

<http://dx.doi.org/10.7236/JIIBC.2014.14.2.81>

JIIBC 2014-2-11

# 무선 Content-Centric Network에서의 Interest-Data Handshaking의 효율성에 대한 연구

## Research on Efficiency of Interest-Data Handshaking in Wireless Content-Centric Networks

이승진\*, 박찬민\*\*, 김병서\*\*\*

Seung-Jin Lee\*, Chan-Min Park\*\*, Byung-Seo Kim\*\*\*

**요 약** 최근 주목을 받고 있는 Information Centric Network 구조 중 하나인 Content Centric Network (CCN)을 무선망에서 실질적으로 운영하기 위한 연구가 활발히 진행 되고 있다. 무선망에서 CCN을 운영을 위한 연구 결과들 중 가장 주목할 만한 것으로 Enhanced-Content-centric multiHop wireless NETwork(E-CHANET)이 있다. E-CHANET은 무선망의 특성을 고려하여 효율적 데이터 전송을 위한 방법을 제안하고 있다. E-CHANET에서는 하나의 데이터 패킷 전송 요청을 위하여 Interest 패킷을 전송하여야만 한다. 본 논문에서는 Interest와 데이터 패킷의 전송에 대한 효율성에 대하여 시뮬레이션을 통해 한번의 Interest로 모든 데이터 패킷을 전송하는 방식과 비교 분석하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 E-CHANET의 방식이 신뢰성을 증가시키기는 하나 전 패킷의 다운로드 시간을 많이 증가 시켜 비효율성이 있음을 확인하였다.

**Abstract** Content Centric Network (CCN) is one of candidate technologies for the future Information Centric Networks. Recently, adopting CCN concept to wireless networks has extensively been studied. One of the well-known studies is Enhanced-Content-centric multiHop wireless NETwork (E-CHANET), which proposes efficient methods to deliver contents adopting CCN concept over wireless environment. In E-CHANET, in order for a provider to send a data packet, one interest packet from a consumer is required. In this paper, efficiency of data-interest handshaking in E-CHANET has been investigated. It is compared with a method using only one interest packet for all data packets through simulations. As results, while the handshaking provides transmission reliability, it increases content down load time too much.

**Key Words** : CCN, CHANET, E-CHANET, Protocol

### I. 서 론

최근 스마트폰을 포함한 이동성을 가진 통신 기기들

이 급속도로 확산됨에 따라, 인터넷상의 콘텐츠 트래픽이 급증하고 있다. 사용자가 많아질수록 동일한 콘텐츠를 반복적으로 전송하는 횟수가 증가 할 것이고, 이러한

\*\*\*종신회원, 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과  
접수일자 2014년 1월 14일, 수정완료 2014년 3월 5일  
게재확정일자 2014년 4월 11일

Received: 14 January, 2014 / Revised: 5 March, 2014 /  
Accepted: 11 April, 2014

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

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

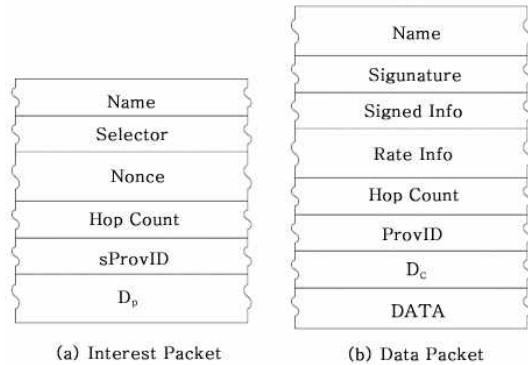
비효율적인 전송은 네트워크의 성능 저하를 야기 시킬 수 있다. 그런데, 현재의 인터넷은 주로 기술에 대한 근본적인 문제들을 제기하고 그것에 초점이 맞추어져있어, 기존의 구조를 확장시키는 것 보단 새로운 인터넷 구조가 설계되어야 한다는 주장이 펼쳐지고 있다.

