DBpia

논문 14-39C-12-05 The Journal of Korean Institute of Communications and Information Sciences '14-12 Vol.39C No.12
http://dx.doi.org/10.7840/kics.2014.39C.12.1261

스마트 조선소내 D2D 통신 기술 적용 방안 제안

김 수 현◆, 이 성 로*, 민 상 원°

Proposal Scheme of a D2D Communication in Smart Shipyard

Su-Hyun Kim◆, Seong ro Lee*, Sang-Won Min°

요 약

스마트 조선소는 조선소내 모든 업무를 모바일 애플리케이션을 이용하며, 스마트 단말의 급속한 보급과 다양한 모바일 서비스로 인한 인프라의 과부하가 예상된다. 기존의 인프라의 과부하를 줄이기 위한 매크로셀 및 펨토셀, 코어 네트워크 장비의 증설은 문제가 있기 때문에, 본 논문에서는 스마트 조선소 네트워크에 기존의 인프라를 통한 통신에 비해 자원의 효율성을 높이고 인프라의 부하를 줄일 수 있는 D2D 통신 기술을 적용한다. 스마트 조선소내 D2D 통신 기술을 적용하기 위한 네트워크 구성과 D2D 단말 탐색 및 데이터 전송 방법과 트래픽 타입에 따른 데이터 전송 경로 방안을 제안하였다. 코어 네트워크의 과부화된 트래픽을 최적화된 경로로 보낼 수 있는지 기능 수행여부를 state transition diagram을 이용하여 확인하였다. 우리는 스마트 조선소내 D2D 통신 기술을 적용함으로써 기존의 통신 방법보다 더 효율적인 트래픽 처리가 가능할 것이다.

Key Words : D2D Communication, LTE, Smart Shipyard

ABSTRACT

Smart shipyard, all of the business of shipyard by using a mobile application, and the rapid spread of smart equipment, the overload of infrastructure due to a variety of mobile services is expected. Because macrocell and femtecell to reduce the overloading of existing infrastructure, additional core network devices have a problem, in this paper, the efficiency of resources than the communication over the existing infrastructure smart shipyard network to improve, to apply the D2D communication technology that can reduce the load on the infrastructure. The proposed routing path plan in accordance with the transfer method and the traffic type of network configuration and D2D equipment navigation and data for applying a smart shipyard. Whether to execute the function to overload traffic in the core network can send to the optimized path was confirmed by using the state transition diagram. Smart shipyard, by applying D2D communication allow efficient traffic handling than conventional communication method.

※ 이 논문은 2012년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(2012R1A1A2007155)과 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828) 및 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009)의 연구결과로 수행되었음

◆ First Author : Kwangwoon University Department of Electronics and Communication Engineering, suhyun@kw.ac.kr, 학생회원
* Corresponding Author : Mokpo University Department of Information & Electronics Engineering, srlee@mokpo.ac.kr, 정회원
° Kwangwoon University Department of Electronics and Communication Engineering, min@kw.ac.kr, 정회원
논문번호 : KICS2014-10-393, Received October 8, 2014; Revised December 8, 2014; Accepted December 8, 2014

www.dbpia.co.kr

Ⅰ. 서 론

스마트 폰, 태블릿 PC와 같은 이동단말기기와 다양한 무선통신 기술의 발전으로 차세대 이동통신망은 다양한 액세스 네트워크들이 공존한다[1]. 모바일 트래픽은 매년 100%씩 증가하고 있으며, 이러한 추세는 당분간 계속될 것으로 예상된다. 특히, 모바일 서비스의 다변화로 인해 데이터 사용량이 급격히 증가하고 있다. 또한 개인이 다수의 모바일 디바이스를 소유함에 따라 이러한 추세는 더욱 심화되고 있다[2]. 모바일 트래픽의 증가로 인해 셀룰러 통신망의 과부하가 심해지면서 국내 사업자들은 LTE(Long Term Evolution), 펨토셀, 무선랜 등을 도입하여 폭증하는 트래픽에 대한 대처 방안을 모색하고 있다.

