

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2015.15.2.71>

JIIBC 2015-2-11

## 무선 CCN을 위한 성능향상에 대한 연구

### Research on Performance Improvement for Wireless CCN

이승진\*, 배홍민\*\*, 김병서\*\*\*

Seung-Jin Lee\*, Hong-Min Bae\*\*, Byung-Seo Kim\*\*\*

**요약** 종래의 인터넷 기반 네트워크에서 비효율적 콘텐츠 전달 메커니즘을 해결하기 위해 콘텐츠 중심 네트워크(CCN)은 유선 및 무선 네트워크를 위해 제안되었다. 무선 CCN 기반 네트워크의 문제 중 하나는 콘텐츠들의 전송에 대한 신뢰성을 달성하기 위해 Interest-Data 기반의 핸드셰이킹(handshaking)을 종단 간에 수행 함으로써 많은 오버헤드가 발생하기 때문이다. 본 논문에서는 오버헤드 감소 및 신뢰성을 달성하기 위해 다수의 데이터 패킷들이 Interest 패킷 없이 연속적으로 전송되도록 하는 프로토콜을 제안하였으며, 프로토콜을 통한 성능 향상을 시뮬레이션을 통해 입증하였다.

**Abstract** To resolve inefficient content delivery mechanism in conventional internet-based networks, Content-Centric Networks (CCN) has been proposed for wired and wireless networks. One of issues in wireless CCN-based networks is overhead to achieve reliability on content delivery because CCN uses end-to-end two-way handshake with Interest/content packets. In this paper, a novel protocol to reduce overhead and achieve reliability is proposed. The protocol allows Interest packet to request multiple data packets and multiple data packets to be sent in a row without a Interest packets. The protocol is evaluated through the simulations and the performance improvement is proved.

**Key Words** : CCN, NDN, Content, Protocol, Wireless.

## 1. 서론

이동 통신 장치와 같은 스마트 폰의 사용이 널리 급속히 확산됨에 따라, TED나 유튜브와 같은 비디오 스트리밍 서비스의 인기도 증가하고 있으며 이로 인해, 비디오 같은 콘텐츠 트래픽의 과부하가 네트워크에 나타날 수 있다. 특히, 비디오 스트리밍 서비스에서, 다수의 사용자가 하나의 콘텐츠 서버에 서로 다른 시간과 장소에서 요청하는 경우 현재의 시스템 하에서는 콘텐츠 전송에 비

효율성이 나타난다. 예를 들어, 같은 콘텐츠를 요청하는 사용자들이 한국 내에 다수가 있다고 하고, 그 콘텐츠 서버가 미국 내에 있다고 가정하자. 이 경우에 첫 번째로 콘텐츠를 요청한 사용자에게 콘텐츠가 여러 라우터들을 통하여 한국 내의 그 사용자에게 전달되어진다. 그 후 다음 사용자가 똑같은 콘텐츠를 요청하면 현재의 서버-클라이언트 관계 속에서는 또 다시 미국 내의 서버로부터 같은 경로를 통하여 두 번째 사용자에게 전달되어진다. 이러한 사용자가 10명이라면 10명이 똑 같은 과정으

\*정회원, (주)심네트

\*\*준회원, 홍익대학교 전자전산공학과

\*\*\*중신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과(교신저자)  
접수일자 : 2015년 1월 29일, 수정완료 : 2015년 3월 2일  
게재확정일자 : 2015년 4월 10일

Received: 29 January, 2015 / Revised: 2 March, 2015 /

Accepted: 10 April, 2015

\*\*\*Corresponding Author: jsnbs@hongik.ac.kr

Dept. of Computer Infomation Communication Eng., Hongik University, Korea

로 서비스를 받게 된다. 그러나 CCN 방식을 이용하게 되면 첫 번째 사용자에게 의한 콘텐츠의 다운로드가 완료되면 두 번째 사용자부터는 미국 서버로부터 콘텐츠 다운로드가 아닌 그 콘텐츠를 보유하고 있는 다른 라우터로부터 수신을 받으면 되기 때문에 다운로드 시간이 짧아짐과 동시에 더욱 효율적으로 네트워크 사용이 이루어진다. 이러한 CCN의 초기 연구들은 유선망에서 진행되었지만<sup>[1-4]</sup>, 최근 무선망에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>[5-15]</sup>, 하지만 무선망에서 CCN을 실질적으로 운영하는 데에 있어 구체적이지 못한 부분들이 있기 때문에 무선망에서 CCN 구조의 설계와 운영에 대하여 재조명 될 필요가 있다.

