

스마트노드 기술개발

R&D on Smart Node Technology

윤승현 (S.H. Yoon) 스마트노드연구팀 책임연구원
송호영 (H.Y. Song) 스마트노드연구팀 팀장
이범철 (B.C. Lee) 개방형스위치연구팀 팀장
이순석 (S.S. Lee) 컴퓨팅네트워크연구부 부장

* 본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업(11911-05003: 클라우드 네트워킹 및 콘텐츠 중심 네트워킹을 위한 스마트노드 기술 개발)과 미래인터넷 원천기술개발사업(KCA-2012-12-921-05-001: 고품질 영상 서비스 지원을 위한 컴퓨팅 내재형 미디어 융합 전달 시스템 기술 개발) 연구결과로 수행되었음.

전 세계적으로 인터넷은 사회 기반의 필수 인프라로 자리매김하고 있다. 그러나 인터넷이 널리 사용됨으로써 다양한 문제가 발생하였으며, 이를 해결하고자 하는 노력이 전 세계적으로 추진되고 있는 상황이다. 본고에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 방송통신위원회(KCC: Korea Communications Commission)에서 수립한 “미래를 대비한 인터넷 발전계획” 중에서 스마트노드 기술 및 R&D 추진 정책을 정리하고 추진사업을 소개한다.

- I. 서론
- II. KCC 정책
- III. 기술동향
- IV. 추진사업
- V. 결론

I. 서론

최근 스마트기기(스마트폰, 스마트TV, 스마트 패드 등)로 인해 인터넷을 통한 동영상 서비스가 증가하고 있다. (그림 1)과 같이 이러한 비디오 및 P2P 트래픽으로 인하여 유선 인터넷 트래픽은 연평균 33% 이상의 증가가 예상되며, 전 세계적으로 2015년 63EB(월)에 이르게 될 것으로 전망되고 있다[1]. 또한 국내 백본 트래픽은 연평균 31% 이상 증가가 예상되며, 2015년 5.9EB(월)에 도달할 것으로 예상된다.

무선 트래픽은 세계적으로 연평균 92% 증가, 국내의 경우는 연평균 103% 증가[1]하여 현재 추세를 기준으로 2020년에는 2010년 대비 약 189배의 증가가 예상된다[2].

그러나 이를 뒷받침하고 있는 인터넷 기술은 이동성(연속성), 품질 보장, 보안성 등에 한계를 갖고 있으며, 이러한 한계를 극복하기 위하여 새로운 인터넷의 재설계를 위한 연구가 미국, EU 등 선진국을 중심으로 진행되고 있다.

또한 인터넷 생태계도 비즈니스 및 정책환경 변화, ICT 기업의 업종 파괴 및 융합, 개방형/상생형 사업 모델이라는 새로운 패러다임에 직면하고 있다.

특히, 단순한 네트워크 서비스 및 음성 트래픽 기반의 수익모델 한계로 인해 통신사업자들의 설비투자 위축되어 트래픽 증가에 대한 대처가 소극적인 상태

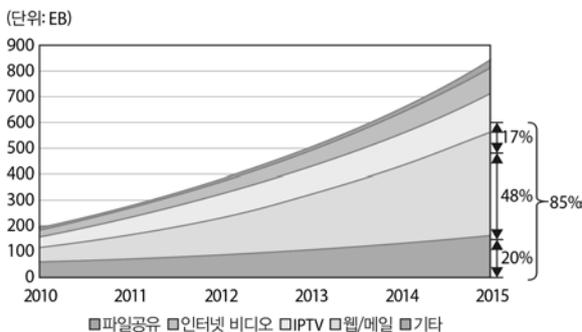
이며, 통신사업자들은 이를 극복하기 위하여 기존의 dumb pipe 성격인 인터넷을 수익 증대가 가능한 smart pipe로 전환하려는 다양한 전략을 모색하고 있는 상황이다[3]~[5].

현재 국내는 인터넷 사용자의 폭발적인 증가와 정보통신 인프라 정책에 따라서 세계 최고수준의 네트워크를 갖추고 있는 상황이다. 그러나 네트워크 투자 정체, 기술 역량의 취약, 인터넷 기업의 글로벌 경쟁력 미흡으로 인해 향후 국내 기술을 사용한 미래 인프라 구축이 점점 더 어려워지는 상황이다.

또한 미래인터넷 연구의 착수 지연 및 소극적인 R&D로 인해 플랫폼 및 원천 기술의 확보가 극히 미비한 상태에서 현재 추세로 진행될 경우에 주요 인프라 기술을 외국에 의존하는 인터넷 소비국으로 전락할 상황에 있다.

이를 극복하기 위하여 방송통신위원회(이하 KCC: Korea Communications Commission)에서는 2011년에 향후 10년 인터넷 글로벌 리더로 도약을 목표로 미래인터넷 발전을 국가 Agenda로 설정하고 종합적인 대책을 마련하고 있다[2],[6].

본고에서는 상기 마련된 여러 가지 정책 중에 “세계 최고의 스마트 네트워크 구축”과 “개방-협업형 스마트 인터넷 기술 개발”에 핵심요소인 스마트노드 기술에 대한 정책을 소개하고 현재 추진 중인 사업을 소개하고자 한다.

