

논문 2015-10-04

4K 미디어중심 협업의료 논리그룹망 모델 연구

(4K Media based Cooperative Medical Group Model on Logical Group Network)

노민기, 박병연, 김동균, 이원혁, 길준민*

(Min-Ki Noh, Byeong-Yeon Park, Dong-Gyun Kim, Won-Hyuk Lee, Joon-Min Gil)

Abstract : The quality of medical treatment can be promoted by transmitting high-definition medical images and sharing these images. The high speed transmission network is a requirement for the ultra high-definition media. A high quality medical research and education can be provided by connecting resources and media-data through the superhigh speed research network. Network bandwidth for 4K media transmission generated with Lambda network technology.

Keywords : Network for uncompressed 4K, 4K network, Medical network, Logical network

I. 서론

정보통신의 기본적 인프라인 초고속망은 현재 국내 일반 가정이나 교육 기관 뿐 아니라 의료 기관에도 보편적으로 보급되어 전자 의무 기록(EMR; Electronic Medical Record), 의료 영상 저장 전달 시스템(PACS; Picture Archiving and Communication System) 등의 의료 정보가 온라인으로 전산화되었다. 그러나 의료 현장, 의학 교육, 의료 연구의 실제 환경에서는 지역 간 자원의 편중 때문에 다기관 임상시험 등 협업 연구와 공동 교육 등에 대한 의료 자원의 공동 활용 방안과 이를 지원하는 정책이 필요하다. 최근 연구 중심의 일부 병원에서는 과학기술진흥 연구망을 중심으로 대용량 정보 전달이 필수적인 영상 분야와 병리 분야에 특화하여 수도권 및 지역기관 간 협업의료 연구와 공동 교육 발전을 추진하고 있다.

1. 초고속망 활용 첨단의료의 대표 사례

협업의료 연구와 공동 교육에서 시간-공간적 제약 없이 받지 않고 자신의 목적에 집중할 수 있는 분

*Corresponding Author(jmgil@cu.ac.kr)

Received: 27 Nov. 2014, Revised: 30 Dec. 2014,

Accepted: 28 Jan. 2015.

J.-M. Gil: Catholic University of Daegu

M.-K. Noh, B.-Y. Park, D.-G. Kim,

W.-H. Lee: KISTI

야는 영상 중심의 원격 교육이 대표적이며 이에 대한 사례는 다음과 같다.

1) 첨단 의학진단법

첨단 의학진단법은 진료 및 검사 데이터를 바탕으로 고해상도 대용량 동영상 중심으로 발전하고 있다. 대표적으로 핵의학, 방사선과학, 병리 분야로서 고해상도 광학 영상이나 MRI 영상 또는 핵의학영상이나 초음파, 심혈관 영상처럼 멀티미디어 영상을 다루는 분야가 선도하고 있다.

2) 첨단 가상현미경

장 당 수백 MB의 가상 슬라이드 이미지, 수 GB의 용량을 다룰 수 있는 고가의 스캐너, 고용량의 서버와 이를 온라인에서 서비스하기 위해서는 초고속망이 필수적이다. 의료 영상의 특성상 X선 사진, CT, MRI, 병리 영상 등 고해상도 영상과 심장예코, 초음파, 혈관 조영술, 핵의학 영상 등 실시간 동영상 자료의 상호 교환이 필수적이며 3개 이상의 기관 간에 상시적 영상중심 공동검진 체계가 필수적이다.

3) 원격의료 교육시스템

원격의료 교육시스템(그림 1)은 의학 교육과 의사 보수 교육에서 실제로 활용되는 사례가 급증함에 따라 현재는 확산과 교육시스템의 체계를 적극적으로 논의해야 할 단계이다.

현 의료체계에서 초고속망을 활용하여 의료 편제를 해소하면서 우리나라 전국의 환자들에게 최상



그림 1. 원격의료 교육시스템

Fig. 1 Remote conference system for medical education

의 진료를 제공하는 방향으로 나아갈 것으로 예상된다. 원격의료 교육시스템의 활용 가능성이 있는 대표적 세부 분야는 다음과 같다.