본 논문에서 우리는 무선 CCN에서 콘텐츠의 다운로드 시간을 줄이기 위하여 콘텐츠 요청 메시지 수를 줄임과 동시에 이를 통하여 콘텐츠의 다운로드 시간의 지연 감소와 콘텐츠의 전송 신뢰성 확보를 위한 방법을 제안한다.

제 2절에서 CCN 관련 일부 기술이 소개되며, 제 3절에서는 연구의 동기가 소개된 이후 제안된 프로토콜이 기술되어진다. 제 4절에서는 제안된 프로토콜을 콘텐츠 다운로드 시간의 관점에서 평가하였고, 5장에서 결론으로 본 논문을 마무리 한다.

## II. 무선 CCN의 선행 기술

### 1. CCN과 E-CHANET

CCN은 세 가지 장치와 3 개의 패킷으로 구성되어 있다. 세 디바이스는 소비자(Consumer), 공급자(Provider), 중간 노드(Intermediate Node), 그리고 3 개의 패킷은 Interest, 데이터, Announcement 패킷이다. 각 장치는 다음과 같은 세 가지 요소로 구성된다: 콘텐츠 저장소(CS), Pending Interest Table(PIT), 그리고 Forwarding Information Base(FIB). 소비자는 Interest 패킷을 사용하여 콘텐츠를 요청하고, 그 Interest 패킷을 수신한 모든 중간 노드들은 자신의 CS에 요청된 콘텐츠가 있는지를 확인한다. 만약 요청된 콘텐츠를 CS에 소유한 경우에는 그 콘텐츠를 브로드캐스팅의 방법으로 데이터를 전송하고, 공급자가 된다. 그렇지 않은 경우, 자신의 PIT에 Interest 패킷의 정보를 기록하고, 네트워크에 Interest 패킷을 브로드캐스팅 방식으로 주변에 전송한다. 따라서

요청 콘텐츠를 갖는 임의의 노드는 통상의 IP 기반 네트워크의 관점에서 콘텐츠 서버인 공급자가 될 수 있다. 데이터 패킷을 수신하면, 그것은 이전에 콘텐츠를 요청한 노드의 PIT를 보장하기 위해 검사한다. 그렇다면, 그 데이터 패킷을 브로드 캐스트하고, 그렇지 않으면, 패킷을 폐기한다. CCN에서 공급자는 자신이 보유한 콘텐츠에 대한 일부 정보를 Announcement 패킷을 Broadcast함으로써 네트워크에 알릴 수 있다.

CCN은 유선 네트워크에서 설계되었지만<sup>[1]</sup>, Enhanced-content-centric multiHop wireless NETWORK (E-CHANET)은 CCN 개념을 채택하여 무선 네트워크를 위해 설계되었다<sup>[7]</sup>. E-CHANET에서는 Announcement 패킷 형태와 FIB는 시스템에서 제거된다. 대신에, 잘못된 무선 채널에 대처하기 위해서, 소비자와 공급자 사이의 행동은 Interest/Data 기반의 양방향 핸드셰이크를 사용한다. 따라서 모든 데이터 패킷은 하나의 Interest 패킷에 의하여 요청되며, 만일 요청된 데이터 패킷이 수신에 실패되면 같은 Interest 패킷을 재송신하여 재요청하게 된다. 또한 요구된 데이터 패킷을 수신하기 위한 대기 시간을 계산하는 방법과 이동성으로 인한 효율적 콘텐츠 수신을 위한 공급자 간의 핸드오프 방법을 제공한다.

### 2. 무선 CCN

CCN의 개념은 2009년에 제안된 후 최근 약 이년 동안, 무선 CCN에 대한 연구가 활발히 수행되고있다<sup>[6-14]</sup>. Announcement, Interest, Data 등의 세 가지 패킷들을 재정의하고 FIB 및 Announcement 패킷의 명확한 사용을 제공한 연구 결과가 있다<sup>[6]</sup>. 노드들의 이동성에 대한 문제들이 지적되기도 하였다<sup>[8]</sup>. 노드의 이동성에 대한 문제를 해결하기 위하여, 소비자와 제공자가 이동하는 경우, 그들은 접두사 업데이트 메시지(Prefix Update Message)를 이용하여 네트워크 내의 모든 노드에 알리도록 하였다.