미국의 경우, Future Internet Architecture (FIA)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 그 중 Content-Centric Network (CCN)은 가장 성공적으로 평가되는, 화제가 되는 미래 인터넷 구조 중 하나이다<sup>1</sup>.

CCN은 2009년 Van Jacobson에 의해 제안되었으며, 콘텐츠 자체를 효율적으로 요청하고, 배포할 수 있도록 하는데 초점이 맞추어져 있다<sup>2</sup>. 중단간 통신을 (host-to-host communication) 효율적으로 제공하기 위해 만들어진 현재의 인터넷의 특성으로는 이동성 지원과 불특정 다수로 배포되는 최근의 콘텐츠 특성을 만족 시키기는 어렵기 때문에 IP 프로토콜 대신 콘텐츠 이름을 사용하여 요청 및 배포를 하는 CCN 기술을 제안하는 것이다. 즉 현재의 인터넷은 IP 주소를 사용하여 “어느 곳(when)”에서 가져와야 하는지 초점을 두었다면 CCN은 콘텐츠 이름을 사용하여 “무엇을(what)” 요청하고 배포할지 중점을 두고 있다<sup>3</sup>.

CCN의 초기 연구들은 유선망에서 진행되었지만<sup>4</sup>, 최근 무선망에 적용하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>5-10</sup>. 그러한 연구 결과 들 중 가장 최근에 발표되어 주목받고 있는 연구 결과가 Enhanced-Content-centric multiHop wireless NETwork (E-CHANET) 이다<sup>5</sup>. E-CHANET은 무선 망에서의 CCN 구현을 위한 효율적 전송방식들에 대하여 구체적으로 제안하고 있다. E-CHANET에서는 전송의 신뢰성 증가를 위하여 콘텐츠 공급자 (Provider)로부터 콘텐츠를 요청시에 콘텐츠 소비자(Consumer)는 콘텐츠의 각 데이터 패킷마다 Interest패킷을 전송하여 요청하여야 한다. 즉 기본적인 데이터의 전송은 Interest-데이터의 Handshaking 방식으로 이루어진다고 할 수 있다. 그러나 CCN에서의 콘텐츠의 Flooding 기반의 전송은 충분히 신뢰성을 확보할 수 있기에 무선망에 불필요한 오버헤드를 증가 시키는 이러한 Handshaking 방식에 대하여 의문을 제기하게 된다. 따라서 본 논문에서는 E-CHANET의 Interest-Data Handshaking에 대하여 한번의 Interest로 모든 데이터를 송신하는 방식과의 비교를 통하여 그 성능을 분석하고자 한다.

본 논문의 II장에서 E-CHANET에 대하여 소개하고, III장에서 성능 분석을 위한 시뮬레이션의 환경 소개와 시뮬레이션의 결과를 보이며, 마지막으로 결론을 맺는다.



1. E-CHANET의 two-패킷 Types  
Fig. 1. Packet Types for E-CHANET

## II. E-CHANET

### 1. E-CHANET Architecture

E-CHANET에서 사용되는 패킷의 종류는 그림 1에서 보이는 바와 같이 2가지로 정의하고 있다. 하나는 콘텐츠를 요청할 때 사용되는 Interest 패킷이며 다른 하나는 요청에 대한 응답으로 콘텐츠를 전송하기 위해 사용되는 데이터 패킷이다. 또한 각 노드들은 아래와 같은 요소들을 갖추고 있다.