LTE는 유선인터넷보다 훨씬 빠른 속도를 제공하고 장소와 시간의 제약이 거의 없어 유선 인터넷을 대체하여 스마트 조선소에 활용되어 지고 있다. 스마트 조선소에 LTE 네트워크를 활용하여 물품반출, 자재추적, 실시간품질관리, 해양펀치 및 검사결과 처리 등을 지원하는 모바일 어플리케이션이 개발되었으며, 모바일 서비스를 통해 언제 어디서든 업무가 가능한 스마트 조선소 환경이 제공된다. 모바일 서비스를 현장에 직접 적용해 사무실에 직접 가지 않아도 전산결재처리와 직원들 간 신속한 정보공유를 비롯하여 공정 및 스케줄관리, 자재정보조회, 검사결과입력, 물품반출확정 등을 태블릿 PC와 스마트폰을 이용해 현장에서 바로 업무 처리가 가능하다[3].

본 논문에서는 조선소의 스마트화로 인한 인프라의 과부화를 방지하기 위하여 인프라를 거치지 않고 단말기 간에 직접 트래픽을 주고 받는 통신 방법인 D2D(Device-to-Device) 통신을 적용하였다. 스마트 조선소내 트래픽이 급증하고 있는 소셜 네트워크, 모바일 광고, 근거리 파일 전송 등의 어플리케이션이 D2D 통신에 적합한 어플리케이션으로 고려되고 있기 때문에, D2D 통신을 스마트 조선소에 적용할 경우, 인프라를 거치지 않아 기지국의 부하를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 전송 전력을 낮출 수 있고, 주파수의 재사용률을 높일 수 있다[4].

본 논문은 2장에서 본 논문의 기반이 되는 LTE와 D2D 통신 기술을 설명하고, 3장에서 D2D를 적용하기 위한 스마트 조선소내 LTE-D2D 네트워크 구조와 통신 절차에 대하여 설명한다. 4장에서 검증 및 평가를 수행하였고, 5장에서 결론을 도출하였다.

Ⅱ. LTE와 D2D 통신

2.1 LTE

고속의 데이터 전송을 지원하는 무선 통신 기술로써 3GPP (3rd Generation Partnership Project)에서 제정한 표준으로 기지국을 포함한 LTE 액세스 네트워크 부분인 E-UTRAN (Evolved-UTRAN)과 LTE core 부분인 EPC로 구성된다[5]. 그림 1은 LTE 네트워크 구조를 도식화한 것이다.

E-UTRAN의 세부구성을 살펴보면 단말인 UE (User Equipment)와 기지국인 eNB (Evolved-NodeB)로 구성되어 있어 기존의 네트워크들과 차이를 보인다. UTRAN, GPRS 등의 기존의 이동통신 네트워크에서는 액세스 네트워크 부분이 NodeB/RNC (Radio Network Controller)의 계층적으로 구성되던 네트워크 구조와 달리 eNB로만 구성되는 특징을 가지며, 여러 개의 eNB가 복합적으로 S-GW (Serving-Gateway)와 연결됨으로써 S-GW에서 집중화 문제와 하나의 기지국이 고장이 발생했을 때 일어나는 문제를 개선한 구조를 가진다. UE는 무선인터페이스를 통하여 eNB에 접속하는 사용자의 단말로 스마트폰이나 혹은 데이터 통신만을 목적으로 하는 USB (Universal Serial Bus)동글 형태일 수도 있다. eNB는 LTE 기지국이라고도 불리며 UE에게 무선인터페이스를 제공하여 무선 베어러 제어, 동적 무선 자원 할당, load balancing 및 셀 간 간섭제어와 같은 무선 자원 관리기능을 담당한다.

