

# 이동 콘텐츠 중심 네트워크 구조에서의 하이브리드 계층적 이동성 관리 방안

## Hybrid Hierarchical Architecture for Mobility Management in Mobile Content Centric Networking

이 지 훈\*

Ji-hoon Lee\*

### Abstract

As personal users create and share lots of contents at any time and any places, new networking architecture such as content centric networking (CCN) has emerged. CCN utilizes content name as a packet identifier, not address. However, current CCN has a limitation for content source mobility management. The movement of content sources cause long delivery latency and long service disruption. To solve that, a hierarchical mobility management was proposed. However, the hierarchical mobility management scheme has still the loss of interest packets and long handoff latency. So, this paper presents the hybrid hierarchical mobility management in mobile CCN environments to reduce both the loss rate of interest packets and the handoff latency. It is shown from the performance evaluations shows that the proposed scheme provides low loss rate of control message.

### 요 약

사용자들이 언제 어디서든 콘텐츠를 생성하고 공유함에 따라 CCN이라고 하는 새로운 네트워크 구조가 등장하게 되었다. CCN은 IP 주소가 아닌 콘텐츠 이름 자체를 패킷 식별자로 사용하는 방식을 취하고 있다. 그러나, 현재 CCN 프로토콜은 콘텐츠 소스의 이동성을 지원하는데 문제를 갖고 있으며, 이로 인해 패킷 전달시 긴 전송 지연과 긴 서비스 단절 문제를 나타낸다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해, 계층적 이동성 관리 방안이 제시되었으나, 이 또한 interest 패킷의 손실과 긴 핸드오프 지연이라는 문제를 갖고 있다. 따라서 본 논문에서는 하이브리드 형태의 이동성 관리 방안을 제시하며, 성능 분석으로 제안 방안이 감소된 제어 오버헤드의 손실율을 가짐을 확인할 수 있었다.

*Key words* : Content centric networking, Mobility management, Hierarchy, Tunneling, Path extension

\* Dept. of Smart Information and Telecomm. Engineering,  
Sangmyung University

\* Corresponding author

E-mail : [vincent@smu.ac.kr](mailto:vincent@smu.ac.kr), Tel : +82-41-550-5411

Manuscript received Dec. 8, 2018; revised Dec. 16, 2018;  
accepted Dec. 17, 2018

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

### 1. 서론

스마트 기기 및 그에 따른 멀티미디어 트래픽이 해마다 빠르게 증가하고 있다. 또한 개인 방송과 같은 소셜 미디어로 인해 사용자 트래픽은 해마다 빠르게 증가하고 있다. 특히, 이동 기기에서 발생하는 무선 트래픽은 국내의 경우 매년 크게 증가하여, 2020년경에는 2010년 대비 약 189배의 증가가 예상된다. 그러나, 현재 인터넷 기술은 사용자 기기의 이동성, 멀티미디어 트래픽에서 요구하는 고품

질 서비스, 그리고 사용자 프라이버시와 같은 정보 보안 등에서 많은 문제점을 갖고 있으며, 이러한 문제점들을 해결하기 위한 많은 새로운 인터넷 시스템에 대한 연구가 진행되고 있다 [1]. 특히, 기존 IP 주소를 기반으로 콘텐츠 정보를 보유하고 있는 서버 노드와 사용자 기기 중심의 클라이언트를 연결하는 대신, 네트워크에서 직접 정보에 대한 접근 및 전달을 용이하게 하고자 하는 CCN(content centric networking)이 등장하였다 [1].

그러나, CCN에서 아직 해결하지 못한 여러 가지 기술적 문제들이 존재하고 있다. 또한, 이동성을 갖는 스마트 기기 및 개인화 콘텐츠의 폭발적 증가는 CCN 모델에서도 사용자 및 단말의 이동성을 지원할 수 있는 솔루션이 요구되는 상황이다. 그러나, 현재 CCN 모델은 수신자 중심의 전달 체계를 갖고 있기 때문에 콘텐츠 소스의 이동에 대한 효율적인 방안이 매우 부족한 상황이다 [2-5].

