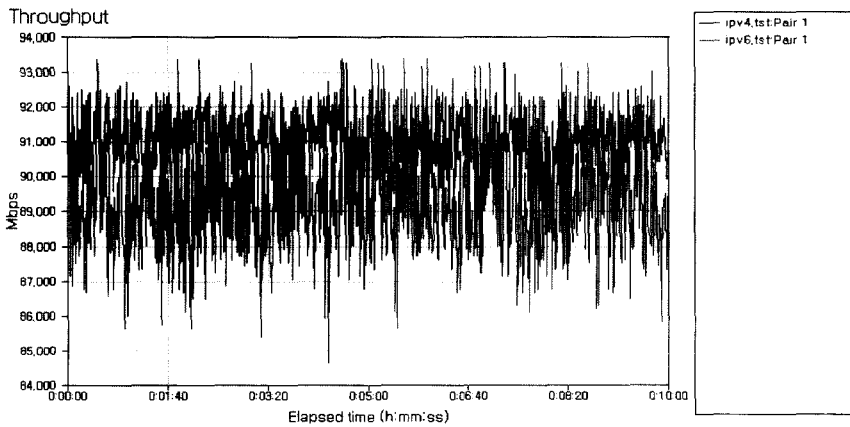
#### 가. IPv4/IPv6 성능 비교시험

우선 BcN 첨단 기술을 확인, 검증하기 위해 IPv6 전용망을 구축하여 기존 구축된 IPv4 망과 상호 기능 검증을 하도록 하여 망 연동시 발생할 수 있는 상호운용성 시험과 IPv6 자체 기능의 검증을 통해 서로 상호 검증하는 방법을 택했다. 그림 11은 동일 조건의 환경에서 6t4 또는 4t6 변환을 위한 Translator(DNS 및 Proxy 서버 포함)를 제거한 상태에서 v4 기능에 대한 성능을 측정하고 이후 Translator를 설치하여 비교, 분석한 결과이다. IPv6 망 구축 장비로 LG Hitachi 장비(GR2000-6H, GR2000-2B)와 L2 스위치(Aperesia2024G)를 이용하여 구축, 시험하였다. 이에 대한 상세 망 구성은 전체 시험환경구성도인 그림 10에 나타내었다.

성능 비교에 대한 시험결과는 10/100Mbps 포트에 대해 Ipv4주소로 시험한 결과 평균 Throughput이 90.915Mbps, Ipv6 주소로 시험한 결과 평균 Throughput이 89.115Mbps로 Ipv6가 조금 떨어지는 결과치를 보였지만 양호한



〈그림 10〉 BcN 기반 시험환경 구성도



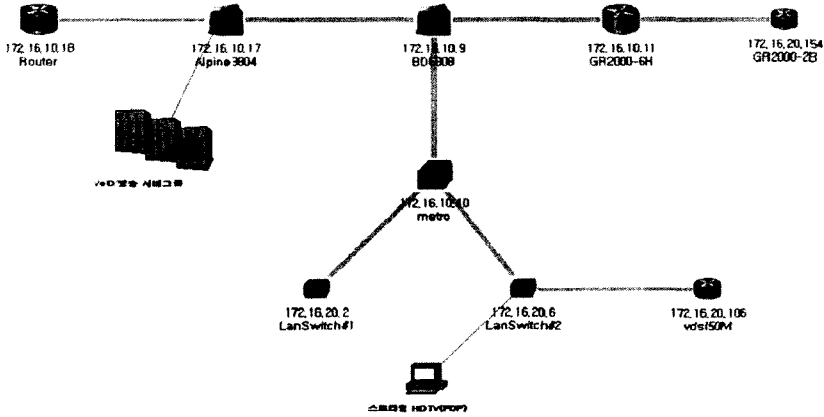
〈그림 11〉 IPv6/IPv4 성능 시험 결과

Throughput을 나타내는 것으로 판단되었다.

