논문 2016-11-02

무선 Content-Centric Network에서 Data 확산 제한 방법

(Method to Limit The Spread of Data in Wireless Content-Centric Network)

박 찬 민, 김 병 서*
(Chan-Min Park, Byung-Seo Kim*)

Abstract: Since Devices such labtop, tablet, smartphone have been developed, a lots of huge data that can be classified as content is flooded in the network. According to changing Internet usage, Content-Centric Network(CCN) what is new concept of Internet Architecture is appeared. Initially, CCN is studied on wired network. but recently, CCN is also studied on wireless network. Since a characteristic of wireless environment is different from a characteristic of wired environment, There are issues in wireless CCN. In this paper, we discuss improvement method of Data spread issue on wireless CCN. The proposed scheme of this paper use MAC Address of nodes when Interest and Data Packet are forwarded. As using the proposed scheme, we reduce the spread of Data and offer priority of forwarding to nodes of shortest path, reduce delay by modifying retransmission waiting time.

Keywords : CCN, Content-centric network, Data flooding, MAC Address

Ⅰ. 서 론

최근에 노트북, 태블릿, 스마트폰 등의 개인 기기들과 고성능 네트워크의 발달로 인하여 이전과는 달리 인터넷상에 Content 단위로 구별될 수 있는 많은 종류의 대용량 데이터들이 전달되고 있다. 이러한 인터넷 상의 데이터 종류의 변화로 인해서 기존의 TCP/IP네트워크의 한계와 문제점이 생겨나면서 새로운 Internet Architecture에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 가장 유망한 구조가 Content-Centric Network (CCN)이다.

CCN은 2009년 Van Jacobson에 의해 제안되었으며, Content 자체를 효율적으로 요청하고, 배포하는데 초점이 맞추어져 있다 [1].

CCN은 IP를 이용하지 않는 특징을 가지고 있다. CCN에서는 Content가 어디에 있느냐에 초점을 두지 않고, 원하는 Content가 무엇이냐에 초점을 두고 있다. 즉, 어떤 Content를 원하고자 할 때, 특정 위치의 서버에 Content를 요청해서 전송 받는 것이 아니라, 요청하는 Content를 가지고 있다면 누구든지 Content를 전송하게 하는 것이다.

초기의 CCN은 유선환경을 위해서 고안되었는데, 최근에는 CCN을 무선 환경에서 동작시키고자 하는 연구들이 있다 [2-4]. CCN을 무선 환경에 적용시킬 때 발생하는 Issue들이 있는데 그 중에 하나는 무분별한 Broadcast로 인한 네트워크의 부하 증가이다. 유선환경에서는 노드(라우터 등)가 Interface 정보를 가지고 있어서 패킷을 전달할 때 Interface 정보를 이용한 제어가 가능하다. 하지만 무선 환경에서는 전파가 언제나 Broadcast되기 때문에 패킷의 무분별한 확산으로 네트워크의 성능을 저하시키는 요소가 될 수 있다.

현재의 네트워크에서는 IP주소를 이용하여 패킷의 흐름을 제어 할 수 있지만 CCN에서는 IP를 사

*Corresponding Author (jsnbs@hongik.ac.kr)
Received : 30 Sep. 2015, Revised: 27 Oct. 2015, Accepted : 27 Nov. 2015.
C.M. Park, B.S. Kim: Hongik University
※ 본 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 (No. 2013R1A1A2005692)과 2015년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (2015K000270).

ⓒ IEMEK J. Embed. Sys. Appl. 2016 Feb. 11(1) 9-14
ISSN : 1975-5066
http://dx.doi.org/10.14372/IEMEK.2016.11.1.9

용하지 않기 때문에 제어가 어렵다. 그리고 CCN의 장점 중 하나가 Content의 확산으로 인하여 같은 Content가 요청되었을 때 근처의 노드로부터 바로 Content를 수신 하게하여 데이터 수신 시간을 단축할 수 있다는 것인데 이러한 장점을 유지하기 위해서는 Content의 확산을 크게 제한해서는 안 된다. 하지만 무분별하게 확산되는 Content는 결국 네트워크의 성능을 악화시킬 수 있다.

본 논문에서는 무선 환경의 CCN에서 Broadcast로 인한 무분별한 Data Packet의 확산을 노드들의 MAC Address를 이용하여 감소시키는 방법을 제시한다.