- 2차 병원과 3차 병원 간의 협진
- 다기관 순환 근무하는 전공의를 위한 의학 교육
- 다기관 의료진 간 상향평준화를 위한 진료 협진 시스템 구축
- 뇌혈관, 심장혈관, 종양 수술 영상의 다기관 협동 연구를 통한 의학 연구
- 거점 병원을 이용하여 시간, 비용, 에너지를 절약하는 다기관 전문의 교육

2. 국내외 동향

대표적인 온라인 협업의료 연구 사례로 일반진화를 통한 의사와 환자와의 상담이나 검사 자료의 팩스 송출과 같이 가장 기초적인 형태는 이미 1970년대 초에 시작되었다. 이러한 원격지 간 의료 활동은 초고속망과 지원 시스템과 함께 발전하였다. 이러한 발전은 현재 외과 영역에서 국제적인 관심을 얻고 있는 대륙 간 초고속망을 통해 환자의 수술을 집도하는 원격수술(Tele-surgery)까지 발전하게 되었다. 원격지 간 초고속망을 통해 전송되는 고해상도 영상을 중심으로 수술 장면을 함께 보고 실시간 음성으로 원격조언(Tele-mentioning)을 하는 단계까지 진입하였다.

중재 기술, 로봇 수술, 내시경 수술을 중계하고 시영하는 이벤트는 일상이 되었다. 이러한 이벤트는 유럽과 미국, 한국을 10Gbps로 연결하는 국제 초고속망이 일반적으로 사용되고 있다(그림 2).

영상을 전달하여 실시간 진단을 요구하는 원격

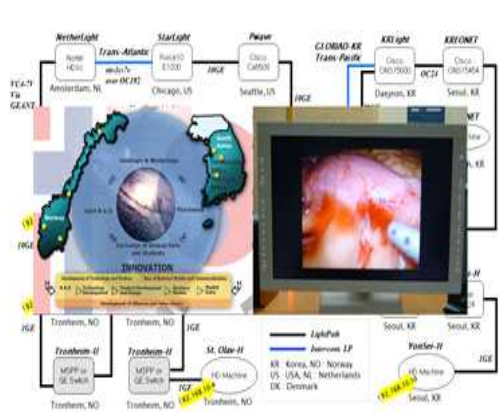


그림 2. 국제초고속망을 통한 HD 원격 수술

Fig. 2 HD tele-surgery on GLORIAD

영상의학은 PACS의 포맷이 완성되어 원의 PACS, 재택 PACS, 미니 PACS, 동영상 PACS 등으로 진화하고 있다.

미국 뉴욕 주에 있는 대학은 ‘생체신호측정센서 시스템’인 스마트 거울을 통해 피부 변화를 통하여 암 발병가능성 등을 진단하고 스마트 밴드로 상처의 치유를 체크하여 필요하면 의료 정보를 자동으로 전송하는 실험을 수행하고 있고, 오리건 주에서는 노인들의 거주 공간에 위치추적 배지를 통해 방에 들어서면 점등하고 투약 시간을 기록하고, 간호원을 호출하는 서비스를 제공하고 있다.

세계 의학계에서도 국가 간 온라인 협업의 중요성을 인지하여 표준 데이터를 분류하고 보급하고 있지만, 인터넷 망으로의 전달 체계 때문에 속도는 느리고, 자세하지 않으며, 전달하는 내용을 심본 전달하지 못하는 아쉬움이 있다.

위와 같은 원격 수술이나 원격 조언을 하기 위해서는 의료 분야의 특성상 환자의 상태를 정확히 판단하기 위해 초고화질 의료 영상을 제공하는 것은 가장 기본적인 요소 기술이다.

고화질 영상의 전송 지연과 손실 최소화 기술은 고화질 영상의 압축 알고리즘에서 압축 및 해제 지연시간이 상호 간의 의견을 교환하는 시간이 허용 지연시간 임계 내에 들어올 수 있도록 해야 될 뿐 아니라 의료 영상의 전송 가공을 최소화할 수 있도록 최소 대역폭 이상이 확보된 초고속망이 동시에 필요하다.

