

고품질 미디어 콘텐츠 전달을 위한 스마트 네트워크 구현

박춘걸* · 이영석** · 주영도***

An Implementation of Smart Network for High-Quality Media Contents Delivery

Choon-Gul Park* · Young-Seok Lee** · Young-Do Joo***

요 약

최근 인터넷 환경은 기존 웹 중심에서 고품질 멀티미디어 콘텐츠 중심으로 변화하고 있으며, 이에 따라 네트워크가 전달해야 할 트래픽에서 비디오 콘텐츠 및 파일공유 트래픽이 차지하는 비중이 급격히 늘어나고 있다. 따라서 네트워크 사업자는 대용량 비디오 콘텐츠 트래픽의 수익화 연계가 가능한 Smart Pipe를 위한 방안으로 고품질 미디어 콘텐츠 전달 기능이 추가된 스마트 네트워크로의 전환을 추진하고 있다. 스마트 네트워크는 콘텐츠 중심 네트워크(Content-Centric Network)의 개념을 현재의 IP 네트워크 위에서 오버레이 형태로 콘텐츠를 인지하여 콘텐츠별 최적 네트워크 자원을 할당하고 네트워크 사업자의 네트워크 제어능력을 추가하여 End-to-End로 고품질 콘텐츠 전달이 가능하도록 하는 기술이다. 본 논문에서는 스마트 네트워크를 구현하기 위한 구조 및 주요기능과 시험망을 통한 결과를 제안한다.

ABSTRACT

Recently, the weight of high-quality multimedia contents is explosively growing out of the network total traffic. This steep increase of media contents to require huge traffic does not contribute to the generation of revenue streams and it leads to the situation of dumb pipe to trouble network providers into the big burden of investment on the network expansion. Accordingly, the transfer to the smart network to enable the effective delivery of large-scale media is imminently challenging issue to the network providers to seek the profitable business. The smart network revolves around the technologies to enhance end-to-end quality and fair usage with network resources and to optimize the traffic for the contents delivery over the concept of Content-Centric Network. In this paper, we propose an architecture and fundamental functions suitable for the smart network and suggest improved test results through the construction of an experimental network.

키워드

Smart Network, Content-Centric Network, Content Delivery Network, Application Layer Traffic Optimization
스마트 네트워크, 콘텐츠 중심 네트워크, 콘텐츠 전달 네트워크, 응용계층 트래픽 최적화

1. 서 론

스마트폰, 태블릿 등 스마트 단말의 폭발적인 증가

는 오프라인으로 존재하던 영화, 비디오 등 멀티미디어 콘텐츠를 사용자의 손안에서 경험할 수 있도록 변화시키고 있으며, 이를 기반으로 콘텐츠 제작에서 유

* kt 유무선네트워크연구소(peter.park@kt.com)

** 충남대학교 전기정보통신공학부(lee@cnu.ac.kr)

*** 교신저자 : 강남대학교 컴퓨터미디어공학부(ydjoo@kangnam.ac.kr)

접수일자 : 2012. 10. 15

심사(수정)일자 : 2012. 12. 28

게재확정일자 : 2013. 01. 21

통, 소비까지의 콘텐츠 미디어 생태계가 인터넷으로 이동되어 모든 미디어가 이제는 온라인을 통해서 유통되는 새로운 시대를 맞이하고 있다.

2011년 Ericsson Consumer Lab이 13개국 13,000명을 대상으로 한 TV와 VoD 이용시간 통계에 따르면 인터넷 콘텐츠 다운로드 및 스트리밍 이용의 증가로 총 이용시간에서 VoD가 차지하는 비율이 30~40%를 차지하는 것으로 나타나고 있다. 특히, PC를 통한 비디오 시청이 우세한 가운데 Full-length 동영상 시청의 경우에 스마트 TV나 태블릿 등의 스마트 단말의 이용이 두드러지게 늘어나고 있다[1].