본 논문의 2장에서는 CCN의 개념과 관련 연구들을 소개하고, 3장에서는 제안하는 기법을 소개한다. 그리고 4장에서 시뮬레이션 결과를 설명하고, 5장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련 연구

1. Content-Centric Network

CCN은 IP를 이용하지 않는 특징을 가지고 있다. CCN에서는 2가지 종류의 노드(Consumer, Provider)가 2가지 종류의 패킷(Interest, Data)을 이용하여 Content를 전송한다. Consumer는 Interest Packet을 이용하여 Content를 요청하고, Provider는 Data Packet으로 Content 요청에 대하여 응답한다. 그리고 노드들은 3개의 Data Structure(CS, PIT, FIB)를 가지고 있다. CS(Content Store)에는 Content를 저장한다. PIT(Pending Interest Table)에는 수신한 Interest Packet에 대한 정보를 기록한다. FIB(Forwarding Information Base)에는 인근의 Provider와 Content에 대한 정보를 기록한다.

기본적인 CCN의 동작은 다음과 같다. 그림 1은 노드가 Interest Packet을 수신했을 때의 동작 과정이다. 노드는 먼저 CS에 요청받은 Content가 존재하는지를 확인한다. Content를 가지고 있다면 자신이 Provider가 되어 Data Packet으로 응답한다. CS에 Content가 없다면 PIT를 확인한다. PIT에 요청받은 Content에 대한 내역이 있으면, 이미 동일한 Content에 대해 요청을 받았고 Forward하였으므로 수신한 Interest Packet은 폐기한다. PIT에 내역이 없다면 FIB를 확인한다. FIB에 요청받은 Content에 대한 내역이 있다는 것은 인근에 해당 Content를 가진 Provider가 존재한다는 것이다. 따라서 Interest Packet을 Forward하여 Provider에게 전달한다.

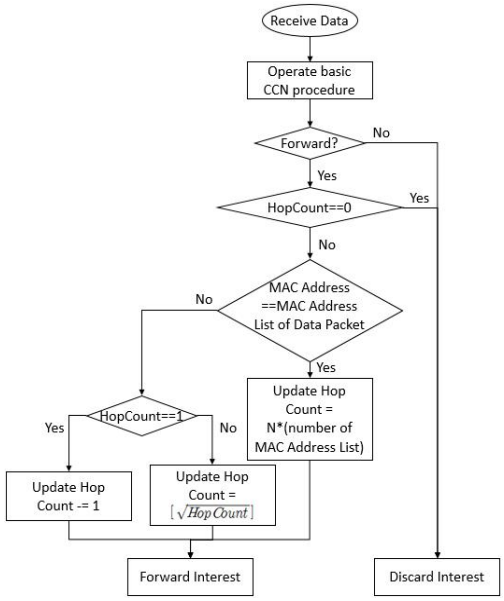


그림 1. Data Packet 수신 시 동작 알고리즘
Fig. 1 Algorithm at receiving the Data Packet

노드가 Data Packet을 수신했을 때의 동작 과정은 다음과 같다. 노드는 먼저 CS에 수신한 Data Packet과 동일한 Content가 있는지 확인한다. 동일한 Content가 있으면 수신한 Data Packet은 폐기한다. 동일한 Content가 없을 경우에는 PIT를 확인하여 수신한 Data Packet을 요청 받은 기록이 있는지를 확인한다. 요청 받은 기록이 있으면 Data Packet을 Forward하고 자신의 CS에 저장한다. 그리고 PIT에 기록된 내역은 삭제한다. PIT에 요청받은 기록이 없다면 Data Packet은 폐기한다.