현재 국내외에 구축된 국가과학기술연구망(이하 KREONET)을 중심으로 원격 의료 및 진료, 원격 의료 교육 서비스 등 국내외 학계 및 산업계를 중

심으로 진행된 시도들은 국내외를 연결한 초고속망을 활용한 원격 의료 시스템의 가능성을 제시하고 있다.

따라서 이미 구성되어 있는 의료 영상 자료의 개발 및 보급 수요를 초고속망을 이용하여 고품질의 영상으로 송수신하고 활용되어야 한다. 다만 대부분 연구가 고화질 영상 전송과 시연에 초점을 두고 있으므로 이제는 원격 의료 시스템이 갖는 다양한 장점과 초고속망의 활용도를 높일 단계에 와 있다.

II. 4K 영상 전송 시스템 및 논리그룹망

1. 4K 영상 중심의 첨단의료 환경

첨단의료에 활용되는 영상과 데이터의 종류는 단순한 화상 회의나 교육 뿐 아니라, 의료 기관 내의 자원과 시설, 실습 장비와의 공유가 매우 중요하다. 또한 다양한 의학 정보와 지식의 빠른 전달과 일반 다수의 참여자가 참가하는 화상 회의뿐 아니라 더 나아가 의료영상 및 입체영상 등 다양한 콘텐츠들을 협업의료와 교육에 필요한 데이터 형태로 효율적으로 공유하는 시스템이 필요하다. 즉, 첨단 의료의 초고속망 환경과 시스템 구축 시 단방향적인 데이터 흐름이나 단순 형태의 원격회의 서비스가 아닌 다양한 자원과 시설, 영상 데이터와 이를 빠르게 공유하는 형태로의 서비스가 만족되어야 기대를 충족할 수 있다.

표 1은 2011년 KREONET을 통해 정기적 원격 의료 교육과 협진을 실시하고 있는 서울에 위치한 A 대학병원을 대상으로 실시한 만족도 조사 중에서 전체 시스템에 대한 의견에 영향을 주는 요소를 조사한 결과이다[1].

이 조사에 의하면 비디오 영상이 56%, 음성전달이 33%, 이미지 영상이 43%로 전체 원격 의료 교육의 품질에 영향을 준다고 각각 조사되었다. 다시 말해서, 공유 영상이나 이미지 등 교육에 활용되는 데이터가 전체 의료 교육의 수준을 높이는데 많은 역할을 한다고 할 수 있다.

2. 4K 미디어 전송과 램다네트워크

앞에서 제시된 내용에 같이 협업 연구와 공동 교육에서는 더욱 고해상도의 영상과 데이터의 전송 품질관리가 요구되며, 첨단의료 환경을 제공하기 위해서는 향후 울트라해상도(Ultra Definition)의 영상 데이터의 품질 향상이 필수적이다. 즉, 4K 중심의

표 1. 원격 의료 교육의 품질 요소 조사

Table 1. Investigation for quality of remote medical education

	영상요소 (video)	음성요소 (audio)	이미지요소 (image)
영향이 높다	56%	33%	43%
중간	27%	56%	48%
영향이 낮다	17%	11%	9%

표 2. 해상도별 데이터크기 및 네트워크 구성

Table 2. Data size of video resolution and network architecture

해상도	BIT	Chroma/플래임크기
1280X720 (HD)	8	4:2:0/60
1920X1080(FullHD)	10	4:2:2/30
1920X1080(FullHD)	10	4:4:4/60
4096X2300(4K)	10	4:4:2/30

데이터크기(MB/s)	네트워크 구성
83	일반 IP
156	QoS/IP 네트워크
467	1G 광패스
5,084	10G 광패스

영상과 이미지 원격지 간의 전송이 가능한 환경 구현이 필요하다[2, 3].