EPC의 세부구성을 살펴보면 S-GW, P-GW (PDN-Gateway), MME (Mobility Management Entity), HSS (Home Subscriber Server), PCRF (Policy and Charging Rules Function)으로 구성된다. S-GW와 P-GW를 통해 데이터가 운반되며 S-GW는 E-UTRAN과 EPC의 종단점으로 eNB 간 또는 3GPP 시스템 간 핸드오버 시 anchoring point가 된다. P-GW는 LTE 네트워크에서 다양한 역할을 수행하며, 대표적으로 LTE 네트워크와 외부 PDN을 연결한다. 이 외에도 패킷 filtering, IP 라우팅 및 포워딩, UE에

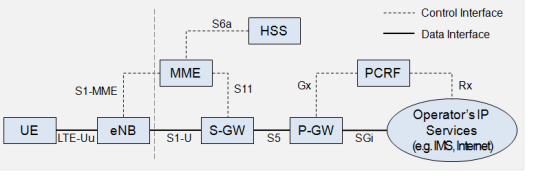

그림 1. LTE 네트워크 구조
Fig. 1. LTE network structure

www.dbpia.co.kr

IP 주소 할당, PCEF (Policy and Charging Enforcement Function)기능 등을 담당한다.

데이터 운반을 담당하지 않는 구성요소로는 MME, HSS, PCRF가 있는데, HSS는 사용자 프로파일을 갖는 중앙 DB (Database)로서 MME에게 사용자 인증 정보와 사용자 프로파일을 제공하며, MME는 보안, EPS 이동성 관리, EPS 세션 관리, EPC 베어러 관리, HSS와 연결을 통해 사용자 인증 및 로밍 기능을 제공한다. PCRF는 정책과 과금 제어 구성요소로 정책 제어 결정과 제어 기능을 제공한다.

2.2 D2D 통신 기술

D2D 통신이란 그림 2와 같이 서로 근접한 단말들이 기지국 또는 AP(Access Point)와 같은 기존 인프라를 거치지 않고, 직접적으로 정보를 주고받는 기술을 의미한다. 이미 상용화가 이루어진 Wi-Fi Direct, Bluetooth, ZigBee, NFC 등과 같은 근거리 통신 기술은 비면허대역(Unlicensed Band)을 이용한 D2D 통신 기술로 분류할 수 있다. 하지만 비면허 대역은 간섭 측면이나 서비스 측면에서 제어가 어려워 서비스 품질의 보장에 대한 한계가 존재하며, 전송 범위 또한 한정적이라는 문제점을 갖고 있다. 이에 따라 면허 대역(Licensed band)을 사용하는 셀룰러 시스템에서 D2D 통신 기술에 대한 필요성이 대두되었다[6].

셀룰러 시스템에서 근접한 거리의 단말들이 D2D 통신을 함으로써 기지국의 부하를 분산시킬 수 있으며, 기지국보다 가까운 거리를 전송함으로써 단말의 전력 소모를 줄일 수 있으며, 전송지연 또한 줄일 수 있다. 전체 시스템 관점에서는 기존의 셀룰러 단말과 D2D 단말이 동일한 주파수를 공유하여 공간적으로 주파수를 재사용함으로써 주파수 이용효율을 향상시키는 효과가 있다.

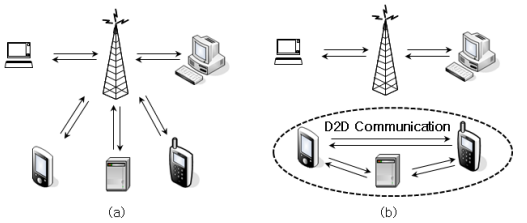

그림 2. 인프라 기반 통신과 D2D 통신의 차이점 (a) 인프라기반 통신 (b) D2D 통신
Fig. 2. Difference of the infrastructure-based and D2D communication (a) infrastructure-based (b) D2D communication

Ⅲ. 스마트 조선소내 D2D 통신 적용 방안

3.1 스마트 조선소내 D2D 구성

본 논문에서 제안하는 스마트 조선소내 D2D 구성은 그림 3과 같다. 기존의 LTE 네트워크와 비교해 볼 때, 현장과 하위조선소 대부분의 트래픽이 D2D 네트워크를 통하여 전달되며, SMS, D2D 초기과정 트래픽 등은 S-GW와 P-GW를 통해서 전송된다. 본 논문에서 D2D 데이터 타입에 따라 네트워크의 트래픽의 전송방향을 조절함으로써 LTE 코어 네트워크의 과부화 현상을 줄일 수 있다[7].