또한, 2012년 Cisco의 예측에 의하면, 2016년 사용자 IP 트래픽은 96 엑사바이트로 기업 IP트래픽 13 엑사바이트의 7배가 되고, 특히 사용자의 모바일 데이터가 유발하는 트래픽은 매년 78%로 급증할 것이라고 한다. 인터넷 트래픽 중 인터넷 비디오, IP VoD, 비디오 파일공유, 비디오 스트리밍 게임, 영상회의 등 비디오가 가장 많은 비중으로 2016년 전체 IP 트래픽의 85%까지 증가할 전망이다[2].

그러나, 현재의 IP 네트워크는 단순 콘텐츠 전달에 최적화된 네트워크로 이와 같이 급격히 증가하는 트래픽 증가와 고품질 미디어 콘텐츠 전달에 대한 서비스 요구사항을 만족시키기에는 부적합하다. 이에 따라 네트워크 사업자는 다양한 단말의 등장 및 대용량 비디오 콘텐츠의 증가에 의한 유무선 트래픽 폭증에 대비하고, 늘어나는 트래픽을 수익과 연계시키기 위한 방안으로 스마트 네트워크로의 진화를 추진하고 있다.

본 논문에서는 콘텐츠 중심의 네트워크 환경에서 현재의 IP 네트워크가 가진 문제점을 네트워크 사업자의 관점에서 살펴보고, 고품질 미디어 콘텐츠 전달에 최적화된 스마트 네트워크의 구조 및 구현방안을 제시하고자 한다.

II. 스마트 네트워크 요구사항

최근 수년 간 인터넷 트래픽은 연 35% 증가를 보이고 있으며, 특히 실시간 대용량 멀티미디어 서비스의 증가가 두드러져 2015년까지 4배 이상의 증가가 예상된다. 이에 따라 인터넷 사업자 및 콘텐츠 제공 사업자가 주도하는 인터넷 서비스 환경에서 네트워크

는 단순한 패킷 전달의 역할에 머무르고 있다. 즉, 3rd party 사업자는 네트워크에 트래픽을 일으키고 수익을 올리고 있으나 네트워크 투자비용에 대한 부담은 이루어지고 있지 않아 네트워크 사업자의 수익성은 급격히 악화되고 있는 상황이다. 이는 네트워크 투자의 축소로 이어져 Content, Platform, Network, Terminal 사업자간 갈등을 야기하는 원인이 되고 있다. 이에 따라 현재의 단순 전달 역할에 최적 구조인 네트워크를 3rd party 사업자와 개방과 협력을 통해 트래픽 증가를 수익으로 전환하기 위한 네트워크의 전환이 필요한 상황이다.

또한, 최근 다양한 콘텐츠를 스마트 단말들을 통해 고화질 실시간 스트리밍 형태로 서비스 받기를 원하는 사용자의 요구가 증가하고 있다. 그러나, 현재의 IP 네트워크는 Best Effort 구조를 가지고 있어 이를 통해 3D, Full HD 등 고품질 비디오 콘텐츠에 대한 실시간 스트리밍 서비스 제공은 QoS 보장 측면에서 한계를 드러내고 있다. 따라서 현재의 IP 네트워크에서 비용 효율적으로 고품질 비디오 트래픽을 전달하기 위해 최적화된 구조로의 진화가 필요하다[3,4,5].

한편 고품질 콘텐츠 전달의 요구사항은 Akamai와 같은 글로벌 CDN(Content Delivery Network) 사업자의 성장을 가져왔다. Akamai는 전 세계 70여 개국 1,000여개 ISP망에 연결된 10만개 서버를 기반으로 Cloud 및 Hybrid 네트워크 사업의 진출로 통신사업자의 시장을 잠식 또는 경쟁하고 있다.

그림 1은 이와 같은 현재 네트워크 문제의 인식을 기반으로 스마트 네트워크로의 진화에 수반되는 요구사항을 도식화하여 정의하고 있다[6,7].