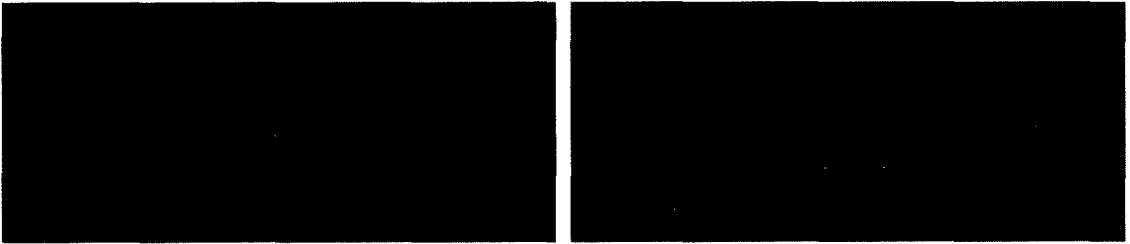
나. 실시간 IP 스트리밍 서비스 시험

실시간 IP 스트리밍 서비스는 그림 10의 시험 환경 구성도와 마찬가지로 VoD/방송 서버로부

터 19.3Mbps의 HDTV 스트림 데이터를 서비스 제어망과 핵심(Core) 망 및 액세스 망의 메트로 스위치에 연결된 LAN 스위치 #2를 거쳐 HDTV 스트리밍 PDP 단말에 Display 되는 과정을 통해 수행된다. 다시 말해서 실시간 스트리밍 서비스



〈그림 12〉 실시간 스트리밍 서비스 시험 망 구성도



〈그림 13〉 IP 스트리밍 서비스 시험 결과

시험을 위한 시험환경 구성도는 그림 12와 같다.

아래 그림 13의 좌측 그림은 서버에서 출력되는 19.3Mbps의 HD급 스트리밍 데이터를 Alpine 장비의 해당 입.출력 포트에서 측정한 결과다. 실시간 검출된 데이터의 청색 그래프는 입력스트리밍 데이터이고 노랑색 그래프는 출력 결과이다.

우측 그림의 주황색 그래프는 출력(21.92Mbps)이며, 노랑색 그래프는 포트의 전체 이용율(입.출력, 22.4Mbps)을 표시한 결과로 지연 없이 원활한 스트리밍서비스가 제공되고 있는 상황이다.

#### IV. 결론

본 고에서는 연구개발망의 국·내외 동향과

이를 활용한 연구개발장비 및 신규 서비스, BcN 표준모델에 근거한 연구시험망 구축 방안과 BcN 기반 연구시험망을 이용하여 IPv4/IPv6에 대한 성능측정시험 및 실시간 IP 스트리밍서비스 시험에 대해 고찰해 보았다. 특히, 기술발전의 흐름과 사업자간의 경영 환경의 변화에 따라 새로운 개념의 망구축 기술과 다양한 서비스 개발의 무한 경쟁체제에 돌입하고 있는 현 상태에서 광대역통합망 기술과 이에 근거한 초고속 IT 인프라인 연구개발망의 구축과 이를 활용한 첨단기술에 대한 기능검증은 더욱더 필요하게 되었다. 그러나 이러한 신 개념의 망 구축 기술은 많은 비용과 여러 가지 기술적인 문제, 인력, 시간 등이 소요되는 일로 여러 가지 위험성을 가지

고 있다. 그러므로 향후 이러한 문제를 즉시 대처할 수 있는 방안으로 BcN 표준모델의 발굴과 경제성과 효율성을 가지는 BcN 연구시험망의 구축을 다각도로 고려해야 한다.

본 논문에서는 언급을 하지 않았으나 그리드 네트워크를 활용한 연구개발 현황[17]들도 고려해 볼 수 있는데 이 망은 대부분이 대학, 기술 실험실, 바이오-인포매틱스 조직 등에서 과학적, 기술적인 컴퓨팅 환경으로 개발된 사례들이 주를 이룬다. 이들 중 대부분은 유닉스와 리눅스 같은 운영 체제에서 활용되어 왔으며, Tera Grid는 첨단 연구개발망과의 연동을 통해 전 세계 컴퓨터를 인터넷으로 연결해 마치 가상 슈퍼컴퓨터처럼 쓰자는 개념으로 3,000개 이상의 인텔 프로세서를 리눅스 작동을 위해 운영하며, national science foundation이 질병진단, 치료법/의약품 개발, 대체 에너지 조사 등과 같은 복잡한 과학적 연구 분야를 지원할 것이다. 이러한 그리드 컴퓨팅에 대한 활용방안을 연구개발망과의 연계 방안 등도 향후 연구되어야 할 사항이다.