또한, 전술 모바일 애드혹 네트워크(MANETs)에 CCN을 접목한 연구도 발표되었다<sup>[9]</sup>. 그 논문에서는 전지에서 발생될 수 있는 데이터의 종류들을 상황에 따라 두 가지로 분류하고 각각에 대하여 각기 다른 우선순위를 할당하였다. 전쟁 기간 동안 발생된 콘텐츠는 더 높은 우선순위로 설정하고 우선순위가 낮은 콘텐츠 보다 CS에서 더 오랜 시간 동안 저장되도록 하였다. CCN 통신 방법은 또한 차량 네트워크에도 적용되었는데<sup>[10]</sup>. 특히 CarSpeak라고 명명되어진 자율 주행 시스템에 CCN 개

념을 접목하여 설계하였다. CarSpeak는 콘텐츠 중심 방법에서 콘텐츠를 요청하는 방식과 유사한 방식으로 다른 차량에 의해 획득된 감지 정보들을 요청하여 접근할 수 있다. CCN 기반 MANETs에서 노드 이동성으로 인한 패킷 손실 문제를 해결하기 위하여 주변 노드의 존재 유무를 수시로 확인하여 Interest와 데이터 패킷을 전송하도록 한 연구 결과가 있다<sup>[11]</sup>. CCN에서 플러딩(Flooding)으로 인한 문제들로 다루어 졌는데<sup>[12-13]</sup>, Interest 패킷이 일단 네트워크에서 플러딩된 후 공급자에게 제일 먼저 도착한 Interest의 경로를 따라 데이터가 전송되는 방식이 제안되었다<sup>[12]</sup>. 또 다른 논문에서는 CCN 기반의 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 네트워크 인지 Interest 플러딩(NAIF)이라는 새로운 방식을 제안했다.<sup>[15]</sup> 이 방식은 중간 노드들이 Interest 패킷의 포워드율을 감안하여 포워드 진행을 결정함에 따라 Interest의 무분별한 플러딩을 방지한다.

예컨대 E-CHANET 같은 CCN 기반 무선 네트워크는 콘텐츠 서비스의 장점을 제공하지만, 그 성능은 상술한 바와 같이 Interest 패킷 및 오류복구 방식으로 인해 효율성이 저하된다. 이러한 문제를 완화하기 위해, 우리는 좀 더 효율적인 Interest 패킷을 전송하기 위한 프로토콜을 제안한다. 이 프로토콜에서는, 각 데이터 패킷마다 Interest 패킷이 필요한 대신 하나의 Interest 패킷이 여러 데이터 패킷들을 요청하도록 하였으며 따라서 다수의 데이터 패킷들이 Interest를 기다릴 필요 없이 전송이 된다. 또한 요청된 패킷들 중 손실된 패킷에 대해서는 다음 Interest 패킷에서 재요청 되도록 하였다. 이 프로토콜을 이용하여, 불필요한 Interest 패킷들의 범람을 줄일 수 있고, 네트워크의 효율성을 증가 시킨다.

### III. 제안 프로토콜

그림 1(a) Interest 패킷의 NodeID 필드에는 소비자의 노드 번호를, CID 필드에는 요청 할 Content ID를, MPIID(Multiple Interest ID) 필드에는 요청하고자 하는 데이터 패킷의 개수 (차후 N으로 표시한다) 만큼의 요청 할 패킷 ID들을 넣는다. 중복 방지와 패킷의 유효성을 확인하기 위해 Sequence, Hop 필드를 추가하였다. 그림 1(b) Data 패킷의 CID 필드에는 Content ID를, PID 필드에는 요청 한 패킷의 ID를 넣는다. 또한 Interest 패킷의 크기는 11+a byte이고, 헤더부분을 제외한 Data 패킷의

크기는 11 byte이다. Interest 패킷 크기가 고정적이지 않은 이유는 MPIID 필드에 들어 갈 N에 대한 값에 따라 Interest 패킷의 크기가 변하기 때문이다. 예를 들어 소비자의 NodeID = 1, CID = 50, 1 Content = 20 패킷, N = 4 라고 가정했을 때, Interest 패킷의 모습은 그림 2와 같다.