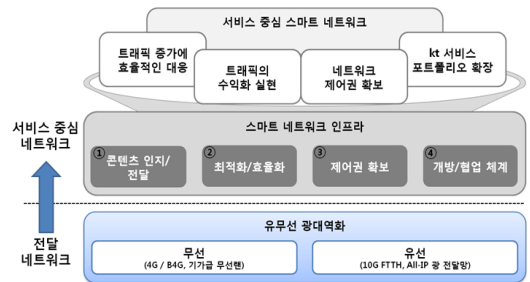


그림 1. 스마트 네트워크 요구사항
Fig. 1 Requirements for smart network

- 콘텐츠 인지/고품질 전달 : 콘텐츠를 인지하여 저장, 관리, 전송 및 가공함으로써 전송품질의 보장 및 고객 편의 증진
- 최적화/효율화 : 네트워크 정보 활용 및 자원가상화로 자원 활용 극대화
- 제어권 확보 : 네트워크 및 ICT 자원 제어권 확보
- 개방/협업 체계 : 네트워크 간 연동, 네트워크와 IT 기술간 융·복합 서비스 창출 및 개방형 생태계(Open Ecosystem)를 통한 수익 창출 기회 제공

III. 스마트 네트워크 설계

스마트 네트워크는 콘텐츠 및 서비스 전달에 최적화된 네트워크로 콘텐츠 인지 및 저장이 가능하며, 네트워크 사업자와 인터넷 사업자 간 개방형 에코환경 구현을 통해 수익 공유가 가능한 네트워크이다. 서비스 및 네트워크 계층이 결합되어지고 콘텐츠 라우팅 기능을 도입하여 동일 콘텐츠가 중복으로 전달되는 것을 방지함으로써, 네트워크 자원을 효율적으로 사용하는 기능을 제공한다. 스마트 네트워크의 특성은 트래픽 지역화를 통한 백본 구간의 가용대역폭 확대, 유연한 콘텐츠 전달을 위한 동적 캐싱과 콘텐츠의 위치 파악 및 빠른 검색을 위한 콘텐츠 라우팅이다[8,9]. 그림 2는 스마트 네트워크의 기본적인 구조를 보여준다.



그림 2. 스마트 네트워크 구조
Fig. 2 Smart network architecture

3.1 스마트 게이트웨이

스마트 게이트웨이(SG: Smart Gateway)는 근접성(Proximity)과 토폴로지(Topology) 정보 등 네트워크 정보를 이용하여 최적화된 전달경로를 결정하고, 이중 사업자 네트워크와의 연동을 통해 여러 네트워크를 하나의 오버레이(Overlay) 네트워크로 통합하는 네트

워크 구성 요소이다. 스마트 게이트웨이는 다음과 같은 기능 모듈로 구성되며, 그림 3에 도식화되어 있다.

- 서비스 라우팅: 네트워크 Proximity를 고려하여 최적의 SN(Smart Node)으로 라우팅
- 라우팅 정책관리 : Network Proximity 산출을 위한 정책 관리 ex> Weight 부여
- 라우팅 정보 수집/분석 : IGP/BGP 정보
- SN 상태 수집/분석: CPU, Disk, Nic Load
- 네트워크 Proximity 정보 산출 : 수집된 정보를 기반으로 Proximity Ranking을 산출
- DHT(Distributed Hashing Table) 관리 데몬: Proximity 정보탐색 용도의 DHT 유지관리 수행

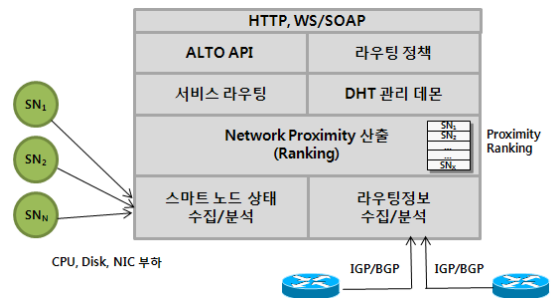


그림 3. 스마트 게이트웨이 기능별 구조
Fig. 3 Functional architecture of smart gateway

3.2 스마트 노드

스마트 노드(SN: Smart Node)는 콘텐츠 분배와 분산 캐싱, 그리고 콘텐츠 기반 라우팅 정보 교환을 통해 가입자의 요청에 따라 콘텐츠를 제공하는 네트워크 구성 요소이며, 가상화 기술을 적용함으로써 분산 클라우드 인프라의 역할 수행이 가능하다. 스마트 노드는 다음과 같은 기능 모듈로 구성되며 그림 4에 나타나 있다.