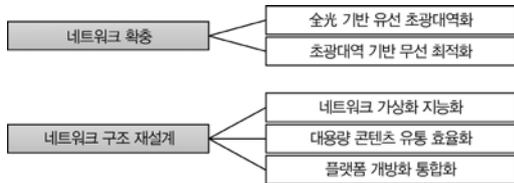


(그림 1) 인터넷 트래픽 변화(2010~2015)

II. KCC 정책

1. 대용량 콘텐츠의 유통 효율화

KCC는 초광대역, 지능형 “스마트 네트워크” 구축을 위해서 네트워크의 양적인 확충뿐만 아니라 네트워크 효율성을 높이기 위하여 콘텐츠 전송에 최적화



(그림 2) 스마트 네트워크 구축 정책

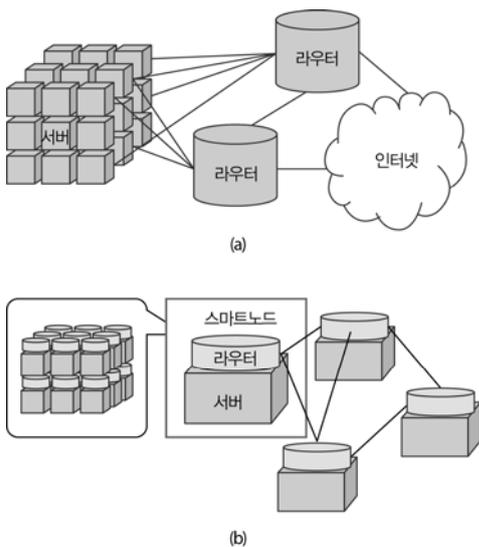
된 네트워크를 재설계하고자 하고 있다((그림 2) 참조)[2].

특히 대용량 콘텐츠의 유통 효율화는 기존 dump pipe 인터넷을 smart pipe 인터넷으로 전환하는 핵심 요소 중 하나로서 대용량 콘텐츠를 효율적으로 전달하기 위해서, 콘텐츠 정보와 네트워크 정보를 결합하여 서비스를 제공하는 “콘텐츠 중심 네트워크”로 망의 진화를 추진하는 것이다.

KCC에서는 이를 위하여 네트워크 장치 및 서버가 결합된 통합플랫폼인 스마트노드 개발을 추진하고 콘텐츠 유통 효율화를 추진할 계획이다.

기존 인터넷 노드와 스마트노드를 개념적으로 비교하면 (그림 3)과 같다.

“콘텐츠 중심 네트워크”를 위한 방법으로 인터넷



(그림 3) 기존 인터넷 노드(a) 및 스마트 노드(b)

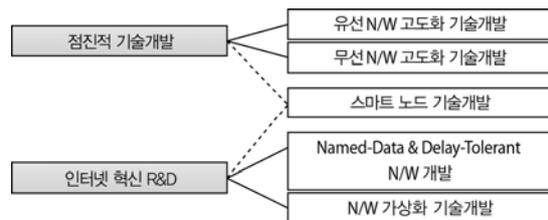
데이터센터를 중심으로 하는 현재의 트래픽 중앙집중 형태에서 벗어나 트래픽이 분산 전달되는 구조를 채택하며, 지역적으로 분산 배치함으로써 이용자로부터 가까운 곳에서 콘텐츠가 서비스되도록 구성되는 개념을 적용하고 미래인터넷에서 연구되고 있는 콘텐츠 이름 기반의 콘텐츠 라우팅 기술 도입이 검토될 것이다.

2. 스마트노드 기술개발

트래픽 폭증에 가장 효율적으로 대응하는 네트워크 구축과 관련 기술의 글로벌 경쟁력 확보를 위하여 KCC는 개방적이고 전략적인 R&D를 추진하고 있다 [2],[6].

KCC에서는 점진적으로 기술을 고도화하는 연구개발 분야와 패러다임 전환이 일어나고 있는 글로벌 기술 경쟁에서 뒤떨어지지 않도록 하는 중장기적인 연구개발 분야의 R&D를 병행하고 있다. 특히, 현존하는 기술을 기반으로 인터넷 혁신 기술을 수용함으로써 첨단 기술개발과 동시에 상용성을 고려하는 스마트노드 기술개발을 적극적으로 추진하여 스마트네트워크 진화를 전략적으로 진행하고 있다((그림 4) 참조).

기술적으로 스마트노드는 네트워크 장비의 데이터 전달 및 서버의 데이터 저장, 프로세싱 기능을 동시에 제공하는 차세대 다목적 네트워크 장비로서 대용량 콘텐츠의 효율적인 처리와 같은 다양한 응용서비스를 위한 네트워크 기능을 제공해야 한다. 이러한 스마트노드 기술에 대하여 국내 인터넷 장비업체의 국제 경



(그림 4) 개방·협업형 스마트 인터넷 기술 개발

쟁력 확보 및 통신사업자의 네트워크 고도화를 지원하는 차원에서 연구개발이 적극 추진되고 있다. 기술 개발 전략은 장비업체, 통신업체, 연구소 등이 컨소시엄을 구성하여 개방·협업형 R&D로 추진하며, 개방형 구조를 지향한다.