2. Wireless CCN

최초의 CCN은 유선 환경을 대상으로 한 반면에 [1], E-CHANET은 CCN을 무선 환경에 적용시켰다 [2]. 특히, 무선 환경에서 Routing, Forwarding, Reliable Transport Function에 대해 다루었다. BREB는 무선 Ad-hoc 네트워크에서의 Content-Centric Forwarding Protocol에 대하여 연구하였다 [3]. 특히 무선 환경의 CCN에서 최적의 경로를 선택하는 Forwarding protocol에 대하여 연구하였다. Consumer와 Provider가 Interest Packet과 Data Packet을 주고받으면서 각 Packet이 거쳐 간 Hop Count 정보를 획득하고 이를 이용

하여 다음 Packet 전송 시에 최적 경로를 선택하는 척도로 이용하였다. 그리고 Interest Packet과 Data Packet이 전송 될 때마다 Hop Count 정보가 갱신되어 매 순간 최적의 경로가 변경되었다. 이는 네트워크 토폴로지가 유동적인 무선 환경에서 장점으로 작용하였다. 또한 Proactive approach를 이용하여 새로운 Packet 전달 방식을 제안한 연구도 있다 [4]. 노드들은 주기적인 Control Message 전송을 통하여 노드간 거리와 링크 상태 등의 네트워크 토폴로지 정보를 획득하였다. 이렇게 획득한 정보를 통해서 Packet Forwarding을 담당하는 노드를 선택하였다. 이 연구에서는 전송을 담당하는 특정 노드를 선택함으로써 Broadcast storming 문제를 해결하고자 하였다.

Ⅲ. 제안하는 기법

1. 연구동기

앞 장에서 조사되고 기술된 바와 같이 비록 여러 논문들이 무선 환경에서의 CCN에 대하여 연구하였지만 Data Packet이 네트워크에 광범위하게 확산되어 전체 네트워크의 부하를 증가시키는 문제를 다루지 못했다. 따라서 본 논문에서는 Data Packet의 무분별한 확산을 감소하여 전체 네트워크의 부하를 줄이는 방법을 제한 한다. 특히 본 논문에서 제안하는 방식은 Interest Packet의 전송의 확산보다는 Packet의 크기가 큰 Data Packet의 확산의 방지에 초점을 두고 있다. 이전에 제안된 방식들과는 달리 MAC Address를 이용하여 Data Packet의 전송 경로를 선택하고, 해당 경로 인근으로 Data Packet의 확산 범위가 제한되도록 하였다. IP Address가 없기 때문에 경로를 이루는 노드들을 선택하기 위한 다른 노드 식별자가 필요한데, MAC Address는 노드의 대표적인 식별자이므로 이를 이용하였다. 제안한 방식의 동작 방식에 대하여 다음 절에서 자세히 설명되어진다.

2. Data Packet의 전송 범위 감소

본 논문에서 제안하는 방법에서는 MAC Address를 사용하기 위해서 기존의 Interest와 Data Packet의 포맷에 MAC Address List field를 추가하였다. 또한 Data Packet에는 확산 범위를 제한하기 위한 Hop Count field를 추가하였다.

II장 1절에서 설명한 바와 같이 노드가 Interest를 수신하면 기본적인 CCN의 동작인 CS, PIT 확인 과정을 수행한다. 본 제안하는 방식에는 이 과정이 후에 다음과 같은 주가 과정을 수행한다. 즉, 그 수신노드가 Interest Packet을 Forward해야 할 필요가 있다고 판단될 때 , Interest의 MAC Address List에 자신의 MAC Address를 추가한다. 이때, MAC Address의 하위 24bit만을 저장한다. MAC Address의 상위 24bit은 제조사 번호이고, 하위 24bit은 기기의 일련번호이다. 24bit으로는 2의 24승개의 노드를 구분할 수 있기 때문에 같은 일련번호를 가진 노드가 인접할 가능성이 희박하므로 노드의 식별자로 사용하기에 문제가 없다. 또한, 혹시라도 같은 일련번호를 가진 노드가 인접하더라도 packet을 forward할 때 각자 다른 Deferred time을 갖기 때문에 packet 충돌을 방지 할 수 있다. 이에 대해서는 3.3절에서 더 자세히 설명한다. 그래서 Interest Packet의 크기를 줄이기 위해 MAC Address의 하위 24bit만 사용한다. 이런 방식으로 Interest는 자신이 지나간 경로를 저장하게 된다.