- Content Store (CS) : 버퍼와 같이 콘텐츠를 저장하는 공간으로, 저장 공간 관리를 위해 Least Recently Used(LRU)정책을 사용한다.
- Pending Interest Table (PIT) : 콘텐츠를 요청하는 Interest 패킷을 전송 한 후, PIT에 일정시간 저장하여 역방향으로 데이터 패킷을 전송 할 때 사용한다.
- Content Provider Table(CPT) : 데이터 패킷을 수신하면 콘텐츠 공급자의 nodeID를 저장하여, 동일한 데이터 패킷을 수신하였을 경우 이전의 콘텐츠 공급자보다 홉 수가 더 적다면 이 콘텐츠 공급자를 sProvID(selective Provider ID)로 지정한다. sProvID는 현재 선택되어진 콘텐츠 제공자의 ID를 의미하여

## 2. 라우팅과 포워딩

E-CHANET의 라우팅과 포워딩 기능은 Interest controlled flooding, 데이터 포워딩, Interest 포워딩의 3 단계로 나뉘어 작동한다.

### • Interest controlled flooding

컨텐츠를 요청하는 콘텐츠 소비자,  $C_i$ 는 첫 번째로 브로드캐스트 되는 Interest 패킷의 sProvID,  $D_b$  field는 null로 세팅하고, 콘텐츠 공급자를 알지 못한 채로 전송이 시작 된다. 여기서  $D_b$ 는 sProvID로부터 자신까지의 예상되어지는 홉 거리이다. 중간 노드가 Interest 패킷을 수신하게 되면 Nonce, Hop Count field를 통하여 패킷이 중복되지 않고 유효한지 확인한다.

패킷이 유효하면 CS를 확인하여 일치하는 PID가 있는지 확인한다. PID는 요청되는 콘텐츠의 ID이다. CS에 일치하는 PID가 있다면 Random Defer Time 후에 데이터 패킷을 전송하고, CS에 일치하는 PID가 없다면 PIT를 확인한다. PIT에 일치하는 PID가 없다면 PIT에 새로운 목록을 저장하고, CPT를 확인한다. CPT에 콘텐츠 공급자에 대한 정보가 있다면 그 콘텐츠 공급자가 자신에게 가장 근접한 콘텐츠 공급자이며 따라서 그 콘텐츠 공급자의 ID를 sProvID에 그 콘텐츠 공급자까지의 홉수를  $D_b$  field로 채운 후 Interest 패킷을 계속해서 전송한다. PIT에 일치하는 PID가 있다면 수신 한 Interest 패킷의 정보로 PIT를 update하고, 패킷은 discard한다.

### • 데이터 포워딩

중간노드가 데이터 패킷을 수신하면 PIT를 Check한다. PIT에 만족하는 entry가 있으면 다음 조건을 만족하는지 check한다.

$$(d(R_c, C_i) \leq D_c - 1) \quad (1)$$

$R_c$ 는 중간노드를 나타내며,  $d(A, B)$ 는 A부터 B까지의 홉수를 나타낸다.  $D_c$ 는 수신된 데이터 패킷을 전송한 이전 중간노드가 예상한 자신으로부터 콘텐츠 소비자까지의 홉 거리를 나타낸다. 최초로 콘텐츠 공급자가 수신한 Interest 패킷의 Hop Count 필드의 값으로 데이터 패킷의  $D_c$  값을 설정하여 전송한다. (1)을 만족하면 데이터 포워딩을 진행한다. 데이터 포워딩을 한 후 데이터 패킷의  $D_c$  field를  $d(R_c, C_i)$ 로 업데이트하고, CPT에

ProvID, CID,  $D_c$  field의 값을 넣어 새로운 entry를 생성시킨다. 이렇게 함으로써 (1)식을 만족하는 노드가 여러 개 일 경우, distance 값을 비교하여 더 작은 값을 가질 때 만 데이터 포워딩이 진행되도록 한다.

(1)을 만족하지 않고, PIT에 해당하는 entry가 없다면 데이터 패킷은 discard된다. PIT에 하나 이상의 entry가 있다면 다음 조건을 만족하는지 check한다.

$$\min(d(R_c, C_i), d(R_c, C_j)) \leq D_c - 1 \quad (2)$$

$D_c$  값은 더 멀리 있는 콘텐츠 소비자의 값으로 지정하고, (2)를 만족하면 데이터 포워딩을 진행한다.