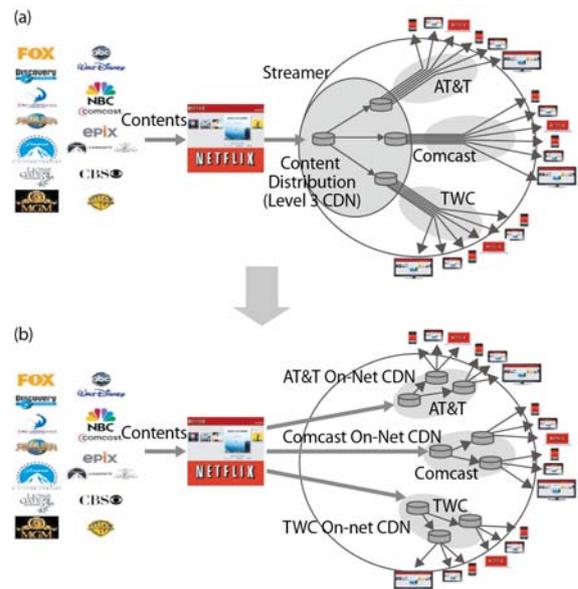
III. 기술동향

1. Operator CDN

기존 인터넷에서 콘텐츠를 효율적으로 전달하기 위한 CDN(Content Delivery Network) 기술 및 관련 사업은 Akamai[7], CDNetworks[8]와 같은 CDN 사업자에 의해 주도되어 왔다. 이러한 CDN 기술은 기존 통신사업자와는 별도의 분배 네트워크를 구성하고 각 ISP 또는 국가별로 존재하는 데이터센터에 에지 서버를 두어 콘텐츠 캐싱 및 트래픽 분산을 수행하는 방법으로 콘텐츠를 전달하는 것이다.

그러나 이러한 기술은 구조적으로 통신사업자 네트워크 내의 효율적인 콘텐츠 전달과는 관련이 적다. 이에 따라서 최근 통신사업자들은 사업자 네트워크 내에서 효율적인 콘텐츠 전달을 수행하기 위한 방법을 찾고 있으며, 관련 기술 및 표준화 활동들이 최근 들어 활발히 진행되고 있다.

Operator CDN은 통신사업자가 보유한 네트워크 인프라를 활용하여 차별화된 서비스를 제공하고자 하는 목적을 갖고 있으며, 통신사업자는 자사의 가입자에게 operator CDN을 통해 OTT(Over-The-Top) 또는 CP(Content Provider)의 콘텐츠를 고품질로 전달해 주고자 하는 것이다. OTT/CP는 통신사업자에게 operator CDN에 대한 서비스 이용료를 내며, 통신사업자는 전달비용과 백본 및 백홀 증설비용을 절감할 수 있는 상생 협력이 가능한 비즈니스 모델을



(그림 5) 기존 콘텐츠 전달 구조(a)와 Operator CDN의 콘텐츠 전달 구조(b) 비교

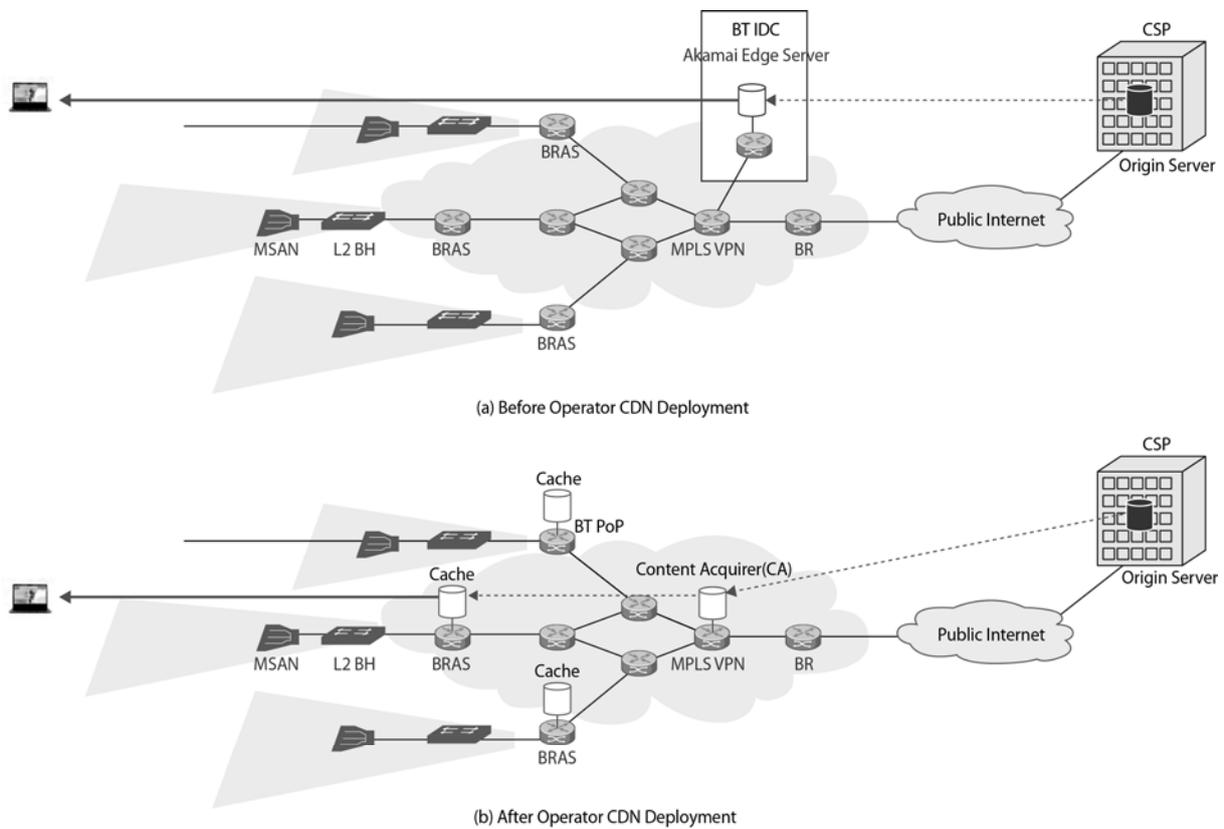
갖게 된다(그림 5) 참조).

