

<http://dx.doi.org/10.7236/IIBC.2016.16.1.55>

IIBC 2016-1-7

## 데이터링크 트리거에 의한 IP 핸드오버 성능 개선

### Performance Improvement of IP Handover by Data Link Trigger

기장근\*, 이규대\*\*

Jang-Geun Ki\*, Kyu-Tae Lee\*\*

**요약** 기존의 무선랜 모델에서는 현재 접속중인 AP가 송신하는 비콘 프레임의 수신에 일정 회수 이상 실패해야 새로운 AP를 찾는 스캔 절차가 시작된다. 이 경우 비콘 보다 길이가 큰 데이터 패킷은 비콘 손실이 발생하기 이전부터 이미 손실이 발생함으로 이동노드의 핸드오버 기간 중 많은 데이터 손실이 발생하게 된다. 본 논문에서는 비콘 프레임이 정상적으로 수신되는 경우에도 수신전력 레벨이 정해진 임계치보다 작고 동시에 이전 비콘 수신전력보다 작은 경우에 카운터 값을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 값 이상이 되면 새로운 AP를 찾는 스캔 절차를 수행하도록 수정 모델을 개발하였다. 또한 비콘 수신전력 임계치 설정의 타당성을 검토하고, UDP와 TCP 트래픽 환경에서 성능향상 정도를 분석하였다.

**Abstract** In the traditional wireless LAN model, scan procedure to search a new AP starts when the predefined number of Rx failure of beacon frames are occurred. In this case, lots of data packet loss occur during MN's handover because loss of the relatively longer data packet starts before the small-sized beacon loss. Newly developed scanning mechanism in this paper has the beacon counter that increases when the Rx power level of beacon frame is less than the threshold and the previous rx power level. New scan procedure starts when the counter exceeds the predefined number. Beacon Rx power threshold is verified and performance of the new WLAN model is evaluated under UDP and TCP traffic environment.

**Key Words** : Data link trigger, IP handover, Performance analysis

### 1. 서론

최근 모바일 사용자의 수가 급증하고 이에 따른 트래픽 수요도 급격히 증가하고 있다. 따라서 MIPv6<sup>[1]</sup>나 PMIPv6<sup>[2-4]</sup>와 같은 중앙집중형 이동성 관리 스킴들을 전개(deploy)하는데 제약이 따르고 있으며, 이에 대한 대안으로 망 운영자의 부담을 줄이고, 저비용 고효율의 망 구조를 갖는 분산형 또는 동적 이동성 관리 방안들의 필요성이 대두되고 있다.

MIPv6와 PMIPv6로 대표되는 기존의 중앙 집중형 IP 이동성 솔루션들은 라우팅 경로의 최적화 미비, 확장성 문제, 신호메시지 처리의 오버헤드, 망 구축의 복잡성, 단일고장점으로 인한 취약성, 이동성 관리 서비스의 세부적인 분할 지원 미비 등의 문제점들을 가지고 있다. 이와 같은 문제점들을 극복하기 위해 IETF의 DMM 워킹그룹<sup>[5]</sup>에 의해 연구되고 있는 분산형 이동성 관리의 주요 개념은 이동성 앵커를 가능한 한 이동노드에 가깝게 배치하는 것이다. 즉, 이동노드가 처음 IP 연결을 시도하는 라

\*종신회원, 공주대학교 전기전자 제어공학부

\*\*종신회원, 공주대학교 정보통신공학부

접수일자: 2015년 12월 10일, 수정완료: 2016년 1월 11일

게재확정일자: 2016년 2월 5일

Received: 10 December, 2015 / Revised: 11 January, 2016 /

Accepted: 5 February, 2016

\*Corresponding Author: kjpg@kongju.ac.kr

Div. of Electrical, Electronic, and Control Engineering,

Kongju National University, Korea

우터가 이동노드의 이동성 관리 매니저 역할을 수행하도록 하는 것이다. 또한 제어 평면과 데이터 평면의 분리에 기초하여 이동노드들의 앵커 역할을 도메인 내 모든 액세스 라우터로 분산시키는 연구가 활발히 이루어지고 있다<sup>[5-7]</sup>.