- 가상화 : 서버, 스토리지, 네트워크 자원 가상화
- 동적 콘텐츠 캐싱(Dynamic Caching) : 자주 사용하는 콘텐츠에 대해 동적으로 캐싱
- 콘텐츠 탐색: 콘텐츠에 대한 DHT를 이용
- 스트리밍: 스트리밍 서비스 제공
- 실시간 SN 정보수집 : 사용자의 사용기록을 Mining 서버로 전송
- 최적 SN Peer 결정 : 콘텐츠를 Caching하고 있는 노드들 중 최적 노드를 선택

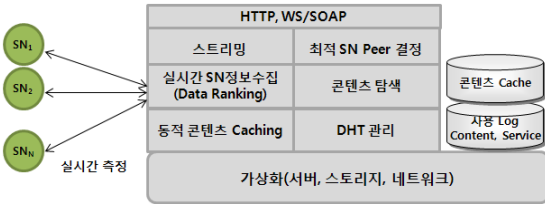


그림 4. 스마트 노드 기능별 구조
Fig. 4 Functional architecture of smart node

3.3 스마트 플랫폼

스마트 플랫폼은 스마트 네트워크 자원 사용을 위한 개방형 인터페이스 및 네트워크 자원의 E2E 최적화를 위한 제어/관리 기능을 제공하는 시스템이다. 스마트 포털, 콘텐츠 관리, 자원 가상화, 부가서비스 기능 등을 제공하기 위해 스마트 플랫폼은 다음과 같은 기능 블록을 가진다.

- 개방협력(Open/Collaboration) 포털: 3rd Party 사업자와의 협력 및 SLA와 관련된 개방형 인터페이스, 사용자 인증/권한 관리, Billing 제공
- 서비스 Enablement: SDP 및 SOA 기술 적용을 통해 다양한 고객의 니즈 및 서비스 변화에 대한 신속/유연한 서비스 조합 기능 제공
- 관리(Management) : 사용자에게 SLA 모니터링 및 Billing 기능 제공
- 다중 계층 구조(Multi-layered Architecture) : 비즈니스 및 고객 관점의 편리하고 효율적인 인터페이스 제공을 위해 Business, Service, Network 지향적 기능 모듈 제공

IV. 콘텐츠 전달 서비스 흐름

스마트 네트워크가 구축된 환경에서 외부 콘텐츠 제공 사업자와 협력을 통하여 고품질 미디어 콘텐츠의 안정된 전달이 가능해야 한다[10-13]. 본 절에서는 스마트 네트워크에서 요구되는 콘텐츠의 수급 및 콘텐츠 전달 서비스 흐름의 구현 방안을 제시한다.

4.1 콘텐츠 디스크립터(Descriptor) 배포

3rd Party 사업자가 스마트 네트워크를 통해 콘텐츠를 유통시키기 위해서는 콘텐츠에 대한 기본정보를 스마트 플랫폼이 제공하는 콘텐츠 관리서버 API를

호출하여 등록하여야 한다. 그림 5는 콘텐츠 Descriptor 배포의 예시로서, 콘텐츠제공 사업자가 ‘초능력자’라는 콘텐츠를 배포하고자 할때, 콘텐츠 원본은 Media Origin에 존재한다. 스마트 네트워크는 콘텐츠의 Descriptor를 DHT 해싱을 통해 선정된 스마트 노드에 저장한다. 해당 콘텐츠 Descriptor는 실제 콘텐츠 저장 위치인 Media Origin을 참조하도록 생성된다. 콘텐츠 Descriptor 배포 과정은 그림 5에서 나타난 순서대로 콘텐츠 등록 Descriptor(‘초능력자’) 배포, 콘텐츠 등록 Open API 호출/등록, 스마트 게이트웨이의 API 호출/등록 그리고 DHT(‘초능력자’) 검색 후 콘텐츠 Descriptor 등록으로 이루어진다.