예를들어 일반 D2D 컨트롤 신호와 SMS 등 일반적인 조선소내 트래픽은 그림 3의 Flow ①, ②와 같이 이동통신 네트워크를 통하여 서비스 받을 수 있도록 처리하며, 조선소내 현장 감독 및 관리를 하기위한 동영상 스트리밍 서비스, 음성전화, 파일공유, 다양한 스마트 조선소내 자재관련 검색엔진을 위한 검색 서비스는 D2D 통신을 통하여 Main server로 전달됨으로써 코어 네트워크의 과부화 현상을 사전에 막을 수 있으며, 단말간 최적의 통신으로 모든 서비스를 원활하게 제공받을 수 있게 해 스마트 조선소의 현장 업무와 생산성 향상이 기대된다.

그림 4는 하위조선소와 상위조선소, 현장에서의 D2D 단말이 데이터를 주고받는 D2D 개념도이다. 기존의 시스템의 경우 그림 3의 Flow ①, ②와 같이 동작하며 Flow ①은 하위조선소의 eNB로부터 들어온 트래픽 처리 경로이고, Flow ②는 조선소 현장 D2D 네트워크로부터 들어온 트래픽의 처리 경로다. 기존의 시스템에서 인터넷 서비스를 이용하기 위해 모든 트래픽이 EPC의 하나의 S-GW와 P-GW를 거치기 때문에 상위 조선소와 하위 조선소간의 원활한 업무를 수행하지 못했다. 이와 달리 D2D 적용 네트워크에서는 그림 3의 Flow ③, ④와 같이 동작한다. Flow ③은 하