그림 2와 같이 각 필드를 채운 후, 첫 번째 Interest 패킷을 forwarding한다. 공급자가 Interest 패킷을 받게 되면 MPIID를 확인 한 후, 해당하는 Data 패킷을 random defer time 후 보내게 될 것이다. 4개의 Data 패킷을 모두 수신 하게 되면 Consumer는 두 번째 Interest 패킷을 forwarding하게 된다. 만약, 소비자가 첫 번째 Interest 패킷을 forwarding 한 후, 일정 시간이 지났음에도 4개의 Data 패킷을 수신하지 못한다면 자신의 CS에서 어떠한 패킷을 수신 받지 못했는지 확인하고, 그 수신하지 못한 패킷의 ID를 두 번째 패킷을 전송 할 때 MPIID 필드에 입력하여 새롭게 요청하는 패킷들과 같이 다시 요청하여 손실된 Data를 수신 할 수 있게 한다. 그림 3에서는 2번 패킷이 손실됨에 따라 두 번째 Interest패킷의 MPIID에 2번 패킷의 ID가 다른 새로운 5, 6, 7번 ID들과 함께 들어가 있으며 이를 통하여 2번 패킷의 재송을 요청하게 된다.

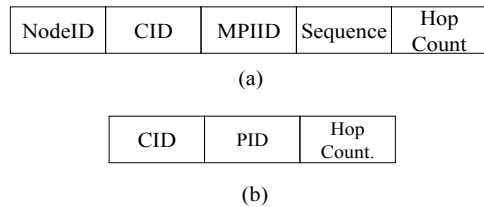


그림 1. 제안 프로토콜의 (a) Interest와 (b) data 패킷 포맷  
 Fig. 1. Formats of Interest and data packets for proposed protocol

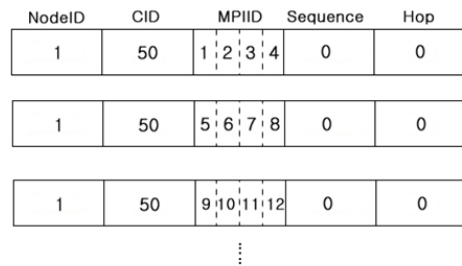


그림 2. Interest 패킷의 N=4일 때 전송의 예  
 Fig. 2. An Example of transmissions of Interest Packets with N=4

NodeID	CID	MPID	Sequence	Hop
1	50	1 2 3 4	0	0
1	50	2 5 6 7	0	0

그림 3. 데이터 패킷 2의 재전송 요구의 예  
Fig. 3. An Example of retransmission request of data packet # 2.

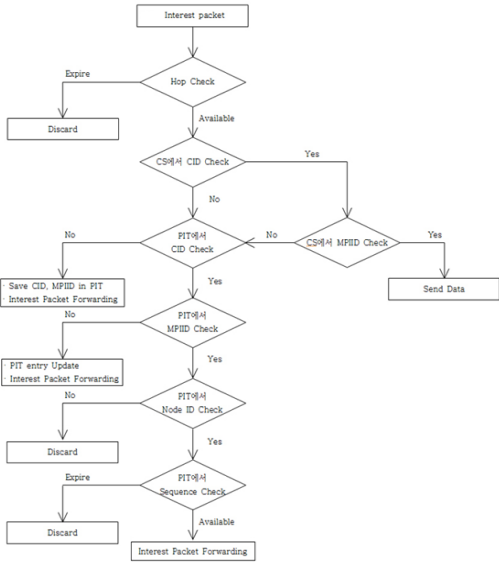


그림 4. 제안 프로토콜에서 Interest 패킷의 처리방법.  
Fig. 4. Interest Packet Processing in the proposed protocol.

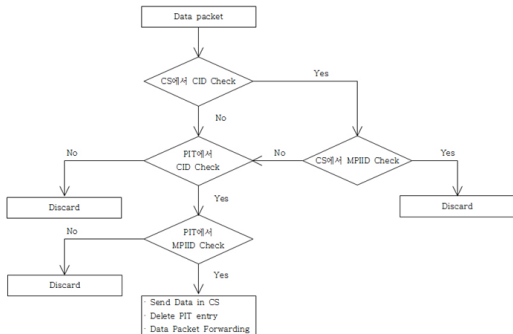


그림 5. 제안 프로토콜에서 Interest 패킷 처리방법.  
Fig. 5. Interest Packet Processing in the proposed protocol

그림 4와 5는 Interest 패킷과 Data 패킷을 노드들이 수신하였을 때의 처리 과정을 설명하고 있다.