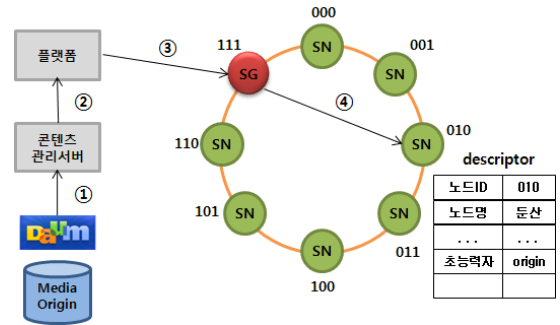


그림 5. 콘텐츠 디스크립터 배포
Fig. 5 Content descriptor distribution

4.2 콘텐츠 전달 흐름(최초 캐싱)

사용자가 외부 콘텐츠 제공 사업자의 포털에서 콘텐츠를 요청하는 경우, 사용자의 요청은 스마트 네트워크 내의 어떤 스마트 노드가 사용자에게 콘텐츠를 제공하기에 최적의 위치에 있는지를 판단한 후 스마트 네트워크 내에 저장된 콘텐츠 Descriptor를 찾아 콘텐츠의 위치를 확인하게 된다. 사용자의 최초 요구시에 콘텐츠의 Descriptor는 Media Origin을 참조하고 있기 때문에 선택된 스마트 노드는 Media Origin에서 콘텐츠를 다운로드 받아 사용자에게 제공하고 해당 콘텐츠를 스마트 노드에 캐싱(caching)한 후 콘텐츠 Descriptor에 캐싱된 노드의 위치를 기록한다.

그림 6은 스마트 노드에 캐싱되지 않는 콘텐츠에 대한 요청이 발생한 경우의 콘텐츠 전달 흐름을 과정보로 보여준다.

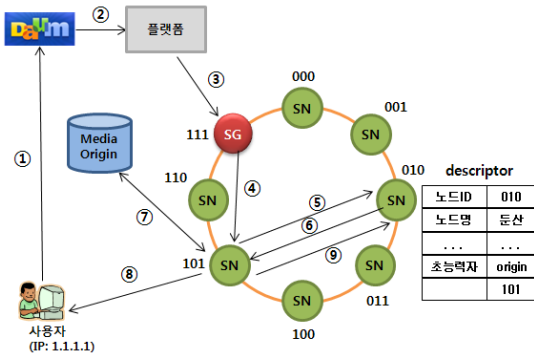


그림 6. 콘텐츠 전달 흐름(최초 캐싱)
Fig. 6 Content delivery flow for initial caching

4.3 콘텐츠 전달 흐름(캐싱된 콘텐츠)

그림 7은 스마트 네트워크에 캐싱된 콘텐츠를 사용자가 요청하는 경우의 콘텐츠 전달 흐름을 보여준다. 사용자의 요청에 대해 사용자의 위치를 고려하여 최적의 스마트 노드가 선택되고 해당 스마트 노드는 DHT를 이용하여 해당 콘텐츠의 Descriptor를 탐색하고 가장 가까운 위치에 있는 캐싱된 콘텐츠를 다운로드하고 사용자에게 전달하게 된다. 이후 해당 콘텐츠를 스마트 노드에 캐싱한 후에 Descriptor에 캐싱된 위치를 저장하게 된다.

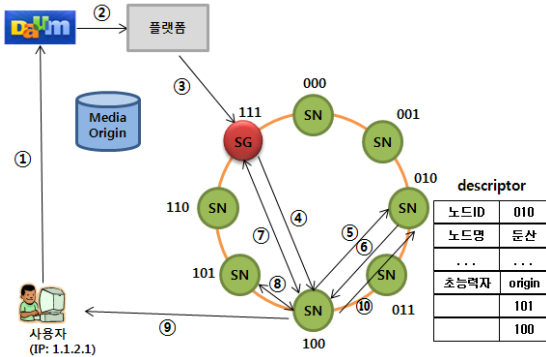


그림 7. 콘텐츠 전달 흐름(캐싱된 콘텐츠)
Fig. 7 Content delivery flow for cache hit in network

이 과정에서 특징적인 것은 Descriptor에 기록된 스마트 네트워크 내 캐싱된 콘텐츠의 리스트 중에서 어떤 복사본을 선택하여 캐싱할 것인가를 결정해야 하는데, 이때 해당 스마트 노드는 스마트 게이트웨이

에 질의하여 Proximity 정보를 수신하고 이를 기반으로 최적 콘텐츠 캐시의 위치를 선택한다.