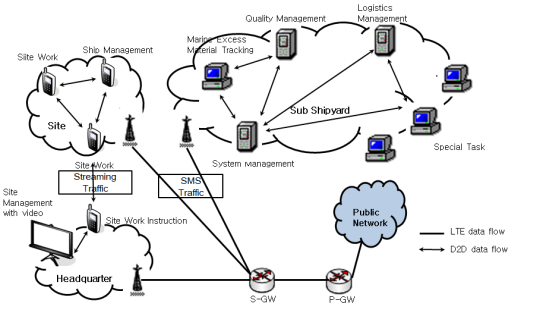

그림 3. 스마트 조선소내 D2D 구성
Fig. 3. D2D network in smart shipyard

www.dbpia.co.kr

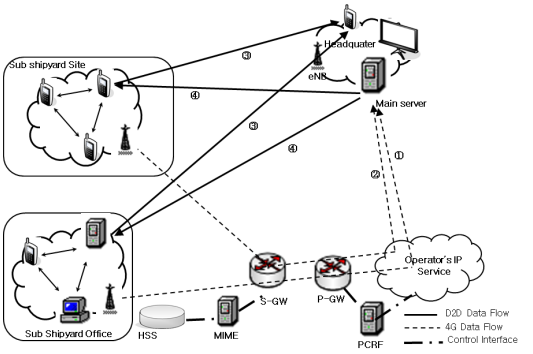

그림 4. 스마트 조선소내 D2D 데이터 흐름
Fig. 4. D2D data flow in smart shipyard

위조선소와 현장의 D2D 단말이 상위조선소의 D2D 단말로 직접 데이터를 보내는 경로이고 Flow ④는 상위조선소에서 하위조선소로 D2D 단말을 통해 직접 데이터를 보내는 경로로서 그림 3에서 메신저 서비스와 같은 Presence, 문자메시지 서비스들은 S-GW를 통해 코어 네트워크를 경유한다. D2D 데이터로는 이동통신 사업자의 IP 서비스 네트워크를 경유하지 않고 직접적으로 스마트 조선소내 스트리밍 서비스와 자재검색 등 현장 및 하위조선소의 업무를 실시간으로 모니터 또는 관리를 할 수 있다. 또한 전체 네트워크 측면에서 보았을 때도 D2D 특성상 경로 최적화라는 효과까지 거둬 관리 및 지시를 실시간으로 할 수 있다.

3.2 D2D 단말 초기 절차 및 동작

그림 5는 제안한 메시지 흐름도로 D2D 단말이 서비스를 제공받고자하는 시점에서 접속한 하위 조선소 및 현장의 단말과 상위 조선소 메인서버와 통신할 때

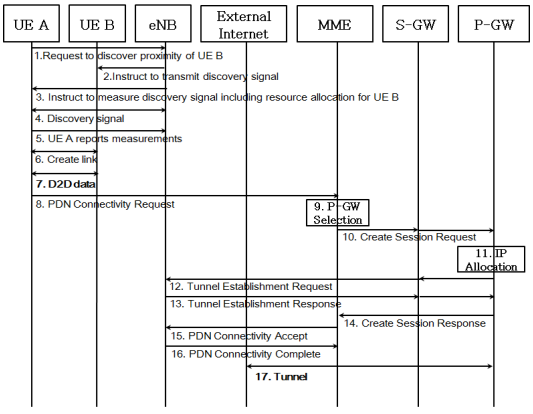

그림 5. 초기 설정과정 흐름도
Fig. 5. Initial access message flow

의 중계점 역할을 하는 P-GW 사이에 터널링 연결을 설정하는 과정을 도식화한 것이다.

먼저 스마트 조선소에서의 D2D 단말을 탐색하고 D2D 단말간 데이터 링크를 연결하게 된다[8]. 이후 D2D 단말이 코어 네트워크를 사용하기 위하여 인증 과정을 수행하고 UE는 과금 및 인터넷 관련 서비스를 제공받기 위해 MME에 PDN Connection Request 메시지로 P-GW와의 PDN 터널링을 요청한다. PDN Connection Request 메시지는 D2D 단말의 정보와 위치 등을 담고 있다. PDN Connection Request 메시지를 받은 MME는 해당 D2D 네트워크의 위치와 서비스 제공자를 고려하여 적당한 P-GW를 선택하고, P-GW로 D2D의 주소와 터널링을 위한 ID가 담긴 Create Session Request 메시지를 보낸다.

P-GW가 Create Session Request 메시지를 받으면 서비스가 제공될 IP주소를 할당한다. 할당된 IP주소 정보 및 D2D 단말에 대한 정보와 데이터 처리 경로 등 D2D 관련 메시지를 Tunnel Establishment Request 메시지에 실어서 S-GW를 경유해 eNB로 보낸다.

Tunnel Establishment Request 메시지를 받은 eNB는 자신의 커버리지 안에 있는 D2D 단말정보를 업데이트하고 응답으로써 Tunnel Establish Response 메시지를 P-GW로 보낸다.

Tunnel Establish Response 메시지를 받은 P-GW는 MME에게 Create Session Response 메시지를 보냄으로서 터널링 연결을 알린다. MME는 eNB에게 PDN Connectivity Accept 메시지를 보내고 PDN Connectivity Complete 메시지를 통해 코어 네트워크와 P-GW간의 터널이 설립된다.

터널링 연결이 설립 된 후에 UE는 트래픽을 주고받을 때, 자신이 속한 eNB의 정책에 따라 트래픽이 처리 되지 않고 P-GW를 통해 PDN과 연결, 상위 D2D 트래픽 처리, 하위 D2D 트래픽 처리, D2D 기기간 통신을 수행하여 총 4가지의 방법으로 통신을 수행하게 된다. 이런 과정을 통해 S-GW와 P-GW를 통과하는 패킷을 상당부분 줄일 수 있다.