이러한 문제를 해결하기 위해 터널링 기반의 소스 이동성 처리 방안이 제시되었다. 터널링 기반의 이동성 처리 방안 [2, 3, 5]은 콘텐츠 소스 노드가 이동하더라도 interest 패킷을 전달하여 지속적인 서비스 제공이 가능하다는 장점과, 반대로 이를 위해 자신의 위치 정보를 이동할 때마다 업데이트해야 하는 과정이 요구된다. 따라서, 도메인 네트워크의 변동이 발생할 때마다 위치 정보 갱신이 요구되며, 이 과정에서 interest 패킷의 손실과 서비스 지연 증가라는 문제가 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 계층적 도메인 기반의 이동성 지원 솔루션이 제안되었으나, 이 또한 핸드오프 처리 과정에서 일시적인 제어 메시지 손실 및 그에 따른 서비스 지연을 피할 수 없다. 따라서, 본 논문에서는 계층적 이동성 구조에 터널링 기반 솔루션을 접목하여 기존 방안들이 갖고 있는 문제점을 해결하고자 한다.

## II. 관련 연구

CCN [1]은 콘텐츠 이름 자체가 전송 경로를 결정하기 위한 식별자의 역할을 수행하는 이름 기반의 라우팅(name based routing) 정보를 구축하고 있다. 또한, interest-data 패킷 교환이라는 수신자향 전송 방식을 취하고 있다. 또한, in-network 캐싱 기능 제공을 통해 콘텐츠 소스가 아닌 네트워크

캐쉬를 제공하는 어느 노드에서도 해당 콘텐츠를 보유하고 있다면 이를 제공할 수 있게 함으로써 네트워크 부하 분산 및 전송 지연을 감소시킬 수 있다. CCN 포워딩 솔루션에서는 각 노드별로 content store(CS), Forwarding information base(FIB), 그리고 Pending interest table (PIT)라는 세 가지 기능 모듈이 요구된다. CS는 사용자간에 상호 교환되는 콘텐츠를 네트워크상에서 저장하는 캐쉬 기능을 수행하며, FIB는 콘텐츠 이름 단위의 라우팅 정보를 의미한다. 마지막으로 PIT는 interest 패킷이 지나온 경로 정보를 저장하여 향후 수신된 data 패킷이 전달될 방향을 지시하기 위해 사용된다.

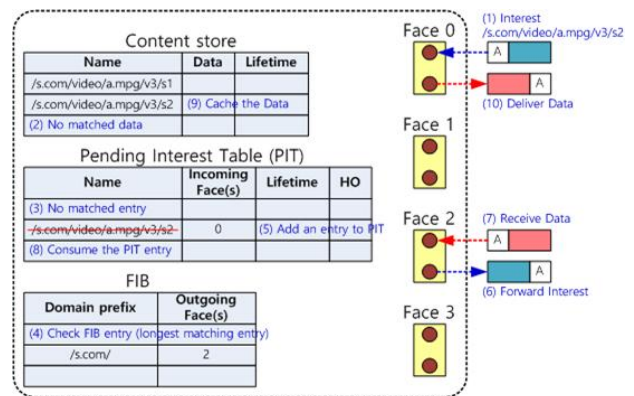


Fig. 1. CCN forwarding model.  
그림 1. CCN 포워딩 모델

CCN 포워딩 동작은 다음과 같다(그림 1). 수신된 interest 패킷이 지시하는 콘텐츠 이름과 관련된 캐싱된 콘텐츠 유무를 확인한다. 만약 CS내에 콘텐츠 데이터가 존재하지 않는다면, PIT 테이블에 그 interest 패킷의 정보(예, incoming face 정보와 콘텐츠 이름)가 기록된다. 그 후, interest 패킷을 어디로 전송할 것인지를 결정하기 위해 콘텐츠 이름을 단위로 FIB를 참조한다. 그 후 해당 데이터 패킷이 수신되면, 관련된 interest 패킷의 수신 여부를 체크하기 위해 PIT 테이블을 참조한다. 이전에 관련 interest 패킷이 수신되지 않았었다면 그 데이터 패킷을 CS에 저장한 후 폐기한다. 반대로 존재한다면, PIT 테이블을 참조하여 콘텐츠 데이터 패킷을 어디로 전송할지 결정한 뒤 (즉, PIT 테이블 내 incoming face 정보) 전달한다.