Provider는 Interest를 수신하면, Interest Packet의 MAC Address List를 전송할 Data의 MAC Address List field로 복사한다. 그리고 MAC Address List에 있는 MAC Address의 개수에 N배 (실험에서는 N=5로 설정하였다.)를 한 값을 Hop Count로 설정한 후에 Data Packet을 전송한다. 노드가 Data Packet을 수신하면 그림 1에서 설명하고 있는 과정들을 수행한다. Data Packet을 수신한 노드는 Packet을 Forward하기 전에 MAC Address List를 참고하여 잔여 Hop Count를 수정한다. Data Packet을 수신한 노드는 Data Packet의 MAC Address List에 자신의 MAC Address가 있는지 확인한다. 만일, MAC Address List에 자신의 MAC Address가 있으면 노드는 잔여 Hop Count를 최초에 Provider가 설정했던 최대 Hop으로 재설정한다. 이때, 잔여 Hop Count를 최대 Hop으로 재설정 하지 않고 감소시키게 되면 Data Packet이 Consumer 인근에 도달했을 때, 잔여 Hop Count가 매우 작아서 Data Packet의 확산 범위가 극심하게 제한되기 때문에 잔여 Hop Count를 감소시키지 않는다. MAC Address List에 자신의 MAC Address가 없으면 노드는 잔여 Hop Count를 기존 잔여 Hop Count의 제곱근을 넘지 않는 최대의 정수로 수정한다. 제곱근을 이용함으로써 잔여 Hop Count의 값이 크더라도 지수적으로 Hop Count를 감소시키기 때문에 효과적으로 확산 범위를 줄일 수 있다.

최초에 Provider가 제일 먼저 수신한 Interest Packet은 Consumer와 Provider 사이를 최단 거리로 전송 되어 왔다고 Provider는 간주한다. 따라서 위와 같은 방법을 이용하면 Data Packet의 Forwarding과정에서 Data Packet의 무분별한 확산을 감소시키면서 일정정도의 CCN이 추구하는 콘텐츠의 확산도 성취할 수 있다. 또한 최단 거리를 중심으로 Data Packet을 전송하게 되어 Content의 요구와 수신간의 지연을 감소시키게 된다.

3. 최단 경로 노드들의 우선 전송 방식

모든 노드들은 Packet을 전송할 때 인근 노드들과의 Packet 충돌을 방지하기 위해서 기본적으로 일정 시간을 대기한 후 전송한다. 이 대기 시간은 특정 Window 범위 내에서 랜덤하게 선택된 Deferred time 값에 의존한다 [2].

본 논문의 제안하는 방법에서 Data Packet에 기록된 MAC Address들의 순서는 가장 먼저 Provider에게 전달된 Interest Packet에 기록된 경로이기 때문에 해당 MAC Address들로 이루어진 경로는 앞서 언급한 바와 같이 Consumer와 Provider 사이의 최단경로로 가정된다. 따라서 Data Packet이 Consumer까지 빠르게 전송되기 위해서 MAC Address List에 존재 하는 노드들은 Deferred time을 정하는 Window 범위를 보통 노드보다 더 작은 값의 범위로 설정한다. 이러한 방법으로 MAC Address List에 존재하는 노드들은 짧은 시간만 대기 한 후에 Data Packet을 전송함으로써 그 경로 주변의 노드들보다 우선적으로 Data Packet을 전송할 수 있게 된다.

4. 재전송 대기 시간

CCN의 데이터 전송 방식인 Broadcast는 신뢰성을 보장하지 못한다. 그러므로 기본적인 CCN의 전송 방식에서 적용한 바와 같이 Flooding을 통한 다중 경로 전송은 Broadcasting전송의 신뢰성을 높이는 요소가 된다. 따라서 Consumer와 Provider 사이에 존재하는 짧은 경로에서 Packet 전달이 단절되어 Consumer/Provider가 Packet을 수신하지 못했을 때, 재전송 대기 시간을 증가시켜서 멀리 돌아오는 경로로 전송되어 오는 Packet이 수신되기를 기대할 수 있다. 반면에 본 논문에서 제안하는 방법은 Data Packet의 확산 범위를 감소시킴으로써 멀리 돌아오는 경로가 없어져서 다중 경로의 수가 줄어들었다. 그렇기 때문에 재전송 대기 시간을 늘려서 멀리 돌아오는 Packet을 기다릴 필요가 없다. 따라서 본 논문의 제안하는 방법에서는 재전송이 발생하여도 재전송 대기 시간을 증가시키지 않도록 하였다.