Ⅳ. D2D 동작 절차 검증

제안하는 스마트 조선소내 D2D 구성과 트래픽 종류에 따른 데이터 처리 동작 수행 능력에 대한 검증을 위하여 스마트 조선소 내 D2D 통신이 적용된 네트워크에서의 eNB의 동작을 state transition diagram을 이용하여 구성하였다. 검증 방법으로 state transition

www.dbpia.co.kr

diagram을 선택한 이유는 현재 오프로드 동작에 대한 연구가 진행된 것이 거의 없어 비교 대상이 존재하지 않고, 스마트 조선소내 네트워크 구성과 프로토콜 구조에 대한 제안이기 때문에 state transition diagram을 통해 프로토콜 검증 수행이 가능하기 때문이다.

그림 6은 state transition diagram으로 분석한 하위 조선소와 현장의 eNB 동작을 나타낸 것이다. 그림에서 표시하지 않았지만 기본적으로 모든 state에서 코어 네트워크로의 트래픽 전송은 가능하며 메시지를 주고받음에 따라 state가 변환되며 동작이 수행된다. 최초의 IDLE state에서 인터넷 서비스를 이용하는 일반 데이터를 받거나 PDN Connectivity Request 메시지를 받게 되면 ACTIVE state로 상태천이가 이루지며 모든 트래픽 관련 동작이 수행된다. 어떤 데이터도 전송이 수행되지 않으면 eNB에서의 동작이 없는 것으로 인식하여 IDLE state로 다시 복귀하는 동작을 수행한다.

Active state의 세부 동작과정은 스마트 조선소내에서 사용되는 UE도 이동통신 서비스를 사용하지 않는 RUNNING state에서 UE가 이동통신 서비스를 받기 위해 MME로 PDN Connectivity Request 메시지를 보내면 eNB는 SETUP state로 천이하고 TUNNEL ESTABLISHED state, PDN CONNECTION state를 거쳐서 터널링을 수행하며 TUNNEL ESTABLISHED state에서는 D2D 데이터 타입을 기반으로 터널링 정보와 P-GW에 대한 정보를 eNB에 업데이트 한다는 것이 가장 핵심적인 동작이다.

상위 조선소와 하위조선소의 터널링 연결이 끊어지지 않는 이상 RUNNING with Tunneling state에서 계속 동작하게 되며, 새로운 PDN connection 요청이 들어오면 터널링 연결을 수행하고 재수행하며, 만일 터널링 연결이 D2D 단말 혹은 eNB의 요청에 의해 종료될 경우에는 PDN Disconnection Request 메시지를 MME로 전송하는 데 이때 N의 값이 0이 될 경우, RUNNING state로 천이하며 N의 값이 0이 아니면 해당 터널링 연결만 종료하고 RUNNING with Tunneling state로 재귀하여 다른 D2D 단말에게 서비스를 제공한다. 실제로 RUNNING with Tunneling state의 동작은 D2D 단말로 전송되는 패킷, 상위 조선소로 오프로드 되는 패킷, 터널링을 통해 P-GW로 전송되는 패킷의 인터페이스별로 처리되어야하기 때문에 약간 복잡한 양상을 보인다.