### • Interest 포워딩

중간노드( $R_A$ )가 Interest 패킷을 수신하면 기존의 Interest 패킷의 처리과정과 마찬가지로 CS, PIT, CPT 순으로 일치하는 Content Name이 있는지 Check한다. CS, PIT에 일치하는 Content Name이 없고, CPT에 일치하는 Content Name이 있을 경우 다음 조건을 만족하는지 Check한다.

$$d(R_c, P) \leq D_p - 1 \quad (3)$$

P는 콘텐츠 공급자이다. (3)을 만족하면 수신 한 Interest 패킷의  $D_b$  field 값을 자신의 Distance 값으로 update 한 후, 이 정보를 PIT에 추가하고 Interest 패킷을 포워딩한다.

## 3. Mobility Handler

Mobility Handler는 service disruption, 다운로드 시간을 줄이기 위해 제안하였다. Mobility Handler는 Consumer-driven handover과 Provider-driven handover로 구분된다.

### • Consumer-driven handover

Hidden terminal, node mobility가 발생하더라도 caching 기능으로 데이터를 저장하기 때문에 다른 노드가 콘텐츠 소비자에게 데이터를 전달 할 수 있다. 데이터를 받으면 콘텐츠 소비자는 발견한 콘텐츠 공급자의 정보 중 hop distance, RTT field를 CPT에 update한다. Interest 패킷을 보내고 응답이 없어 몇 번의 시도에도

응답이 없다면 콘텐츠 소비자는 CPT의 두 가지 field 값으로 새로운 콘텐츠 공급자를 찾는다. 이 field 값으로 정해진 범위 내에서도 해당하는 콘텐츠 공급자가 없다면 콘텐츠 소비자는 새로운 Interest 패킷을 발생하여 네트워크 전체에서 콘텐츠 공급자를 찾는다.

• Provider-driven handover

Interest 패킷 수신 시 CS에는 존재하지만 선택된 콘텐츠 공급자가 존재하지 않는 경우 발생한다. Interest를 받은 노드가 광고한 콘텐츠 공급자보다 콘텐츠 소비자에 가깝다면 Interest 패킷을 받은 노드가 새로운 콘텐츠 공급자가 된다. Interest 패킷을 받은 노드에 데이터가 있어 Interest 패킷에 응답을 할 수 있다면 이 노드가 선택된 콘텐츠 공급자가 될 수 있다.

III. 연구동기

E-CHANET에서는 하나의 데이터 패킷을 수신받기 위해서는 하나의 Interest 패킷이 콘텐츠 공급자에 도착하여야 한다. 따라서 콘텐츠 소비자와 콘텐츠 공급자 사이의 기본적 전송 방식은 Interest-Data Handshaking이라고 할 수 있다. 이러한 방식은 데이터의 신뢰적 전송을 추구할 수는 있으나 같은 콘텐츠수신을 위하여 그 콘텐츠의 조각들인 모든 데이터 패킷 전송을 위하여 Flooding 방식으로 Interest 패킷을 매번 보내는 것은 비효율적일 수가 있다. 특히나 유선망과 달리 오류율이 높은 무선망에서는 Interest 패킷의 손실시 재전송 또한 이루어져야 함으로 망내의 불필요한 오버헤드를 증가시킬 수 있다.

또한 CCN에서는 데이터의 패킷이 브로드캐스트 전송 방식을 통하여 Flooding되어 전송되기에 기존의 유니캐스팅 방식과 달리 경로의 끊임에 따른 데이터의 손실이 적어 Interest패킷의 매번 전송이 없더라도 데이터의 전송의 신뢰성이 증가할 것으로 예상된다.