본 연구에서는 4K 영상 데이터를 실시간으로 최소 지연시간(delay)의 손실 없이 전송할 수 있는 대역폭(bandwidth)과 진행 장면이나 공유 영상의 인코딩(encoding)과 디코딩(decoding) 시에 발생하는 영상 재가공 지연시간을 최소화하는 해결책으로 비압축(uncompressed) 영상 전송 시스템을 제시하고자 한다[4].

비압축 4K 영상을 1:1 또는 1:N 전송하기 위해서는 단대단(end-to-end) 사이에 매우 큰 대역폭이 필요하다. 특히, 전자 현미경과 같은 정지 화상의 축소 및 확대 데이터가 전송 가능한 대역폭을 계산해야 하며 최대 10G 이상의 네트워크가 필요하다[5].

표 2는 현재 각 영상의 해상도 별로 초고속망 상에서 전송되는 데이터의 크기와 각 크기 별로 서비스되는 초고속망 전송 기술을 제시하고 있다.

전송구간에서 표 2에서 계산된 것 같이 매우 큰 데이터의 4K 영상의 전송을 위해 대역폭, 전송성능, 가용/도달 대역폭이 순차적으로 적용되어야 하며, 대역폭의 성능 뿐 아니라 전송 시 품질이 보장

되는 우수한 전송품질 구현이 가능한 초고속망 구조와 이를 위한 설계가 필요하다[6, 7].

람다네트워크(lambda network)는 트래픽 혼잡에 대한 영향이 적고(congestion free), 상황 변화에서 안정된 전송 환경 구현이 가능하다. 또한, 분산 환경에서 다수의 전송 계층의 구성이 가능하여 다수 도메인 간의 전송구조 적용에 적합하다. 이러한 구조적 특징으로 람다네트워크가 4K 영상 전송 네트워크 전송에 적합하므로, 국내 및 국제간 다양한 비압축형 대용량 영상 전송에 람다네트워크가 자주 사용되어 왔다.

3. 다중 전송경로 람다네트워크

일반적으로 원격지 간 4K 영상을 전송하여 실시간 첨단 의료를 수행하는 형태는 일대 다수의 스트림 송수신 지원을 위한 네트워크 구조가 필요하다. 첨단 의료에 참여하는 형태는 일반적으로 송신기관에서 영상 데이터가 위치하고, 데이터 수신기관까지 동일한 시간에 동일한 내용의 데이터 수신이 필요한 형태이다.

1:N 즉, 서버와 클라이언트 구조가 아닌 분산된 네트워크 환경에서 각 사용자의 시스템을 연결하는 전송 구조로 최적화된 네트워크를 다수 간 연결하고 영상 전송에 최적화된 람다네트워크 구조를 적용함에 따라 다중지점을 구성하는 노드의 수가 증가하고 이를 연결하는 추가적인 링크의 효율적 연결 구조에 대한 요구에 따라, 기존의 네트워크보다 우수한 가용성의 구조설계가 필요하다[8].

다지점(multi-point) 노드를 대상으로 송신하는 영상 데이터는 동일하다. 하지만, 송수신의 경로 중심으로 2차 영상 데이터 수신기관의 경우 전송하는 각 전송구간의 위치와 다르며 이를 구성하는 네트워크 경로 역시 다르다. 이때, 동일한 영상 데이터를 받기 위해 만약 다른 전송 경로를 사용할 경우 네트워크 자원 뿐 아니라 영상 전송 시 4개의 HD(또는 3G) 영상을 싱크(sync)하는 방식에 부적합하다.

본 연구에서는 위와 같은 경우, 1차 송신지역을 설정하고, 단일 영상을 전송한 후 2차적으로 나머지를 다중 패스를 공유하는 네트워크 구조를 설계하였다. 데이터발생, 즉 송신 기관과 1차 송신 구간은 하나의 대용량 람다네트워크를 통해 전달하고, 수신 지점과 설정된 네트워크를 추가적인 2차적 전송 구간으로 따로 설정하여 4K 영상을 위한 대역폭 추가와 전송 성능의 일치를 고려하였다.