이와 같은 분산형 이동성 관리 방안 연구의 일환으로 Jang-Geun Ki의 참고문헌<sup>[8]</sup>에서 부분 분산형 이동성 관리 방안인 DMMv6 메커니즘을 제안하고 중앙집중형 이동성 관리 방안들과 성능 비교를 수행하였다. 이 연구의 결과를 보면 중앙 집중형 이동성 관리 방안에 비해 분산형 이동성 관리 방안의 장점을 확인할 수 있다. 그런데 분산형의 경우에도 이동노드의 핸드오버시 상당한 데이터 패킷 손실이 발생함을 볼 수 있는데 이는 데이터 링크 계층인 무선랜에서 새로운 AP(Access Point)를 찾는 스캔절차가 데이터 패킷 손실이 상당히 발생한 이후에야 시작되도록 되어있기 때문이다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위하여 본 논문에서는 정상적인 비콘 수신 성공 경우에도 비콘 수신전력 레벨을 정해진 임계치와 비교하여 임계치 값 이하이면서 동시에 이전 비콘 수신 전력보다 작은 경우에 카운터 값을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 값 이상이 되면 강제로 스캔 절차가 수행되도록 수정모형을 개발하였으며, 비콘 수신전력의 임계치 결정에 대한 타당성 및 다양한 트래픽 환경에서의 성능분석 결과를 제시하였다.

## II. 데이터링크 수정모형 개발

### 1. 무선랜 스캔절차 트리거 모델

그림 1에 본 논문에서 적용된 무선랜 스캔절차 트리거 방안에 대한 흐름도를 나타내었다.

기존의 무선랜 동작을 살펴보면 현재 접속중인 AP가 송신하는 비콘 프레임의 수신이 일정 회수 이상 실패해야 새로운 AP를 찾는 스캔 절차가 시작된다. 이 경우 비콘 보다 길이가 큰 데이터 패킷은 비콘 손실이 발생하기 이전부터 이미 손실이 발생함으로 이동노드의 핸드오버 기간중 많은 데이터 손실이 발생하게 된다.

따라서 본 논문에서 적용된 무선랜 수정모형(그림 1)에서는 비콘 프레임이 수신되는 경우 비콘 수신에러가 발생하지 않았더라도 수신전력 레벨(rx\_power)을 정해진 임계치 (THpower)와 비교하여 임계치 이하이면서 동