Ⅳ. 실험 및 결과

본 논문의 결과는 NS-3에서 유선 환경의 CCN을 구현한 ndnSIM을 무선 환경에서 동작하도록 수정한 시뮬레이터를 기반으로 도출하였다 [5]. 그리고 성능평가를 위해서 기본적인 CCN의 동작과 Packet 전송 전에 일정 시간을 대기하는 동작(Deferred time)을 수행하는 기본적인 무선 CCN을 비교 대상으로 선택하였다.

시뮬레이션은 1200개의 노드로 20X60의 Grid 토폴로지에서 진행하였다. 그리고 1개의 Content가 100개의 Data Packet으로 나누어진다고 가정했으며, Data Packet 1개의 Payload 크기는 1200Byte이다. 무선 통신 방식은 IEEE 802.11a를 사용하였고, 각 실험을 10회씩 진행하여 결과를 도출하였다. 표 1은 Content를 주고받는 Consumer와 Provider의 Pair 수에 따른 평균 Content Download Delay와 평균 재전송 횟수를 나타냈다. 각 Pair는 다른 Content를 요구하고 수신한다. 표 1에서 나타낸 바와 같이 제안하는 방법은 다중 경로로의 전송, 즉 Flooding이 적어 Broadcasting의 전송으로 인한 신뢰성 부족으로 재전송 횟수가 증가하지만, 제안한

표 1. Pair 수에 따른 평균 Content Download Delay와 평균 재전송 횟수
Table 1. Average Content Download Delay and Average Retransmission of the number of pair

# of Pairs	Average Delay(sec)		Average # of retransmission	
	origin CCN	proposed	origin CCN	proposed
1	17.9981	15.0958	1.075	1.126
2	19.5857	16.0091	1.062	1.159
3	22.0401	17.1412	1.073	1.182

표 2. 각 Pair가 발생시킨 부하의 총 양
Table 2. Total Traffic Load that each pair generated

Pair	Traffic Loads (Byte)	
	origin CCN	proposed
1	95096964.8	22564232
2	96944012.4	21903086.9
3	96930935.1	21195472.6

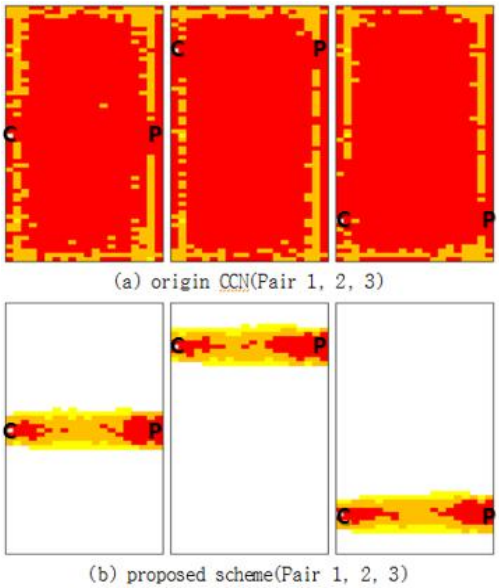


그림 2. Pair가 3개일 때, 각 Pair의 Data Packet 확산 영역(C: Consumer, P: Provider)
Fig. 2 Data Packet spread area of each pair in 3-Pair experiment(C: Consumer, P: Provider)

방식에서의 최단 경로 우선 전송 기법을 통한 경로 단축 및 Packet 충돌 횟수의 감소, 그리고 재전송 대기 시간을 증가 시키지 않음으로 인한 불필요하게 버려지는 신간의 감소 등의 효과로써 Content Download Delay는 기존의 무선 CCN보다 작게 나타냄을 알 수 있다.

그림 2는 성능평가를 위하여 채택한 Grid Topology를 나타내고 있으며 네트워크상에서의 Consumer와 Provider의 위치를 표시하였다. 그림에서 작은 사각형들은 네트워크를 이루는 노드들을 나타내며 그 사각형들의 색상은 각 Pair의 Data Packet 전송 빈도를 나타낸다. Data Packet을 전송한 횟수가 40회 이상인 노드들을 표시 한 것이며, 40회 이상은 노란색, 50회 이상은 주황색, 60회 이상은 적색으로 표시하였다. 그림 2의 (a)는 기존의 무선 CCN에 대한 Data Packet의 확산영역에 대한 그림이며, 그림 2의 (b)는 제안하는 기법에서의 Data Packet의 확산 영역에 대한 그림이다. 그림 2를 보면 기존의 무선 CCN에서는 각 Pair에 대한 Data Packet이 토폴로지 전체에 무분별하게 확산되는 반면에, 제안하는 기법에서는 각 Pair에 대한 Data Packet이 각 Pair의 최단경로 근처까지만 확산되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 그림 2를 통해서 제안하는 방법이 무분별한 Data Packet의 확산을 감소시킨 것을 확인했다.