#### IV. 실험 및 결과

이 장에서는, 제안된 프로토콜은 E-CHANET에 Interest 패킷을 사용하는 방법과 비교하여 평가 하였다. 평가는 네트워크 시뮬레이터 3 (NS-3)<sup>[14]</sup>를 사용하였으며 시뮬레이션에 사용된 파라미터는 표 1에 나타났다. IEEE802.11a 표준은 매체 액세스 제어 (MAC) 및 물리 계층을 위해 사용되며, 전송속도는 6Mbps로 설정하였다. 우리는 100개의 노드로 구성된 10 × 10 그리드 토폴로지를 통해 E-CHANET과 제안된 방식, 두 가지 방식들의 평균 콘텐츠 다운로드 시간을 비교 평가한다. 하나의 콘텐츠는 20개의 데이터 패킷들로 구성된다. 콘텐츠 다운로드 시간은 소비자가 공급자에게 첫 번째 Interest 패킷을 보내는 시간부터 모든 20개의 데이터 패킷을 수신하는 시점까지의 시간으로 정의 된다. 평균 콘텐츠 다운로드 시간은 소비자-제공자 쌍의 수를 2개에서 10개로 변경하며 성능 평가를 진행 하였으며 쌍들의 위치는 10 × 10 그리드 위에 무작위로 변경함으로써 평가하였다.

표 1. 시뮬레이션 매개 변수

Table 1. Simulation Parameters.

Parameter	Value
NS3 Version	3.16
Data Rate	6Mbps
Interest packet size	20 bytes
Data packet header size	12 bytes
Data payload size	2000 bytes
Interest Retry time	1000ms
Maximum Interest Retry	7
MaxHops	30
Interest Defer time	random(15~1023)ms
Data Defer time	random(15~1023)ms

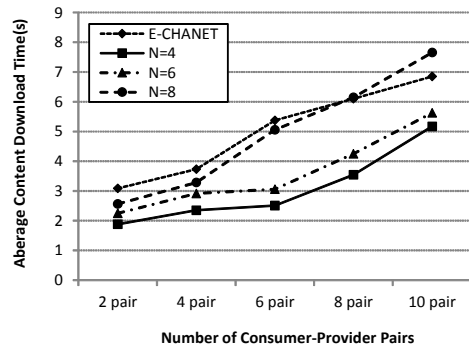


그림 6. 소비자-공급자 쌍들의 수와 N의 수의 함수로서의 평균 콘텐츠 다운로드 시간

Fig. 6. Average content download time as a function of consumer-provider pairs

그림 6에서는 E-CHANET과 제안 프로토콜의  $N=4,6,8$  일 때의 콘텐츠 다운로드 시간의 평균을 나타낸 것이다. E-CHANET는 제안 프로토콜의  $N=1$ 때의 값으로 간주되어질 수 있다. 그림 6 에서 볼 수 있듯이, 제안 프로토콜은 E-CHANET보다 다운로드 시간이 줄어들음을 알 수 있다. 이것은 제안한 방식이 Interest 패킷의 양을 줄일 수 있기 때문에 나타난 것으로, 무선 CCN은 broadcasting 방법에 기반을 두고 있기 때문에, Interest 패킷의 감소는 충돌을 감소시키고 이로 인해 수신 지연이 감소되는 현상을 볼 수 있다. 또한, E-CHANET 달리 제안 프로토콜은 제공자로부터 데이터 패킷 각각을 전송하기 위해 소비자로부터 송신 된 Interest 패킷을 수신 할 필요가 없다. 앞서 언급했듯이, 네트워크의 트래픽이 증가하면 이로 인하여 공급자가 Interest 패킷을 수신하기 위한 시간이 지연되며 이로 인해 다운로드 시간이 지연 되게 된다. 그러나 제안한 방식에서는 일정한 양의 데이터 패킷들은 Interest 수신을 기다릴 필요 없이 바로 전송이 가능하기에 다운로드 시간이 줄어든다. 이는 그림 6에서 소비자-공급자 쌍의 수가 증가 하면서 성능의 향상이 증가하는 것을 통하여 증명되어진다.