따라서 본 논문에서는 E-CHANET의 Packet-Interest Handshaking에 의한 전송의 효율성을 점검하고 이를 통하여 새로운 전송 방식을 제안할 수 있는 기반을 만들고자 한다.

IV. 모의실험 및 결과

본 논문에서는 E-CHANET의 Packet-Interest Handshaking방식의 성능을 비교하기 위해 Non-Handshaking 방법을 사용한다. Non-Handshaking은 처음 전송 한 Interest 패킷을 받은 콘텐츠 공급자가 Interest에 의하여 요청된 Content에 해당하는 모든 데이터 패킷들을, 또 다른 Interest 패킷의 전송 없이 연속적으로 모두 보내는 것을 의미한다.

1. E-CHANET의 802.11a 파라미터

Table 1. 802.11a Parameters for E-CHANET

Parameter	Value
NS3 Version	3.16
Data Rate	6Mbps
Interest header size	12 byte
Data header size	12 byte
Data payload size	2000 bytes
Interest Retry 최대 횟수	7회
Interest Defer time	random(15~1023)ms
Data Defer time	random(15~1023)ms

표 2. 시뮬레이션 시나리오

Table 2. Simulation Scenario

Parameter	Value
Simulation grid	810m x 810m
Nodes	100(10x10)
Node Position Allocator	Grid Position
Architectures	E-CHANET
Data	1 Content = 20 packets

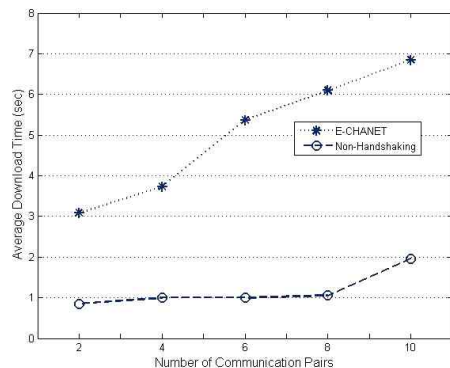


그림 2. 전송 pair 수 변화에 따른 평균 다운로드 시간  
Fig. 2. Average Download Time as a function of the number of transmitted pairs

성능 평가를 위한 모의실험은 NS-3 시뮬레이터를 사용하여 수행되었으며, 무선망에서의 CCN은 아직 표준화가 되지 않았기 때문에 IEEE 802.11a<sup>11</sup> 표준 기반의 MAC과 PHY를 적용하였으며, 자세한 시뮬레이션 환경에 대한 파라미터가 표 1에, 시뮬레이션 시나리오에 대한 요약은 표2에 나타내었다. 노드의 수는 100개를 Grid 구조로 배치 한 후, 통신에 참여하는 pair(콘텐츠 소비자와 콘텐츠 공급자)의 수를 2에서 4pair들로 늘려가며 E-CHANET과 Non-Handshaking의 성능을 비교하였다.

Interest 패킷을 전송 한 후 재전송을 위하여 데이터의 수신을 기다리는 시간을 1초로 설정하였고, MaxHop은 30으로 설정하여 모든 패킷들이 충분히 포워드 되도록 하였다.

**3. Non-Handshaking의 다운로드 실패율**  
**Table 3. Download Failure Rate for Non-Handshaking**

	2 pair	4 pair	6 pair	8 pair	10 pair
Download Failure Rate (%)	33.33	52.38	47.37	62.96	64.29