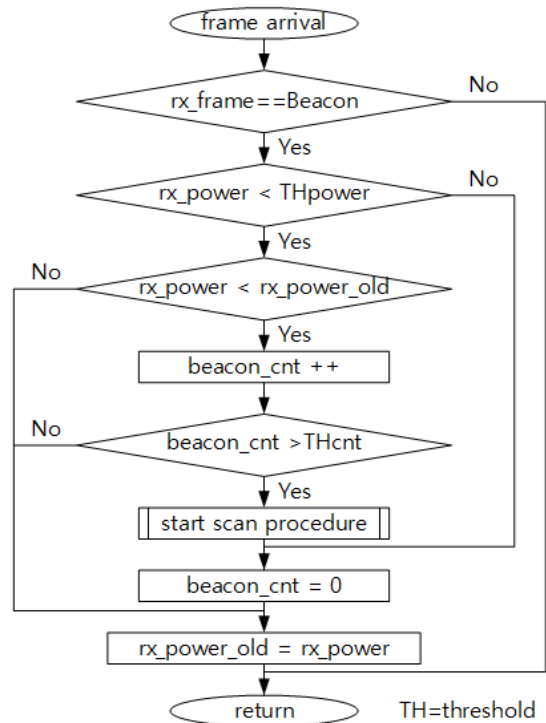


그림 1. 무선랜 스캔절차 트리거 메커니즘

Fig. 1. Wireless LAN scan procedure triggering mechanism

시에 이전 비콘 수신전력(rx\_power\_old)보다 작은 경우에 카운터 값(beacon\_cnt)을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 값(THcnt) 이상이 되면 새로운 AP를 찾는 스캔 절차를 수행하도록 하였다. 이전 비콘 수신전력보다 작은 경우에만 카운터 값을 증가시키는 이유는 이동노드가 AP로부터 멀어지는 경우에만 새로운 스캔절차를 시작시키기 위함이며, 이동노드가 AP를 향해 가까이 접근하는 경우에는 비콘 수신전력이 점점 더 커지게 됨으로 카운터 값이 증가하지 않게 되고 따라서 이 때는 새로운 AP를 찾는 스캔 절차가 유보되는 효과를 가지게 된다.

### 2. 비콘 수신전력 임계치 결정

일반적인 무선 통신에서 수신전력을 송신전력, 안테나 이득, 파장(또는 주파수), 거리와의 관계식으로 표현한 프리스(Friis) 공식은 다음과 같다.

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 = P_t G_t G_r \left(\frac{C/f}{4\pi d}\right)^2 \quad (1)$$

위 공식에서  $P$ 는 송수신 전력[W],  $G_t$ 와  $G_r$ 은 각각 송신, 수신 안테나 이득,  $\lambda$ 는 파장[m],  $d$ 는 송수신간 전파거리[m],  $C$ 는 광속[m/s],  $f$ 는 주파수[Hz]를 의미한다. 이와 같은 프리스 공식에서 알 수 있듯이 수신전력은 노드간 거리의 제곱 및 사용 주파수의 제곱에 반비례한다.

프리스 공식으로 구한 수신전력  $P_r$ 의 단위는 Watt 이며, 이를 dBm 으로 변환하는 공식은 아래와 같다.

$$x = 10 \log_{10} \frac{P_r}{1m W}, \quad P_r = 10^{\frac{x-30}{10}} \quad (2)$$

(단,  $x$  단위=dBm,  $P_r$  단위=W)

본 연구의 선행연구로 수행된 참고문헌<sup>[8]</sup>에서는 무선랜 시뮬레이션시 패킷수신과워임계치(Packet Reception Power Threshold)의 기본값으로 -95 dBm을 사용하였는데, 이 임계치 이하의 전력으로 수신된 패킷은 수신기에 의해 감지되지 못하고 잠음으로 간주되며, 이 임계치 이상의 경우 유효한 패킷으로 간주되고 간섭, 백그라운드 잡음, 다른 패킷과의 충돌 등으로 인한 비트 에러가 없을 경우에 성공적으로 수신된다.

따라서 패킷 길이가 짧은 무선랜 비콘의 경우 대략적으로 그림 2에서 점선으로 나타낸 -95 dBm 임계치를 갖는 거리까지 전송이 가능하다. 그러나 비콘보다 크기가 큰 데이터 패킷들의 전송거리는 이보다 짧게 되며, 따라서 비록 현재 비콘의 수신이 정상적으로 이루어지더라도 데이터 패킷의 손실을 막기 위해 스캔절차를 통해 다른 AP로의 접속을 시도해야 한다. 이를 확인하기 위해 그림 2에 송신전력 변화에 따른 데이터 패킷 길이별 최대 전송 가능거리를 시뮬레이션을 통해 구하여 나타내었다.