Data Packet의 확산 범위 감소로 인해 네트워크 부하도 감소하였다. 표 2는 각 Pair가 Content를 주고받으면서 발생시킨 부하의 총 양이다.

표 2를 보면 제안하는 기법이 네트워크 부하를 현저히 감소시킨 것을 확인할 수 있다. 이는 결국 전체 네트워크의 Data Packet 전송 시의 충돌 횟수를 감소시키며 또한 전체적인 노드들의 에너지 절감으로 인한 life time을 연장하는 효과를 가져오게 한다.

V. 결 론

본 논문에서는 무선 CCN환경에서 MAC Address List를 이용해서 Data Packet의 전송 범위를 제한하여 무분별한 확산을 방지하였고, MAC Address List에 저장된 노드들에게 우선 전송 기회를 제공함으로써 최단 경로 우선 전송 기법을 구현하였다. 또한 재전송 대기 시간을 증가 시키지 않음으로써 의미 없는 수신 대기 시간을 줄여서 전체 Delay를 감소시켰다. 결과적으로, 제안하는 방법은 기존보다 Delay도 지연시키지 않으면서 Data Packet의 확산 영역을 감소하여 네트워크의 부하를 줄이는 것을 확인하였다. 차후의 연구 과제로서 본 연구를 확장시켜 이동환경에서의 제안된 방식의 성능을 점검하고자 한다.

References

[1] V. Jacobson, D.K. Smetters, J.D. Thornton, M.F. Plass, N.H. Briggs, R.L. Braynard, “Networking named content,” Proceedings of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies, 2009.

[2] M. Amadeo, A. Molinaro, G. Ruggeri, “E-CHANET: routing, forwarding and transport in information-centric multihop wireless networks,” Computer Communications vol. 36, no. 7, pp. 792-803, 2013.

[3] H. Han, M. Wu, Q. Hu, N. Wang, “Best route, error broadcast: a content-centric forwarding protocol for MANETs,” Proceedings of IEEE 80th Vehicular Technology Conference, 2014.

[4] D. Kim, Y.B. Ko, "A novel message

broadcasting strategy for reliable content retrieval in multi-hop wireless content centric networks," Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication, 2015.

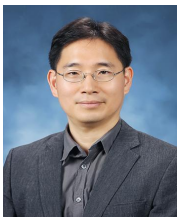
[5] A. Afanasyev, I. Moiseenko, L. Zhang. "ndnSIM: NDN Simulator for NS-3," Proceedings of University of California, Los Angeles, Tech. Rep, 2012.

Chan-Min park (박 찬 민)

He received B.E. degree in Dept. of Computer and Information Communications Eng., Hongik University in 2014. He is currently a graduate student for Master degree in Information major in graduate school of smart city science management, Hongik university. His research interests include the design and development of IoT-related wireless protocol and applications.

Email: naraniga@nate.com

Byung-Seo Kim (김 병 서)



He received Ph.D. degrees in electrical and computer engineering from the University of Florida, Gainesville, FL, USA, in 2004, respectively. His Ph.D. study was supervised by Dr. Y. Fang. Between 1997 and 1999, he was with Motorola Korea Ltd., Paju, Korea, as a Computer Integrated Manufacturing Engineer in advanced technology research and development (ATR&D). From January 2005 to August 2007, he was with Motorola Inc., Schaumburg, IL, USA, as a Senior Software Engineer in networks and enterprises. He is currently an Associate Professor with the Department of Computer and Information Communication Engineering, Hongik University, Sejong, Korea. His research interests include the design and development of efficient link-adaptable (MAC) protocols, cross-layer architectures, multi-MAC structures, and resource-allocation algorithms for wireless networks.

Email: jsnbs@hongik.ac.kr