그림 2에서 E-CHANET과 Non-Handshaking 방식의 Pair수의 증가에 따른 Content의 평균 다운로드 시간을 보이고 있다. 그림 2에서 보이는 바와 같이 E-CHANET 사용시의 콘텐츠 다운로드 시간(즉 20개의 데이터 패킷들을 모두 수신하는데 걸리는 시간)에 비하여 Non-Handshaking 방식의 경우에 그 다운로드 시간이 17% 정도로 현격하게 줄어드는 것을 볼 수가 있다. 이는 최초 한번의 Interest 패킷의 전송에 의하여 20개의 데이터 패킷들이 순차적으로 전송되는 Non-Handshaking 방식과 달리, E-CHANET에서는 20개의 데이터 패킷의 전송을 20번의 Interest패킷의 전송을 통하여 요구한다. 따라서 E-CHANET에서는 Flooding 되는 Interest 패킷들이 Pair 수의 증가로 인해 증가하고 이에 따른 Interest 패킷들 간의 충돌 또는 Interest와 데이터 패킷간 충돌이 일어날 확률이 높고 이로 인하여 재전송이 발생하여 결과적으로 Non-Handshaking 방식에 비하여 지연이 더 증가한다.

반면에, E-CHANET의 지연 증가와 달리 표 3에서 보이는 바와 같이 Non-Handshaking방식에서는 데이터의 전송의 신뢰성 확보는 어려운 것으로 나타났다. 표

3에서 나타난 다운로드 실패율은 20개의 패킷들 중 하나라도 콘텐츠 소비자에 수신되지 못한 경우를 전 경우들로 나눈 것으로, E-CHANET의 경우에는 하나의 데이터 전송 실패 시에 Interest 패킷의 재전송을 통하여 수신을 하게 되어 모든 시뮬레이션 경우들에 대하여 20개 패킷들에 대하여 100%의 수신율을 갖으나, Non-Handshaking 방식의 경우는 재전송이 없기 때문에 연속적으로 전송되어진 데이터 패킷들의 손실이 발생하게 되며, 이는 표 3에서 보이는 바와 같이 4 pair 이상 일 때는 50%가 넘는 Download Failure Rate를 보인다. 즉 CCN의 브로드캐스트 방식의 데이터 전송방식도 어느 정도의 신뢰성 보장을 위한 방식이 필요함을 보이는 결과라 할 수 있다.

#### IV. 결론

본 논문에서는 무선망에서의 CCN 구현의 대표적 사례인 E-CHANET의 기본적인 전송 방식인 Data-Interest Handshaking에 대한 효율성과 필요성에 대하여 한번의 Interest 전송으로 모든 데이터를 순차적으로 전송하는 방식과 비교하여 분석하였다. 시뮬레이션을 통하여 Data-Interest Handshaking 방식은 네트워크에 다소 많은 오버헤드를 증가시켜 최초 콘텐츠의 다운로드를 지연 시키는 것을 증명하였으며, CCN에서 추구하는 브로드캐스트 방식의 데이터 전송방식도 신뢰성을 확보하는 데에 어려움이 있음을 확인하였다.

#### 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. Amadeo et al., “E-CHANET: routing, forwarding and transport in information-centric multihop wireless networks,” Elsevier, Computer Communications, Jan. 2013.

[6] M. Amadeo, A. Molinaro, “CHANET: A Content-Centric Architecture for IEEE 802.11 MANETs,” in Intl. Conference on the Network of the Future, 2011.

[7] Lee J, Cho S, and Kim D. “Device mobility management in Content-Centric Networking,” Communications Magazine, 2012, 50(12): 28-34.

[8] 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.

[9] S. Kumar et al., “CarSpeak: A Content-Centric Network for Autonomous Driving,” SIGCOMM’12, Aug. 2012.

[10] M. Meisel et al., “Listen First, Broadcast Later: Topology-Agnostic Forwarding Under High Dynamics,” Annual Conference of International Technology Alliance in Network and Information Science, Sep. 2010.

[11] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, IEEE Std. 802.11, 12 June 2007.

소개

승진(정회원)



- 2012년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 공학사
- 2014년 : 홍익대학교 전자전산공학과 석사

박찬민(정회원)



- 2014년 : 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 공학사
- 2014년~현재 : 홍익대학교 PSM대학원 석사과정

김병서(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 ~ 현재 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수

※ 이 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원 (2013R1A1A2005692)과 2013년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2013K000468).