## V. 결론

본 논문에서는 무선 CCN을 위한 새로운 프로토콜을 제안한다. 종래의 무선 CCN과는 달리, 제안 된 프로토콜은 단일 패킷 불거리 하나의 콘텐츠에 속하는 다수의 데이터 패킷을 요청할 수 있다. 소비자로부터 발생하는 Interest 패킷의 수가 감소하여서 충돌이나 Interest 대기 시간 같은 오버헤드가 감소된다. 결과적으로, 콘텐츠 다운로드 시간이 시뮬레이션에서, 최대 40 %까지 감소된다.

## References

[1] P.S. Kim, "Current Status of Technologies and Standard on Information-Centric Network," TTA, ICT Standard Weekly, No.1229.  
[2] V. Jacobson et al., "Networking Named Content," in ACM CoNEXT'09, Rome, Italy, Dec. 2009.  
[3] J.I. Kim, H.Y. Jung, and W.G. Park, "Content Centric Networking Technology," Electronics and

Telecommunications Trends, vol. 25, no. 6, pp.136-143, Dec. 2012.  
[4] J.-H. Jung, G.-Y. Oh, N.K. Lee, C.-W. Yoon, H.-W. Lee, W. Ryu, and S.-C. Lee, "Architecture and Server Selection for DHT-based Distributed CDN," The institute of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 11, no. 5, pp. 217-288, Oct. 2011.  
[5] M. Petrovic et al., "Content-Based Routing in Mobile Ad Hoc Networks," in Proc. of the 2nd Annual Int. Conf. on Mobile and Ubiquitous Systems: Networking and Service, pp.45-55, Los Alamitos, CA, USA, 2005.  
[6] Mooi Choo Chual et al., "Secure Content Centric Mobile Network," GLOBECOM, 2011.  
[7] M. Amadeo et al., "E-CHANET: routing, forwarding and transport in information-centric multihop wireless networks," Elsevier, Computer Communications, Jan. 2013.  
[8] Lee J, Cho S, and Kim D. "Device mobility management in Content-Centric Networking," Communications Magazine, 2012, 50(12): 28-34.  
[9] S. Y. Oh, D. Lan, and M. Gerla, "Content Centric Networking in Tactical and Emergency MANETs," in Wireless days, IFIP 2010, Venice, Italy, Oct. 2010.  
[10] S. Kumar et al., "CarSpeak: A Content-Centric Network for Autonomous Driving," SIGCOMM'12, Aug. 2012.  
[11] Osman Adem et al., "Packet Loss Avoidance in Content Centric Mobile Adhoc Networks," ICACT, Jan. 2013.  
[12] H. Han, M. Wu, Q. Hu, and N. Wang, "Best Route, Error Broadcast: A Content-Centric Forwarding Protocol for MANETs," IEEE 80<sup>th</sup> Vehicular Technology Conference (VTCFall), Vancouver, Canada, Sept. 2014.  
[13] Y. Yu et al., "Interest Propagation in Named Data Manets," in Proc. of IEEE ICNC, San Diego, USA, Jan. 2013.  
[14] S.-J. Lee, C.-M Park, and B.-S. Kim, "REsearch on Efficiency of Interest-Data Handshaking in Wireless Content-Centric Networks," The institute

of Internet, Broadcasting and Communication, vol. 14, no. 2, pp. 81-86, April 2014.

[15] Network simulator 3: <http://www.nsnam.org>.

## 저자 소개

### 이 승 진(정회원)



- 2012년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과 공학사
- 2014년 : 홍익대학교 전자전산공학과 석사
- 2015년 1월 ~ 현재 : ㈜심네트 연구원

### 배 홍 민(준회원)



- 2015년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신 공학과 공학사
- 2015년 ~ 현재 : 홍익대학교 전자전산공학과 석사과정

### 김 병 서(중신회원)



- 1998년 : 인하대학교 전기공학과 공학사
- 2001년 : University of Florida, Dept. Electrical and Computer Engineering M.S.
- 2004년 : University of Florida, Dept. Electrical and Computer Engineering Ph.D.
- 1997년 12월 ~ 1999년 5월 : 한국 모토로라, CIM Engineer.
- 2005년 1월 ~ 2007년 8월 : Motorola Inc. Sr. Engineer.
- 2007년 9월 ~ 2012년 8월 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 조교수
- 2012년 9월 ~ 현재 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수

※ 본 연구는 이 논문은 2014년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 임(No. 2013R1A1A2005692)과 2014년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2014K000198).