한편, TBR 방안은 끊임없는 서비스 제공을 위해 새로운 네임 도메인으로 이동시 네이밍 프리픽스를 할당받고 사용하게 된다 [2, 3, 5]. 또한, 새로 할

당받은 네이밍 프리픽스를 자신의 원래 도메인 네트워크에 통보하여 자신에게 전달되어야 하는 interest 패킷의 단절을 막을 수 있다. 따라서, 이동이 발생할 때마다 원거리에 있는 자신의 원래 도메인으로 위치 정보 업데이트 메시지를 전달해야 하며, 이는 증가된 전송 지연 및 높은 제어 메시지 오버헤드라는 문제점을 갖게 된다. 이러한 플랫폼 이동성 모델이 갖는 문제 해결을 위해 계층적 도메인 구성을 통한 이동성 모델이 제안되었다 [4]. 즉, 홈 도메인으로 전달되는 위치 정보 업데이트 메시지 교환을 최소화하여 이동 과정에서 발생하는 핸드오프 지연을 감소시킬 수 있다. 그러나, 클러스터 도메인 사이에서 이동시 여전히 제어 메시지 손실 및 서비스 지연이 발생하는 문제를 갖고 있다. 따라서, 본 논문에서는 계층적 환경에서 이동시 발생하는 성능 저하 문제 해결을 위한 경로 확장 기술을 결합한 하이브리드 동적 이동성 지원 방안을 제안한다.

### III. 하이브리드 계층적 이동성 방안

#### 1. 계층적 도메인 구성

제안하는 하이브리드 이동성 지원 방안은 계층적 도메인 구조를 기반으로 하며, 로컬 도메인 네트워크를 서브 도메인 단위로 분할하여 구성한다. 그림 2에서의 도메인 라우터(DCR, domain content router)는 게이트웨이 라우터(GCR, gateway content router)로부터 전달된 interest 패킷을 이동 소스가 위치하고 있는 로컬 액세스 영역으로 전달한다. 이를 위해 이동 소스로부터 전달된 위치 업데이트 메시지를 기반으로 로컬 홈 도메인 라우터 역할을 수행하

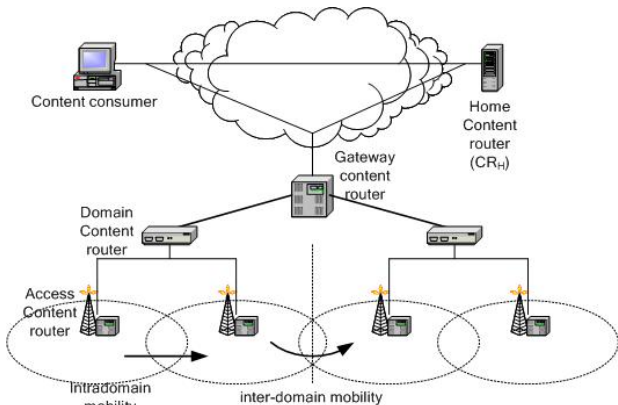


Fig. 2. Hierarchical CCN architecture.  
그림 2. 계층적 CCN 구조

게 된다. 또한, 현재 위치한 도메인 네트워크내에서의 이동을 관리하기 위해 게이트웨이 도메인-서브도메인-액세스 도메인 순서로 터널링을 통해 네임 라우팅 구조의 변화없이 이동성 지원이 가능하게 된다. 즉, 액세스 도메인간의 이동에서는 서브도메인 라우터와 액세스 라우터간에서 터널링을 수행하며, 서브 도메인간 이동에 대해서는 게이트웨이 라우터와 서브 도메인 라우터간의 터널링을 통해 사용자 이동이 관리된다.