(KOREN) 현황 및 발전 방향,” 한국통신학회지, 2003. 12, pp.32-42.

[8] <http://www.koreonet.net>

[9] <http://www.koreonet2.net>

[10] <http://www.apan.net>

[11] <http://www.koren21.net>

[12] 홍충선의 5, “북미 및 유럽의 Advanced Network,” 한국통신학회지, 2003. 12, pp. 85-95.

[13] <http://www.transeurasia.org>

[14] 이혁로의 3, “초고속연구망(KOREONET) 구축 현황 및 발전 방향,” 한국통신학회지, 2003. 12, pp.50-67.

[15] 정보통신부, “Broadband IT Korea 건설을 위한 광대역통합망 구축 기본계획(안),” 2004. 1.

[16] <http://www.hpcnet.net>

[17] <http://gridfourmkorea.org>

[18] <http://www.wide.ad.jp>

[19] <http://www.mew.org/~kazu/kame/>

[20] <http://www.tahi.org/>

[21] <http://www.linux-ipv6.org>

## 참고문헌

[1] <http://www.internet2.edu/>,

[2] 서광현, “디지털홈 구축 정책방향,” TTA 저널(제88호), Mar. 2004, pp.20-29.

[3] 서보현, 박진현. “국제연구망의 발전방향 및 전망,” KISDI 이슈리포트, Mar. 2004, pp.1-38.

[4] <http://www.dante.net>.

[5] <http://www.KRv6.net>

[6] Cathrin Stover, Michael Stanton, “Integrating Latin American and European Research and Education Networks through the ALICE Project,” Mar. 2004, pp.1-10.

[7] 신상철, 이영로, 변상익, “초고속선도망



## 저자소개



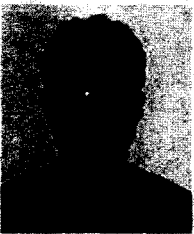
이재기

1985년 서울산업대학교 전자공학과 (공학사)  
 1989년 청주대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)  
 2004년 공주대학교 전기전자정보통신공학과 박사수로  
 1983년 - 현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
 주관심분야 소프트웨어 신뢰도, 시험 및 검증, 소프트웨어 품질 향상, BcN



이재성

2003년 한밭대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1999년 - 현재 한국전자통신연구원 연구원  
 주관심분야 시스템 시험 및 검증, 테스트베드, BcN



민석홍

2002년 한남대학교 광전자물리학과 졸업(이학사)  
 2003년 공주대학교 대학원 전기전자정보통신공학과 석사과정 재학중  
 2004년 - 현재 한국전자통신연구원 위촉연구원  
 주관심분야 통신 신호처리, DSP

## 저자소개



남상식

1981년 단국대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1983년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1999년 단국대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
 1985년 - 현재 한국전자통신연구원 책임연구원(팀장)  
 주관심분야 ATM Technology, Signal Integrity, BcN



유한양

1991년 강원대학교 전자계산학과 졸업(이학사)  
 1995년 강원대학교 대학원 전자계산학과 졸업(이학석사)  
 1999년 강원대학교 대학원 전자계산학과 박사과정 수료  
 2000년 - 현재 한국전자통신연구원 선임연구원  
 주관심분야 데이터베이스 설계, 시스템 시험 및 검증



김태원

1987년 한밭대학교 전자공학과 졸업(공학사)  
 1996년 한남대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)  
 1983년 - 현재 한국전자통신연구원 책임연구원  
 주관심분야 ATM Technology, 시스템 시험 및 검증