V. 스마트 네트워크 시험망 구축 및 테스트

지금까지 기술한 스마트 네트워크의 실현 타당성 검증에 위해 그림 8과 같이 전국 4개 지역에 시험망을 구축하고 2개월 간 시험을 추진하였다. 시험망을 위한 시범노드는 수도권 2개소, 대전 2개소로 선정하였고, Origin 서버 2대(저장용량 30 TB), 스마트 노드 12대(노드 당 저장용량 1.5 TB, 2*GE), 스마트 게이트웨이 2대(Active-Standby)를 구성하여 40명의 시범 가입자를 대상으로 목표 서비스를 테스트 하였다.

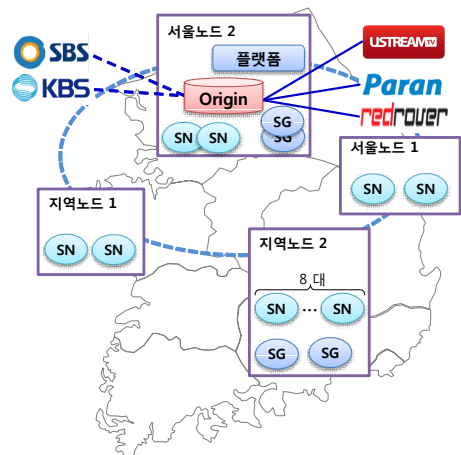


그림 8. 스마트 네트워크 시험망
Fig. 8 Smart network testbed

스마트 네트워크 시험망의 품질 시험을 위해 제공된 주요 서비스는 다음과 같다.

- Full HD Live/VoD Streaming 서비스(3D 포함)
- Download, Web Caching 서비스
- 3D Interactive 교육 서비스(PoC 차원)
- Open Contents Market/VSO용 Platform 서비스
- 실시간, Self Provisionig, 장애/성능감시 서비스

서비스 제공을 지원하기 사용된 Streaming Engine 은 다음과 같다.

- Web Engine(Http Streaming-HLS, SS, Zeri)

- Movie Streamer(RTSP)
- Adobe Flash Media Server(RTMP)
- Windows Media Server(MMS)

표 1은 시험망을 통해 분석한 스마트 네트워크 품질시험의 결과를 요약한 내용으로 일반 CDN에 비해 보다 개선된 속도와 품질 안정성을 보여주고 있다.

표 1. 스마트 네트워크 품질시험 결과 요약
Table 1. Service Quality Test Result

평균응답시간 및 다운로드시간	Legacy CDN	스마트 네트워크(지역분산+QoS)	
		지역노드	Ntopia국사
평균(msec)	2,400	1,130	1,121
상대적 개선도(%)	-	53%	1%
Legacy 대비 개선도	-	53%(1/2로 단축)	54%
표준편차(msec)	400	20	17
상대적 개선도(%)	-	95%	15%
Legacy 대비 개선도	-	95%(1/20로 단축)	96%

VI. 결론

본 논문은 기존 IP 네트워크에 오버레이 형태로 고품질 미디어 콘텐츠 전달이 가능한 스마트 네트워크의 요구사항, 주요 구성요소 설계, 서비스 시나리오 및 시험망 구축에 대하여 기술하였다. 시험 결과는 기존 CDN 사업자 네트워크에 비해 평균 응답시간은 약 2배, Jitter는 약 20배의 성능향상을 보여주었다.