상기와 같은 구조 및 모델은 OTT/CP와 통신사업자 간의 상생 모델 초기형태라 볼 수 있다. BT(British Telecom)에서는 2011년부터 WCC(Wholesale Content Connect) 서비스 제공을 시작하였다. 이는 OTT video의 효율적인 전달을 통하여 네트워크 대역폭 절감, edge cache와 QoS를 통한 고품질 영상 전달을 목적으로 하는 operator CDN 사업이다.

(그림 6)과 같이 BT operator CDN은 (1) Service router, (2) Edge server(cache, IS), (3) Cache(CA)로 구성되며, pull 방식(dynamically cached)으로 동작하고, progressive download와 HTTP adaptive streaming을 지원하고 있다.

2. 표준화 기술동향

CDN 간의 연동 프로토콜을 표준화하는 IETF CDNI WG은 2011년 7월에 첫 회의를 시작하였다. CDN 사이의 연동 기술 표준은 CDN 서비스의 영역 확장 및



(그림 6) BT의 Operator CDN 개념

CDN 오프로드(offload), CDN 성능 향상 등에 활용이 가능하다.

IETF DECADE WG은 In-network 스토리지 서비스와 이를 지원하는 프로토콜에 대한 요구사항을 규격화하고 있으며, DECADE WG에서 다루는 In-network 스토리지 서비스는 대상 데이터와 관련한 In-network 스토리지의 접근제어 및 자원제어 정책 서비스뿐 아니라 저장, 검색, 관리 서비스까지 포함하고 있다.

IEEE NGSON 프로젝트는 발전된 서비스 수준의 라우팅 기능을 전달 망에 독립적으로 제공할 수 있는 IP 기반 서비스 오버레이 네트워크 프레임워크 표준화 작업을 진행 중이다.

ITU-T DSN(Distributed Service Networking)은

ITU-T SG13에서 진행 중인 표준으로, 이중 분산 환경에서 P2P CDN, P2P 캐시, 분산 스토리지를 제공하기 위한 개방형 서비스 오버레이 네트워크 표준 규격 작업을 진행 중에 있다.

ITU-T SON-NGN(Service Overlay Network framework using Next Generation Network)은 SG13/Q.24에서 진행 중인 표준으로서, NGN 전송망을 통해 모든 유형의 응용 서비스가 제공될 수 있도록 하는 가상 또는 논리적인 서비스 네트워킹 기능을 정의하고 있다.

3. 콘텐츠 전달 네트워킹 연구 동향

미국 버클리 대학의 Teemu Koponen을 중심으로 진행된 연구 프로젝트인 DONA(Data-Oriented Net-

work Architecture)는 콘텐츠 중심의 새로운 인터넷 서비스를 위해 공개키 구조(public key infrastructure: PKI)를 기반으로 보안성에 중점을 둔 새로운 콘텐츠 식별 체계를 제안하고 있다[9].

PARC의 Van Jacobson을 중심으로 진행되고 있는 연구 프로젝트인 CCN(Content Centric Networking) 역시 콘텐츠 중심의 새로운 인터넷 구조를 제안하고 있다. CCN 기술은 IP 대신 콘텐츠 데이터의 이름을 사용하여 라우팅을 수행하고 일대일 호스트 통신이 아닌 콘텐츠 생성자/배포자, 콘텐츠 소비자 개념으로 콘텐츠를 배포하게 된다[10].

Publish-Subscribe Internet Technology(PUR-SUIT) 연구 프로젝트는 유럽의 FP7 산하 프로젝트로 publish-subscribe 네트워킹을 기반으로 하는 콘텐츠 중심의 새로운 인터넷 구조를 연구하고 있다. 핀란드 헬싱키 대학이 주도하고 BT 등이 참여하고 있다[11].