즉, 1차 송신구간에서 요구되는 초기 송신 지역

으로 나가는 대역폭(B_0)을 구성하고 이를 연결하는 수신 전송 지역의 노드(N)와 이를 연결하는 링크를 구성하여 영상데이터를 전송하고, 분리된 노드와 링크의 대역폭을 하나의 연결패스로 구성하기 위해 네트워크 환경에서 송신측의 노드와 링크를 추가하여 추가적인 대역폭과 성능을 확보한다. 또한 각 3G-SDI 영상을 각각 노드에 송수신할 수 대역폭에 합치되는 링크수를 증가해 나감으로써 논리적인 네트워크로 재결합한다고 할 수 있다.

본 논문에서는 주요 구간 구성으로 데이터 송신 구간, 백본 구간, 지역 구간으로 약 4개의 구간 노드를 구성하며 이는 각 대역폭과 성능에 영향을 미치게 된다. 또한, 람다네트워크 전송 구조를 각 노드를 연결하는 전송 구간에 적용하였으며, 이때 람다네트워크의 성능/가용성 성능은 일반적인 IP 라우팅 구조와 실험 비교하여 약 1.25배로 가정하였다. 비교 실험은 동일한 1Gbps의 대역폭과 64Bytes 윈도우 크기 전송시스템으로 비교하였으며 람다네트워크의 성능에 비해 일반적인 IP 네트워크는 약 0.8배 정도의 성능이었다.

즉, 1차 전송 구간의 대역폭(B_0)은 각 전송 구간의 실제 성능(throughput)으로 변경할 수 있으며, 이는 최초 성능(T_i)과 실제 람다네트워크 상에서 가능한 최대 성능(T_h)으로 표현될 수 있다.

$$\frac{\max(T_h)}{T_i} \times 1.25 = 1.25B_0 \quad (1)$$

여기서, T_i 는 최초 성능(intial throughput)을 나타내며, B_0 는 아웃바운드 대역폭(output bandwidth)을 나타낸다.

또한, 이러한 성능에 영향을 미치는 대역폭을 가용 대역폭으로 변경하여 측정한다면 각 구간의 요구성능(P_d)을 구성하는 값은 측정 가능한 RTT와 측정 성능(throughput)으로 다시 계산할 수 있다. 요구되는 전체 네트워크 상에서의 성능은 각각의 노드에 연결된 링크의 대역폭이며, 이를 통해 요구되는 2차 송신 구간의 람다네트워크의 전체 요구성능을 람다네트워크로 연결할 수 있다.

$$P_d = 1.25 \times \sum_{n=4}^i (N_n - 1) B_0 \quad (2)$$

여기서, P_d 는 전송요구 대역폭(demand performance)을 나타내며, N 은 노드에 연결된 링크(link of node)를 나타낸다.