그림 2로 부터 송신전력이 정해지면 데이터 패킷 최대 전송거리를 알 수 있고, 따라서 이동노드가 이 거리에 도달하면 비록 비콘이 현재 잘 수신되고 있더라도 다른 AP를 찾는 스캔절차를 시작하여야 데이터 패킷의 손실을 막을 수 있게 된다. 예를 들어 송신전력이 5mW일 경우 1500byte 크기의 사용자 패킷은 약 1000m 정도 거리까지 전송 가능하므로 이 지점에서 수신전력을 계산해 보면 아래와 같다.

$$P_r = P_t G_t G_r \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 = P_t G_t G_r \left(\frac{C/f}{4\pi d}\right)^2 \quad (3)$$

$$= 0.005 \times 1 \times 1 \times \left(\frac{3 \times 10^8 / 2.412 \times 10^9}{4 \times \pi \times 1000}\right)^2$$

$$= 4.898 \times 10^{-13} [W]$$

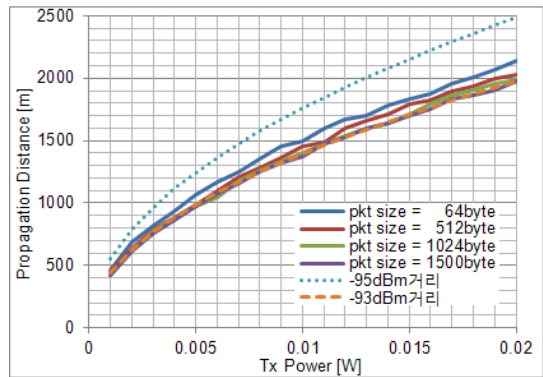


그림 2. 송신전력에 따른 최대전송거리

Fig. 2. Maximum propagation distance according to the Tx power

이 수신전력을 dBm으로 변환하면 아래와 같이 약 -93.1 dBm이 된다.

$$x = 10 \log_{10} \frac{P_r}{1m W} \quad (4)$$

$$= 10 \times \log_{10} \frac{4.898 \times 10^{-13}}{0.001}$$

$$= -93.1 [dBm]$$

같은 방법으로 1500byte 크기의 패킷이 전송 가능한 최대거리에서의 수신전력을 송신전력 변화에 따라 계산해 보면 표 1과 같으며, 이 표로부터 송신전력의 크기와 상관없이 스캔절차 트리거 임계치는 패킷 수신과워 임계치(Packet Reception-Power Threshold) -95 dBm 보다 약 2 dBm이 큰 -93 dBm 정도로 설정하는 것이 타당함을 알 수 있다.

표 1. 송신전력에 따른 트리거 임계치

Table 1. Trigger threshold according to the Tx power

송신전력[W]	0.001	0.005	0.010	0.020
최대송신거리[m]	450	1000	1400	2000
수신전력[dBm]	-93.2	-93.1	-93.0	-93.1

그림 2의 그래프에서 맨 아래쪽 점선으로 나타낸 -93 dBm 거리 결과는 각 송신전력에 대한 수신전력이 -93 dBm이 되는 거리를 계산으로 구한 결과를 보여주고 있으며 이동노드가 이 거리에 도달할 경우 스캔절차가 트리거 된다면 제일 크기가 큰 1500 바이트의 패킷도 대부분의 손실을 막을 수 있을 것이다.

### III. 데이터링크 수정 모델의 성능 분석

데이터링크로 사용된 무선랜의 수정된 시뮬레이션 모델에서 무선랜 스캔절차 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 -93 dBm 선정의 타당성을 검증하기 위해 UDP 트래픽과 TCP 트래픽 환경에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델의 대표적인 예는 그림 3과 같다.