상기 DONA, CCN, PURSUIT 연구 프로젝트는 현재 인터넷 구조에 근본적인 문제를 제기하고 새로운 혁신적 접근(clean-slate approach) 방식의 인터넷 구조에 대하여 연구하는 것으로서 이를 기존 인터넷에서 수용하기 위해서는 이를 접목하는 방안이 필요할 것이다.

4. 클라우드 네트워크 기술

클라우드 센터를 위한 네트워크에 관한 연구는 미국을 중심으로 연구개발이 진행 중이다. 특히 클라우드 네트워크는 미국의 VMware, Cisco Systems, HP 등의 산업계와 연구계의 Internet2, GENI 등의 프로젝트 등을 통해 활발한 연구가 진행되고 있다.

데이터센터 내의 컴퓨터, 스토리지, 네트워크를 최적으로 조합하고 가상화 소프트웨어를 적용하여 대규모의 가상 컴퓨팅 환경(virtual computing environment)을 구축할 수 있도록 Cisco Systems, VMware,

EMC가 협력하여 Vblock이라는 통합 솔루션을 출시하였으며, 이는 사설 클라우드를 위한 소형화된 일체형 클라우드 컴퓨팅 솔루션을 제공한다.

한편 Alcatel-Lucent는 클라우드 컴퓨팅 서비스에 서 네트워크의 성능 보장이 가능하도록 네트워크와 밀접하게 동작하는 클라우드 서비스 솔루션으로 CloudBand를 제안하고 있다. FP7 SAIL 프로젝트 내 Cloud Networking 과제에 참여하여 활동 중이며, 기본적으로 분산된 지역 데이터센터 모델을 가정하고 이를 QoS 보장형 네트워크를 이용하여 유기적으로 연결하는 방식으로 접근하고 있다.

5. 통신사업자-서비스사업자 협력 기술

IETF ALTO(Application Layer Traffic Optimization) WG에서는 2008년 8월부터 인터넷 서비스들이 광대역/고품질 서비스 제공이 가능하도록 망사업자의 네트워크 자원을 협력 기반으로 효율적으로 이용하는 방안에 대한 표준을 진행 중이며, 응용 계층(Layer 7)에서 트래픽 전달을 최적화하여 응용 서비스의 성능을 개선하고 네트워크 트래픽을 감소시키기 위한 기술 표준화를 진행하고 있다[12].

유럽 Next P2P 프로젝트에서는 EU로부터 1,900만 유로를 지원받아 NG IPTV를 위한 P2P 기술을 연구하고 있으며, BBC, 유럽 방송 연합회, 핀란드 VTT Technical Research Center 등이 참여하고 있다[13].

미국 P4P(Proactive network provider participation for P2P)는 Verizon과 Pando Networks에 의해 DCIA 내에 창설되었다. 여기에는 AT&T, BitTorrent, Cisco Systems, Grid Networks, Joost, LimeWire, Manatt, Pando Networks, RawFlow, Telefonica Group, VeriSign, Verizon, Washington Univ., Yale Univ.가 참여하고 있다[14].

IV. 추진사업

KCC는 스마트노드 기술개발에 대하여 3단계로 추진전략을 세우고 1단계 서비스노드에서는 효율적인 콘텐츠 유통 및 트래픽 폭증 조기 대응을 위한 사업을 2011년에 시작하였다[6].

또한 국내 ICT 산업 생태계의 조기 혁신 및 스마트 장비 시장 선점을 위하여 3단계 완전통합형 스마트노드의 프로토타입 시스템 개발을 위한 사업을 2012년에 착수하였다. 이는 앞서 설명한 수익-투자 분리 심화 등 ICT 생태계 현안 문제해결과 스마트노드 및 관련 장비 산업 경쟁력 확보를 위해 개방형 플랫폼 기술을 확보하고자 하는 것이다.