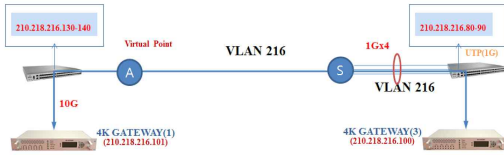


그림 3. 단방향 4K 전송 네트워크
Fig. 3 Oneway network for 4K Transmission

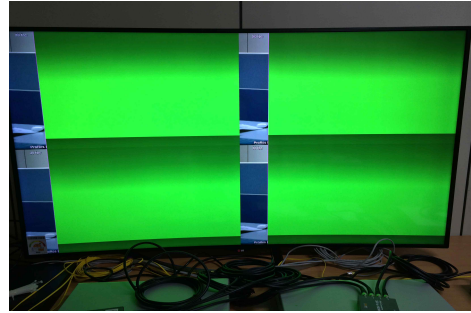


그림 5. 일반 네트워크 상에서의 4K 전송 영상
Fig. 5 4K View on the normal network

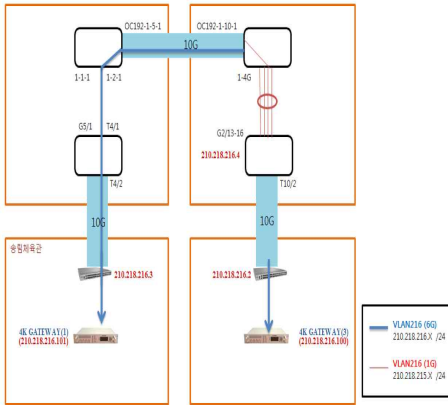


그림 4. 4K 전송 네트워크 테스트베드
Fig. 4 Test-bed for 4K transmission

식 (2)에 따라 측정되는 전체 요구 성능의 변화대로 각 패스 A와 S 구간의 대역폭과 동일한 가상 랜 216 (Vlan 216)으로 구성되는 노드 수에 따라 증가하는 링크의 대역폭을 그림 3과 같이 1개로 채널링(channeling)하여 램다네트워크를 구성하였다.

4. 4K영상 전송 테스트베드 구축

실시간 영상은 1차적으로 2개의 6G-SDI를 통해 총 5.2Gbps를 지점 A로 전송하며 이 전송 네트워크는 10G 인터페이스 2개로 묶여 구성한다. 1차적으로 전송된 비압축 전송 데이터는 전송 구간을 통과하여 지점 S의 전송 시스템에 수신되며, 이때 각 화면은 4개의 패스로 구성된 각각의 노드를 거친 링크를 통해 구성된 대역폭으로 전송된다. 각 영상은 싱크되어 하나의 비압축 4K영상을 1차적으로 수신된다. 이때 송신하는 인터페이스에 할당되는 영상은 각 3G-SDI 4개로 다시 분배되며, S 지점에 영상은 1Gbps의 HD-SDI 영상으로 전송 시스템에 전달된다. 최종적으로 4개의 링크로 합쳐진 램다네트워크에서 10G 한 개로 전송 성능을 구성하며, 궁극적으로 4K 영상 데이터를 전송하게 된다(그림 4).

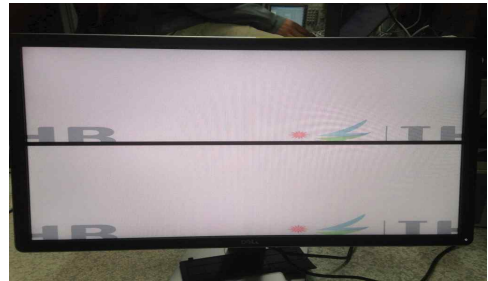


그림 6. 논리그룹 네트워크 상에서의 4K 전송 영상
Fig. 6 4K view on the logical group network



일반적으로 4개의 패스를 통해 송신된 영상은 각 패스에 가용 대역폭의 차이에 따라 각각 다른 시간에 영상이 수신하거나 또는 수신되는 영상의 품질 저하에 의해 전체 수신 영상이 그림 5와 같이 불완전하게 송신됨을 알 수 있다.

하지만 본 논문에서 구성된 램다네트워크를 통해 10G 성능으로 채널링된 송신 대역폭으로 수신되는 영상은 그림 6과 같이 정상적으로 전송되었으며 전송되는 트래픽도 정상적으로 나타나고 있다.

결론적으로 영상 데이터를 전송하는 램다네트워크로 구성했을 때 모든 수신 지역의 성능과 품질, 서비스, 할당에 적합한 구조가 제시되었다.

본 논문에서 제시한 ① 단대단 가용 대역폭과 대용량 데이터전송 전송구조 ② 전송 구간과 사용자 접속 구간의 시스템 ③ 다양한 콘텐츠별 특성에 따라 네트워크 자원의 할당에 적합한 할당 구조가

모두 통합된 네트워크 구조가 비압축 4K 전송에 적합하다는 것을 할 수 있다

III. 결론 및 향후 연구계획

협업의료 연구와 공동 교육에서는 시간적, 공간적 제약을 받지 않고 의료 목적에 집중할 수 있는 울트라 해상도의 영상과 이미지, 그리고 실시간 의견을 교환할 수 있는 네트워크 환경과 시스템의 구축이 필요하다. 하지만, 영상과 이미지의 용량이 커짐에 따라 재가공 시 발생하는 지연시간의 최소화를 위해 요구되는 네트워크 환경은 지속적으로 발전되어야 한다.