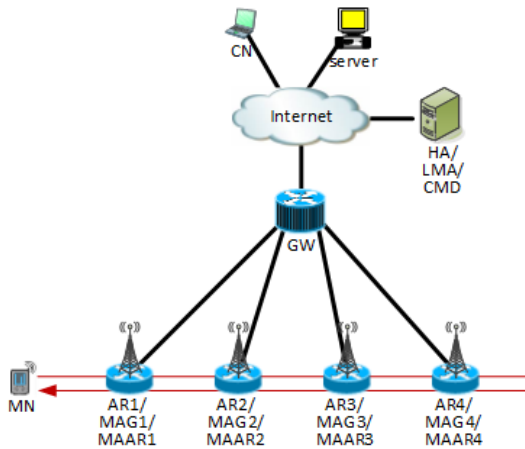


그림 3. 시뮬레이션 네트워크 모델  
Fig. 3. Simulation network model

그림 3의 네트워크 모델에서 ARx/MAGx/ MAARx 노드들과 HA/LMA/CMD 노드의 이름은 표 2와 같이 MIPv6, PMIPv6, DMMv6 프로토콜 시뮬레이션시 수행하는 역할을 각각 나타낸다.

그림 3에서 이동노드 MN은 시뮬레이션이 진행되는 동안 AR1부터 AR4 노드를 차례로 방문하였다가 다시 AR1노드로 되돌아오며, 시뮬레이션 시나리오에 따라 상대노드 CN이 다양한 패킷 크기를 갖는 UDP 트래픽을 이동노드 MN으로 송신하거나, 이동노드 MN이 FTP 서비스를 이용하여 서버노드(server)로부터 대용량 파일을 다운로드한다.

그림 4에는 상대노드 CN이 이동노드 MN으로 다양한 크기의 UDP 데이터 패킷을 전송할 때 무선랜 스캔절차 트리거 수신전력 임계치 변화에 따른 UDP 패킷 수신율 변화를 나타내었다. 그림의 곡선위 숫자는 각 임계치에 대해 서로 다른 패킷길이에 대한 수신율의 평균값을 나타낸다. 그림에서 맨 우측 -95.0 dBm에 대한 결과는 데

표 2. 적용되는 프로토콜에 따른 노드들의 기능  
Table 2. Node's function according to the protocol

노드 \ 프로토콜	MIPv6	PMIPv6	DMMv6
ARx/ MAGx/ MAARx	AR	MAG	MAAR
HA/ LMA/ CMD	HA	LMA	CMD

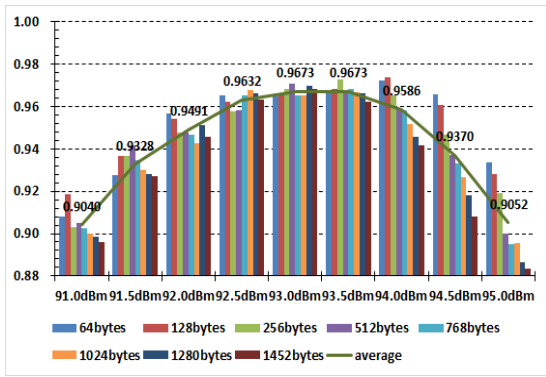
AR : Access Router  
MAG : Mobile Access Gateway  
MAAR : Mobility Anchor and Access Router  
HA : Home Agent  
LMA : Local Mobility Anchor  
CMD : Central Mobility Database

이터 패킷 수신 성공여부를 판단하는 수신전력 값과 트리거를 야기하는 비콘 수신전력 값이 같은 경우로 본 논문에서 제안하는 무선랜 수정모델을 적용하지 않은 결과와 동일하다.

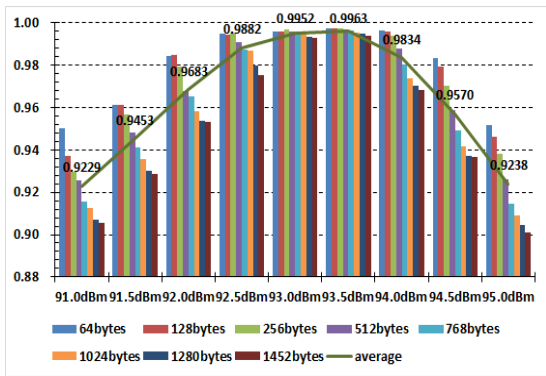
그림 4에서 알 수 있듯이 비콘 수신전력의 임계치를 약 -93 dBm으로 설정할 경우 세 프로토콜에서 가장 좋은 UDP 패킷 수신율을 보인다.