1. 콘텐츠 중심 네트워킹 기술

가. 기술 개요

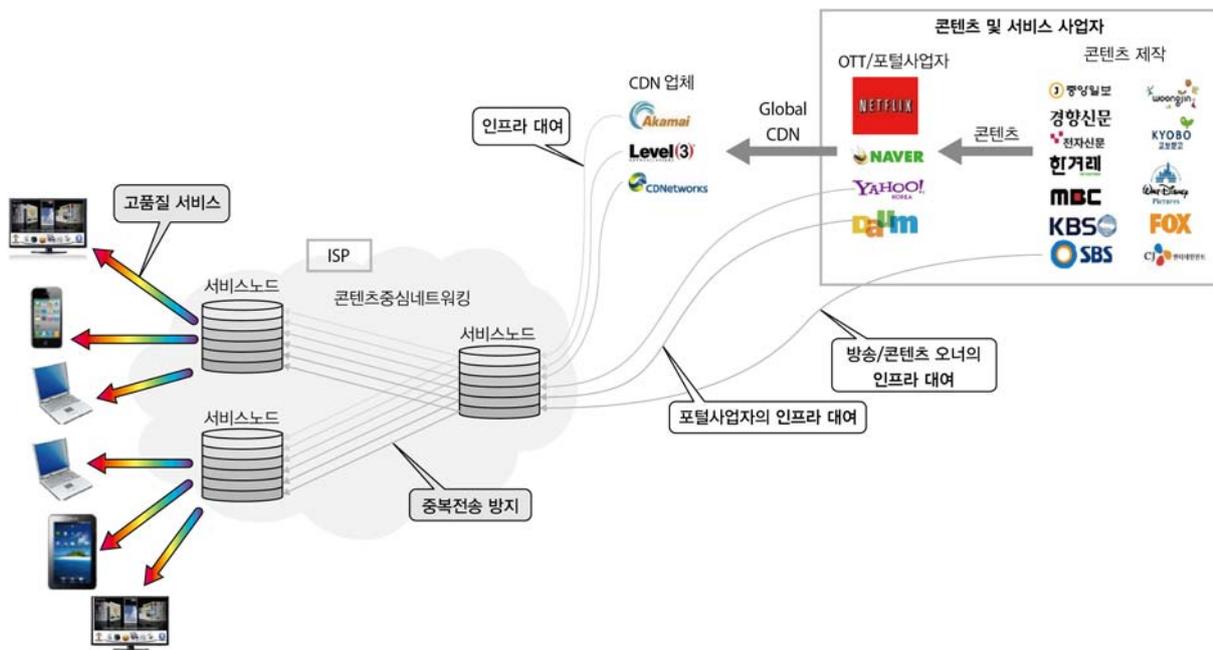
콘텐츠 유통 효율화를 위해서는 단순한 패킷 네트워크 장비가 아닌 콘텐츠를 이해하고 이를 효율적으로

로 전달하는 노드가 필요하다. 이를 위해서 “클라우드 네트워킹 및 콘텐츠 중심 네트워킹을 위한 스마트노드 기술개발 사업”이 추진 중 이다. 이 사업에서는 분산된 클라우드 센터 간의 연결을 고도화하기 위한 클라우드 네트워킹에 대한 기술 확보 및 검증을 수행하며, 콘텐츠 전달을 효율적으로 제공하기 위한 콘텐츠 서비스노드 기술개발을 목표로 한다.

콘텐츠 서비스노드는 통신사업자와 콘텐츠 및 서비스 사업자 그리고 서비스 이용자 모두의 요구사항을 만족하여야 한다.

콘텐츠 서비스노드를 사용하게 되면 통신사업자의 네트워크 자원을 콘텐츠 및 서비스 사업자에게 제공하고 통신사업자의 수익을 창출할 수 있도록 해야 하며, 콘텐츠 및 서비스 사업자에게는 별도의 네트워크 구축 없이 콘텐츠 전달 인프라를 보유할 수 있도록 하여 차별화된 서비스를 제공할 수 있도록 하며, 서비스 이용자에게 고품질의 서비스를 제공할 수 있어야 한다(그림 7) 참조.

이를 위하여 콘텐츠 서비스노드는 콘텐츠를 효과적



(그림 7) 콘텐츠 서비스노드 활용 예

으로 전달하고 캐싱하여 콘텐츠 중복전송을 방지함으로써 네트워크 구축 비용을 절감시키고, 서비스 이용자에게 근접한 위치에서 콘텐츠를 서비스하여 이용자의 품질을 보장하도록 구성된다.

콘텐츠 서비스노드는 다양한 콘텐츠 라우팅, 스트리밍 방법을 독립적으로 사용할 수 있도록 하여 기존의 CDN 사업자 및 OTT 사업자, 콘텐츠 및 서비스 사업자가 손쉽게 이를 대여할 수 있도록 하며, 네트워크 정보를 제공함으로써 각 사업자가 보다 효과적으로 서비스할 수 있는 환경을 제공한다.

클라우드 네트워킹을 위한 기술은 데이터센터와 사용자 간 또는 데이터센터 간에 고신뢰 멀티 패스 연결을 제공하면서 동적으로 가상 네트워크를 만들어 클라우드 사업자에게 인프라를 제공할 수 있는 기능을 연구한다. 이 사업에서는 이러한 기능을 위하여 고신뢰 전송, 사용자 정의 정책 적용 및 가상 제어평면

기술을 통한 핵심기술 확보 및 개념 검증을 수행하고 있다.