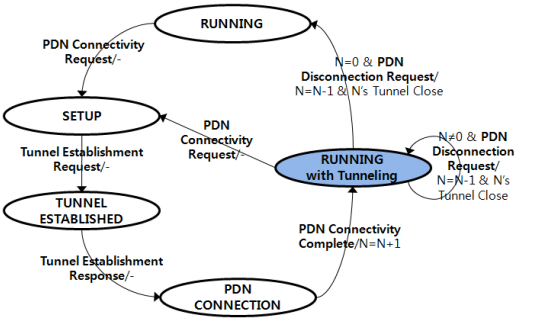

그림 6. State Transition Diagram으로 분석한 eNB에서의 동작
Fig. 6. Operation in eNB by state transition Diagram

V. 결 론

본 논문에서는 스마트 조선소 내에 적용할 수 있는 D2D 네트워크 구성과 일반 트래픽과 D2D 트래픽을 데이터 타입에 따라 전송하는 방안을 제안하였다. 상위 조선소와 하위 조선소간 데이터 타입에 따라 D2D 동작을 가능하게 함으로써 실시간 현장 업무 결재, 관리 등 업무와 생산성 향상을 기대할 수 있다. 또한 메시지 플로우와 트래픽 처리 방법 순서도를 기반으로 eNB에서의 패킷 처리과정을 state transition diagram 방식으로 검증을 수행하였다.

본 논문에서 제안하는 방식을 통해 상위조선소와 하위조선소간의 데이터 송수신을 데이터 타입에 따라 구별하여 최적화된 경로로 업무 수행할 수 있었다. 향후 과제로는 D2D 단말의 보안과 라우팅 최적화 경로, 에너지 효율에 대한 연구가 지속되어 D2D 단말이 실제 스마트 조선소내에 적용되어야 한다. 또한 실제 D2D 단말로 사용하고 있는 WiFi-Direct, Bluetooth 기반의 D2D 단말간 성능을 분석하여 최적의 효율을 낼 수 있는 곳에 적절히 단말을 배분하는 연구가 지속되어야 한다.

References

[1] B. G. Choi, S. J. Bae, Y. M. Kwon, and M. Y. Jung, “Mobility management and interference control technology in femtocell network based LTE-advanced,” *J. KICS*, vol. 28, no. 8, pp. 18-25, Aug. 2011.

[2] M. Yang, J. Shin, and P. Song, “LTE-D2D communication,” *J. KICS*, vol. 31. no. 2, pp. 112-114, Feb. 2014.

[3] M. J. Park, D. M. Lee, and S. W. Min, “Proposal and design of a novel SNA protocol

www.dbpia.co.kr

for the power control system," *J. KICS*, vol. 35, no. 8, pp. 1122-1128, Aug. 2010.

[4] M. Armstrong and J. Wright, *Mobile call termination in the UK*, UCL, Sept. 2007.

[5] 3GPP TS 23.401 V9.5.0, *General packet radio service enhancements for evolved universal terrestrial radio access network access*, 3GPP, Jun. 2010.

[6] U. Berger, "Access charges in the presence of call externalities," *J. Econ. Anal. Policy*, vol. 3, no. 1, Article 21, 2004.

[7] U. Berger, "Bill-and-keep vs. cost-based access pricing revisited," *Econ. Lett.*, vol. 86, no. 1, pp. 107-112, 2005.

[8] D. Birke and G. Swann, "Network effects and the choice of mobile phone operator," *J. Evolutionary Econ.*, vol. 16, no. 1-2, pp. 65-84, 2006.

김 수 현 (Su-Hyun Kim)

2013년 2월 : 광운대학교 전자통신공학과 학사

2013년 3월~현재 : 광운대학교 전자통신공학과 석사과정

<관심분야> D2D Communication, IMS

이 성 로 (Seong ro Lee)

1987년 2월 : 고려대학교 전자공학과 공학사

1990년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1996년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1997년 9월~현재 : 목포대학교 공과대학 정보전자공학과 교수

<관심분야> 디지털통신시스템, 이동 및 위성통신시스템, USN/텔레미틱스응용분야, 임베디드시스템

민 상 원 (Sang-Won Min)

1996년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사

1999년 2월~현재 : 광운대학교 전자통신공학과 교수

1990년 2월~1999년 2월 : LG정보통신 선임연구원

<관심분야> Next-Generation Convergence Networks

www.dbpia.co.kr