그림 5에는 기존모델(데이터와 비콘 수신전력 임계치가 모두 -95 dBm으로 동일)과 본 논문에서의 수정모델(스캔절차 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 -93dBm 적용)의 성능 차이를 그래프로 나타내었다. 그림에서 확인할 수 있듯이 각 프로토콜에서 UDP 데이터 패킷 수신율이 약 6.2%에서 7.5% 정도 성능향상이 있음을 알 수 있다.

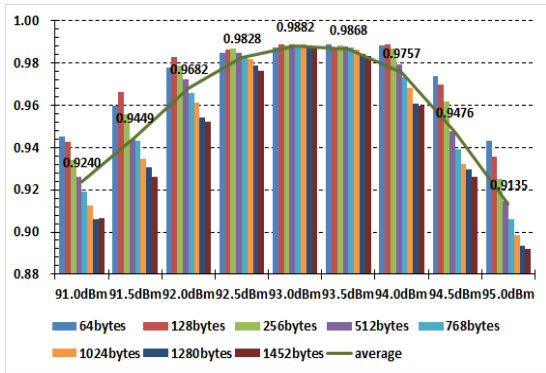
그림 6에는 이동노드 MN이 서버노드(server)로부터 TCP 전송계층을 사용하는 FTP 응용서비스를 이용해 40MB 크기의 파일을 다운로드 하는데 걸리는 시간을 나타내었다. 이 그림에서 x축의 맨 오른쪽 -95dBm의 경우는 기존모델의 성능결과를 의미하며, 나머지 경우는 본 논문의 수정모델에서 다양한 비콘 수신전력 임계치들을 적용한 결과를 나타낸다. 그림에서 알 수 있듯이 약 -93.0 dBm에서 FTP 다운로드 시간이 가장 짧아 TCP 트래픽의 경우에도 UDP 트래픽의 경우와 같이 임계치로 -93.0 dBm 적용시 가장 성능이 좋은 것으로 나타났다.



(a) MIPv6



(b) PMIPv6



(c) DMIPv6

그림 4. 비콘 수신전력 임계치 변화에 따른 UDP 패킷 수신율  
 Fig. 4. UDP packet Rx ratio according to the beacon rx power threshold

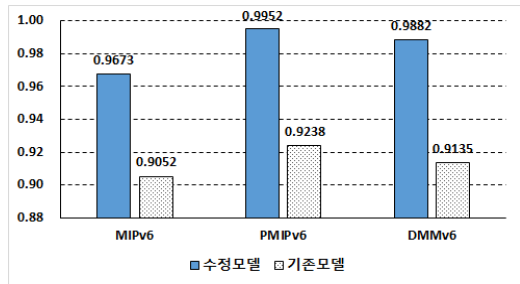


그림 5. UDP 패킷 수신율을 성능 비교  
 Fig. 5. Performance comparison of UDP packet Rx ratio

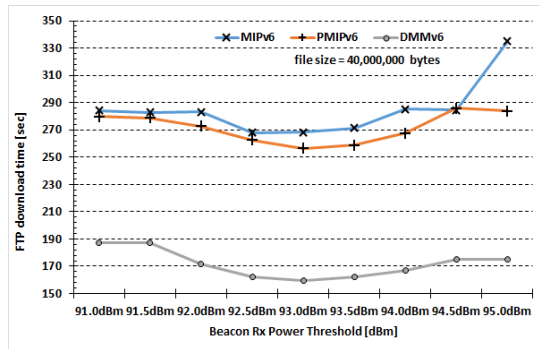


그림 6. FTP 다운로드 시간 (파일크기 = 40MB)  
 Fig. 6. FTP download delay (file size = 40MB)

#### IV. 결론

기존의 무선랜에서는 현재 접속중인 AP가 송신하는 비콘 프레임의 수신에 일정 회수 이상 실패해야 이동노드가 새로운 AP를 찾는 스캔 절차가 시작된다. 이 경우 비콘 보다 길이가 큰 데이터 패킷은 비콘 손실이 발생하기 이전부터 이미 손실이 발생함으로 이동노드의 핸드오버 기간중 많은 데이터 손실이 발생하게 된다.