나. 주요 기술

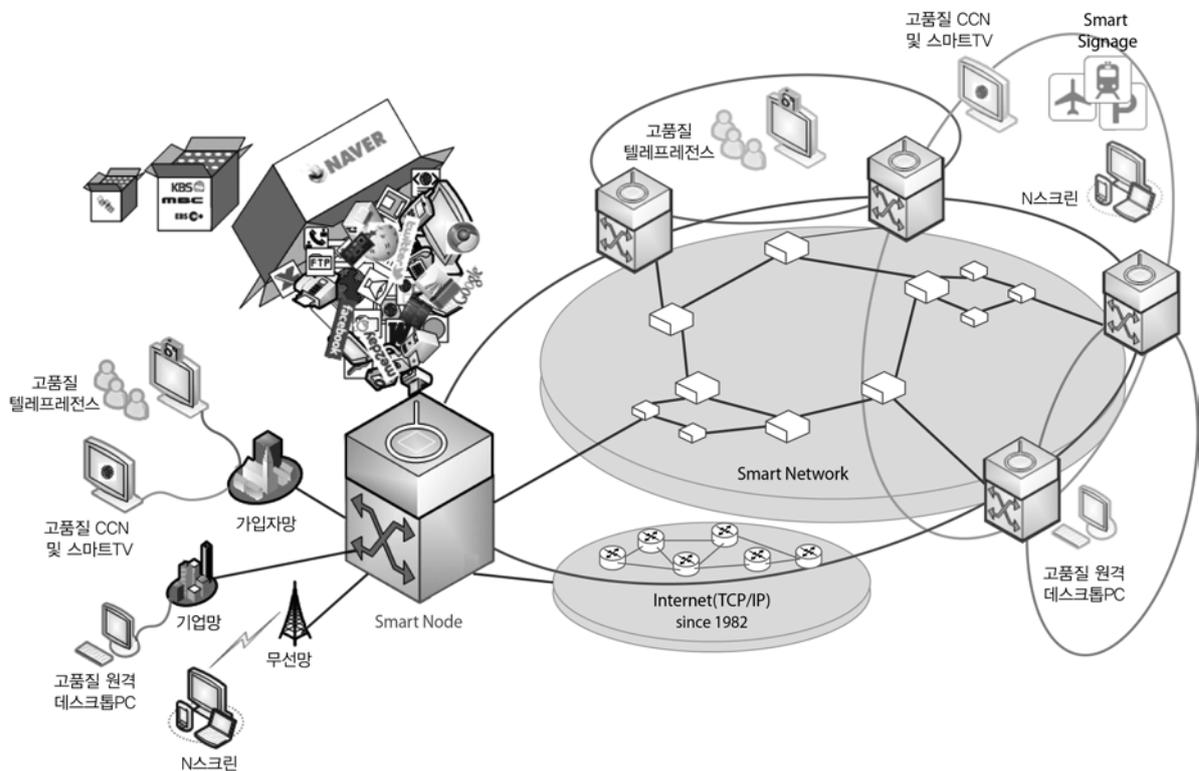
콘텐츠 서비스노드를 위해서 핵심적으로 확보해야 하는 기술은 다음과 같다.

- ICN(Information Centric Network) 기반 콘텐츠 라우팅 및 프로토콜 기술
- 노드 부하 분산 및 과부하 방지 기술
- Proximity 기반 GSLB/Request Routing 기술
- ICN 기반 ALTO+ 기술

2. 스마트노드 기술

가. 기술 개요

스마트노드 기술개발을 위하여 “고화질 영상 서비



(그림 8) 스마트네트워크 개념

스 지원을 위한 컴퓨팅 내재형 미디어 융합 전달 시스템 기술 개발 사업”이 착수되었다.

컴퓨팅 내재형 미디어 융합 전달 시스템기술은 B2B 협업 생태계 구축 및 IT 장비 산업의 활성화 등 스마트 네트워크 기술 주도과 고품질 영상서비스, 스마트 사이니지, 클라우드 방송서비스 등 융합서비스 활성화를 목표로 서비스 사업자에게 네트워크, 서버, 스토리지, 미디어처리, 단말 등의 가상 인프라를 맞춤형으로 제공하는 스마트노드 플랫폼 기술이다((그림 8) 참조).

기존 네트워크에서는 네이버, 페이스북, YouTube 등과 같은 콘텐츠 사업자들이 각기 독자적인 서버를 구축하고 이를 기반으로 가입자 관리, 미디어 처리를 수행하고 있으며, 서비스 스위칭 장비를 각각 자체적으로 확보하여 인터넷을 통하여 서비스를 제공하고 있다. 그러나 스마트 네트워크에서는 네트워크의 기능을 고도화시켜 서비스 및 콘텐츠 기능을 네트워크에서 제공함으로써 콘텐츠 사업자들이 개발한 서비스를 쉽게 사업화 가능하도록 만들어 주는 환경구축을 목표로 한다((그림 9) 참조).

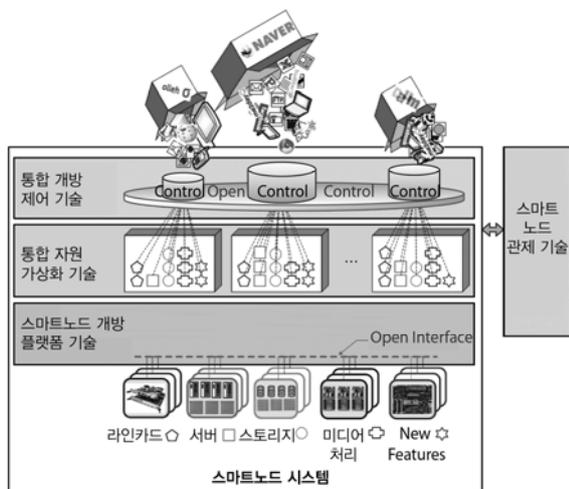
이러한 스마트 네트워크를 구성하기 위한 핵심 장

비인 융합 전달 시스템(스마트노드 플랫폼)은 비즈니스 사업자들에게 네트워킹 기술을 포함한 ‘통합형 단말-네트워크-컴퓨팅 자원’으로 구성된 유연한 가상 인프라를 제공하여 프리미엄 IT 서비스를 만들 수 있도록 하는 시스템이다.