본 논문에서는 단대단에 필요한 요구 대역폭이 분할된 대역폭으로 통합되어 4K 영상을 각 HD 영상으로 분할 전송하는 시스템과 연계하여 전송하는 환경을 연구하였으며, 정상적으로 영상 데이터의 송수신이 가능함을 실험을 통해 보였다.

향후에는 각 분할된 네트워크의 대역폭을 동적으로 측정하여 통합하고, 이를 효율적으로 관리할 수 있는 기술을 접목하는 것이 필요하다. 이를 통해 다른 곳에서 발생하는 트래픽의 변화에 적응하고 변화할 수 있는 실제 네트워크 서비스로 발전되는 것이 본 연구의 향후 목표이다.

References

- [1] G. Kang, "Logical network Model for Medical Specialized Group Model," KREONET Research Report, pp. 6-30, 2010 (in Korean).
- [2] <http://www.reelseo.com/4k/>
- [3] <https://www.opennetworking.org/sdn-resources/sdn-definition>
- [4] B. Hankinson, "Streaming 4K/8K Video over IP Network," CineGrid Workshop, 2013.
- [5] D. Wood, "The strategic impact of ultra high definition television," Proceedings of NAB Broadcast Engineering Conference, 2012.
- [6] ITU-T Draft Rec G.872, "Architecture of optical transport network," Geneva, 1999.
- [7] M. Dzanko, M. Furdek, G. Zervas, D. Simeonidou, "Evaluating availability of optical networks based on self-healing network function programmable ROADMs," IEEE/OSA Journal of Optical Communications Networks,

Vol. 6, No. 11, pp. 974-987, 2014.

- [8] T. Benson, A. Akella, D.A. Maltz, "Network traffic characteristics of data centers in the wild," Proceeding of the 10th ACM SIGCOMM Conference on Internet Measurement, pp. 267-280, 2010.

저 자 소 개

노 민 기



1998년 공주대 기계공학과 학사.

2000년 공주대 영상매체과 석사.

2009년 성균관대 컴퓨터교육학 박사.

현재, 한국과학기술정보연구원 선임연구원.
관심분야: 네트워크성능향상, 차세대 네트워킹
Email: mknoh@kisti.re.kr

박 병 언



1997년 대전산업대 재료공학 학사.

2004년 공주대학교 교육정보학 석사.

2010년 공주대학교 바이오정보학 공학박사.

현재, 한국과학기술정보연구원 선임연구원.
관심분야: SDN, IoT, 클라우드
email : bypark@kisti.re.kr

김 동 균



1996년 한남대 전자계산공학사.

1999년 충남대 컴퓨터학과 석사.

2005년 충남대 컴퓨터학과 박사.

현재, 한국과학기술정보연구원 첨단연구망센터 책임연구원.
관심분야: 미래인터넷, SDN/NFV, 국가연구망
Email: mirr@kisti.re.kr

이 원 혁



2001년 성균관대학교
전기전자컴퓨터공학부 학
사.

2003년 성균관대학교 전
자전기컴퓨터공학과 석사.

2010년 성균관대학교 컴
퓨터공학 박사.

현재, 한국과학기술정보연구원 선임연구원.

관심분야: 광네트워킹, 클라우드 컴퓨팅

email : livezone@kisti.re.kr

길 준 민



1994년 고려대 전산학과
학사.

1996년 고려대 전산학과
석사.

2000년 고려대 컴퓨터학
과 박사.

현재, 대구가톨릭대학교 IT공학부 부교수.

관심분야: 클라우드 컴퓨팅, 결합포용 시스템

Email: jmgil@cu.ac.kr