이와 같은 문제를 해결하기 위해 비콘 프레임이 수신되는 경우 비록 수신에러가 발생하지 않았더라도 수신전력 레벨이 정해진 임계치 이하이면서 동시에 이전 비콘 수신전력보다 작아진 경우에 카운터 값을 증가시키고, 이 카운터 값이 정해진 값 이상이 되면 새로운 AP를 찾는 스캔 절차를 수행하는 수정모델을 개발하고, 무선랜 스캔절차 트리거를 위한 비콘 수신전력 임계치 -93 dBm 선정의 타당성을 검증하기 위해 다양한 UDP 및 TCP 트래픽 환경 하에서 시뮬레이션을 통한 성능분석을 수행하였다.

## References

- [1] C. Perkins, Ed., D. Johnson, J. Arkko, Mobility Support in IPv6, IETF RFC6275, July., 2011.
- [2] S. Gundavelli, Ed., K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, B. Patil., Proxy Mobile IPv6, IETF RFC5213, Aug., 2008.
- [3] Seung-Beak Yoo, Jongpil Jeong, "Design and Performance Analysis of Bandwidth-Efficient Handoff Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol.14, No.1, pp.219-236, Feb., 2014.
- [4] Ibrahim Al-Surmi et al., "Mobility management for IP-based next generation mobile networks: Review, challenge and perspective", Journal of Network and Computer Applications, Vol.35, Issue 1, pp.295-315. Jan., 2012.
- [5] IETF Distributed Mobility Management (DMM) working group, 2015, <https://datatracker.ietf.org/dmm/charter/>
- [6] Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee, "Network-Based Partially-Distributed Mobility Management Mechanism and Performance Evaluation", Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication(JIIBC), Vol.14, No.6, pp.75-84, Dec., 2014.
- [7] H. Chan, D. Liu, P. Seite, H. Yokota, J. Korhonen, Requirements for Distributed Mobility Management, IETF RFC7333, Aug., 2014.
- [8] Jang-Geun Ki, Kyu-Tae Lee, Do-Hyeun Kim, Modeling and Simulation of Partially Distributed Mobility Management Scheme, IJMUE (International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering), Vol.9, No.8, pp.125-135, SERSC(Science & Engineering Research Support Society), Aug., 31, 2014

## 저자 소개

## 기 장 근(중신회원)



- 1986년 2월 : 고려대학교 전자공학과 졸업
  - 1988년 2월 : 고려대학교 전자공학과 석사
  - 1992년 2월 : 고려대학교 전자공학과 박사
  - 2002년 6월 ~ 2003년 6월 : Univ. of Arizona 방문교수
  - 2010년 8월 ~ 2011년 8월 : Univ. of Arizona 방문교수
  - 1992년 3월 ~ 현재 : 공주대 전기전자 제어공학부 교수
- <주관심분야 : 통신프로토콜, 이동통신시스템>

## 이 규 대(중신회원)



- 1984년 : 고려대 전자공학과 졸업
  - 1986년 : 고려대 전자공학과 석사
  - 1991년 : 고려대 전자공학과 박사
  - 2001년 : 미 조지아텍 교환 교수
  - 2006년 : 미 일리노이주립대 교환 교수
  - 2007년 ~ 2009년 : 한국전자통신연구원 이동통신연구소 초빙연구원
  - 1992년 3월 ~ 현재 : 공주대 정보통신공학부 교수
- <주관심분야 : 회로 및 시스템, 신호처리, VLC>