나. 주요기술

융합 전달 시스템은 통합 개방 제어 기술, 통합 자원 가상화 기술 및 스마트노드 개방 플랫폼 기술의 3 가지 핵심기술로 구성되며 각각의 주요 기능은 다음과 같다.

- 통합 개방 제어 기술: 가상 자원의 제어평면 분리를 통해 다양한 사용자들이 스마트노드의 자원을 사용할 수 있도록 함.
- 통합 자원 가상화 기술: 스마트노드의 자원인 네트워크, 컴퓨팅, 미디어 프로세싱 자원을 사용자의 필요에 맞게 구성할 수 있도록 함.
- 스마트노드 개방플랫폼 기술: 국내외 중소기업의 장치 접속이 가능한 개방형 플랫폼 표준 인터페이스를 통해 다양한 모듈을 스마트노드 플랫폼으로 수용함.



(그림 9) 스마트노드 시스템 개념 구조도

V. 결론

전 세계적으로 인터넷은 현대 사회에서 필수 인프라로서 자리매김하고 있다. 그러나 인터넷이 널리 사용됨으로써 다양한 문제가 발생하였으며, 이를 해결하고자 하는 노력이 전 세계적으로 추진되고 있는 상황이다.

국내의 경우는 네트워크 주요 장비에 있어서 외국 대형벤더에 의존성이 강하며, 미래인터넷에 대한 연구도 많이 뒤쳐져 있는 상황이다. 특히, 국내 장비벤더는 국제 경쟁력을 상실한 상태로서 이를 해결하는

것이 시급한 문제가 되고 있다. 또한 인터넷 특성상 통신사업자 수익성에 문제를 가져옴으로서 지속적인 투자 및 성장에 한계를 가져오고 있는 상황이다.

본고에서는 이러한 다양한 문제를 해결하기 위해 KCC에서 수립한 “미래를 대비한 인터넷 발전계획”을 살펴보았으며, 관련 기술동향과 더불어 현재 KCC에서 추진 중인 기술개발 사업을 정리하여 소개하였다.

용어해설

스마트노드 네트워크 장비의 데이터 전달 및 서버의 데이터 저장, 프로세싱 기능을 동시에 제공하는 차세대 다목적 네트워크 장비

약어 정리

ALTO	Application Layer Traffic Optimization
BT	British Telecom
CA	Cache
CCN	Content Centric Networking
CDN	Contents Delivery Network
CP	Contents Provider
DONA	Data-Oriented Network Architecture
DSN	Distributed Service Networking
GSLB	Global Server Load Balancing
ICN	Information Centric Network
ICT	Information & Communication Technology
KCC	Korea Communications Commission
OTT	Over-The-Top
P4P	Proactive network provider participation for P2P

PKI	public key infrastructure
PURSUIT	Publish-Subscribe Internet Technology
SON-NGN	Service Overlay Network framework using Next Generation Network
WCC	Wholesale Content Connect

참고문헌

- [1] Cisco, “Cisco Visual Networking Index: Forecast and Methodology, 2010-2015,”. http://www.cisco.com/en/US/solutions/collateral/ns341/ns525/ns537/ns705/ns827/white_paper_c11-481360_ns827_Networking_Solutions_White_Paper.html
- [2] 방송통신위원회, “미래를 대비한 인터넷 발전전략”, 2011. www.kcc.go.kr
- [3] 이영석, “KT 스마트네트워크 구현전략”, 스마트네트워크 워크숍, 2011, pp. 49-56.
- [4] 김태완, “LGU+ 스마트네트워크 개발현황”, 스마트네트워크 워크숍, 2011, pp. 70-79.
- [5] 송진한, “스마트네트워크를 위한 SKT AOM 기술”, 스마트네트워크 워크숍, 2011, pp. 97-103.
- [6] 방송통신전파진흥원, “방송통신 기술 로드맵(요약)”, 2011. www.kca.kr
- [7] Akamai. www.akamai.com
- [8] CDNNetworks. www.cdnetworks.co.kr
- [9] T. Kaponen et al., “A Data-Oriented (and Beyond) Network Architecture,” *ACM SIGCOM Comput. Commun. Review*, vol. 37, no. 4, Oct. 2007.
- [10] V. Jacobson et al., “Networking Named Content,” NEXT, 2009.
- [11] Publish-Subscribe Internet Technology. <http://www.p7-pursuit.eu/PursuitWeb/>
- [12] <http://datatracker.ietf.org/wg/alto/>
- [13] <http://www.p2p-next.org/>
- [14] <http://www.pandonetworks.com/p4p>