통신사업자들은 이러한 스마트 네트워크 구축을 통해, 기존 CDN 사업자와의 경쟁/협력을 위해 IETF의 CDNi 표준을 채택하여 개별 통신사업자가 구축한 Telco CDN간 Alliance를 통해 스마트 네트워크의 커버리지 확장을 추진하고 있다. 이를 통해 콘텐츠 유통 시장을 확대하고 국제 연동 트래픽 절감 및 안정적인 접속이 가능할 것으로 생각된다. 또한, 현재 유선 네트워크에 적용된 스마트 네트워크를 모바일 영역으로 확장하기 위해 노력도 진행되고 있다.

참고 문헌

- [1] Ericsson Consumer Lab., "TV & Video Consumer Trend Report", 2011.
- [2] Cisco Visual Networking Index, "Forecast and Methodology, 2010-2015", 2012.
- [3] C. Park, "The Concept and Realization of Context-Based Content Delivery of NGSON", IEEE Communication Magazine, Vol. 50, pp. 74-81, 2012.
- [4] Project CCNxTM. <http://www.ccnx.org>, Sept. 2009.
- [5] 김동현, "P2P 환경에서의 모바일 데이터베이스 서비스", 한국전자통신학회논문지, 2권, 1호, pp. 46-51, 2007.
- [6] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, M. Plass, N. Briggs, R. Braynard, "Networking Named Content," ACM CoNEXT '09, pp. 1-12, 2009.
- [7] Y. Joo, "Technological Analysis for Future Internet Architecture and Service", Pacific Science Review, Vol. 13, pp. 156-162, 2011.
- [8] R. Alimi, R. Penno, Y. Yang, "ALTO Protocol", IETF draft-ietf-alto-protocol-13.txt, Sept. 2012.
- [9] 박춘걸, 이호송, "응용계층 트래픽 최적화 (ALTO) 시스템 설계 및 구현", 정보통신설비학회 하계학술 발표논문집, pp. 139-142, 2011.
- [10] C. Griffiths, J. Livinggood, L. Popkin, R. Woundy, Y. Yang, "Comcast's ISP Experiences in a Proactive Network Provider Participation for P2P (P4P) Technical Trial", IETF RFC 5632, 2009.
- [11] 서우석, 박재표, 전문석, "제한된 내부 네트워크 정보접근제어와 계층별 클라이언트 권한설정 관리에 관한 연구", 한국전자통신학회논문지, 7권, 2호, pp. 287-293, 2012.
- [12] 서희중, "실시간 네트워크에서 개선된 분산 QoS 알고리즘", 한국전자통신학회논문지, 7권, 1호, pp. 53-60, 2012.
- [13] 박나연, 손철수, 김원중, "모바일 센서 네트워크에서 효율적인 노드 위치 결정", 한국전자통신학회논문지, 5권, 4호, pp. 391-398, 2010.

저자 소개



박춘걸(Choon-Gul Park)

2001년 부산대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

2008년 충남대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2010년 충남대학교 대학원 컴퓨터공학과(박사수료)

2002년~현재 KT 유무선네트워크 연구소 매니저

※ 관심분야 : 스마트 네트워크, 미래 네트워크, ALTO, CDNi, 트래픽 관리, 홈 네트워크



이영석(Young-Seok Lee)

1995년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
2002년 서울대학교 컴퓨터공학부 박사

2002년~2003년 Univ. of California,

Davis 방문연구원

2003년~현재 충남대학교 전기정보통신공학부 조교수

※ 관심분야 : 차세대 인터넷, IPv6, 인터넷 트래픽 측정/분석



주영도(Young-Do Joo)

1983년 한양대학교 전자통신공학과 졸업(공학사)

1988년 미국 Univ. of South Florida 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

1995년 미국 Florida State Univ. 대학원 전산학과 졸업(공학박사)

1996년~2000년 KT 통신망 연구소 연구팀/실장

2000년~2005년 시스코 시스템즈 코리아 상무

2005년~2006년 화웨이 기술 코리아 부사장

2007년~현재 강남대학교 컴퓨터미디어공학부교수

※ 관심분야 : 스마트 네트워크, 미래 인터넷, 네트워크 보안, 통신망 관리, 지능형시스템