#### 2. 연속성 서비스 지원을 위한 위치 정보 업데이트

액세스 네트워크간 이동의 경우, 이동 소스 노드는 ACR에서 주기적으로 전달되는 네이밍 광고 (name prefix advertisement) 메시지에 포함되어 있는 프리픽스 정보와 자신의 프리픽스 정보를 비교하여 이동유무를 감지할 수 있다. 두 네이밍 프리픽스 정보가 다르다면, 이동이 발생했다는 것을 의미한다. 이동 소스 노드는 서비스 단절을 최소화하기 위해 현재 무선 액세스 네트워크의 신호 강도가 일정 수준 이하로 내려가게 되면 주변 신호 모니터링을 통해 핸드오프 예상되는 액세스 네트워크의 정보를 수신한다. 이후 핸드오프가 실제로 발생하기 전 소스 노드는 핸드오프가 예상되는 candidate ACR에게 임시 네이밍 프리픽스 요청 메시지 (name prefix request, NPR)를 전송하여 해당 ACR 네트워크에서 사용할 임시 네이밍 프리픽스를 할당받는다. NPR 정보 수신을 통해 현재 이동 소스 노드를 서비스하고 있는 ACR은 임시적인 터널링 경로를 구성할 수 있게 된다. 터널링 프리픽스의 구성은 그림 3에서 보여진다. 이를 통해 이동이 발생할 때마다 현재의 네트워크에서 새로운 네트워크로의 임시 터널링 경로 구성이 가능하게 된다.

Tentative prefix	/tunnel	Current prefix	/tunnel	Original prefix
------------------	---------	----------------	---------	-----------------

Fig. 3. Tunneling prefix configuration in Interest.  
그림 3. Interest 패킷의 터널링 프리픽스 구성

새로운 액세스 네트워크로 이동 후에는, 이동 소스 노드는 위치 정보 업데이트를 위해 자신의 서브도메인 라우터에게 Location update 메시지를 전달하게 된다. 이후 수신되는 이동 소스 노드로의 interest 패킷은 새로운 액세스 네트워크로의 전달

을 위해 터널링 프리픽스가 추가되어 전달되게 된다. 그림 4와 5는 도메인내와 도메인간 이동 발생 시의 처리 동작을 각각 나타낸다.

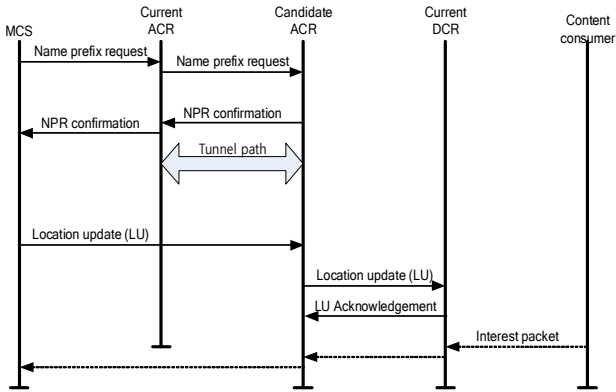


Fig. 4. Tunneling based Intradomain mobility procedure.  
그림 4. 터널링 기반 도메인내 이동성 절차

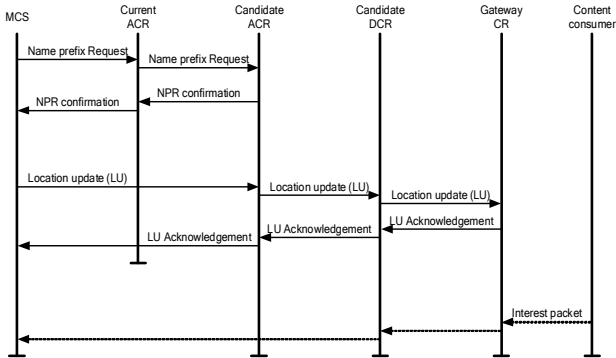


Fig. 5. Tunneling based Interdomain mobility procedure.  
그림 5. 터널링 기반 도메인간 이동성 절차

#### IV. 성능 분석

본 절에서는 제안하는 터널링 기반 계층적 이동성 관리 방안(TuHCCN)과 기존 HCCN 방안을 비교 분석 결과를 제시한다. 먼저, 무선 채널 특성은 11Mbps의 대역폭을 제공하는 무선랜 규격을 따른다고 가정한다. 무선 전송 범위는 250 미터의 유효 거리를 가지며 [6], 무선 콘텐츠 라우터에서 전송되는 name prefix advertisement 메시지의 주기는 100ms로 가정하였다. 한편, CCN의 네트워크 캐싱에 의한 전송 지연 및 전송 경로 감소 효과를 포함시키기 위해 시뮬레이션 초기에 해당 콘텐츠에 대해 랜덤하게 임의의 두 노드간에 콘텐츠 교환이 사전에 이루어지도록 구성한다.

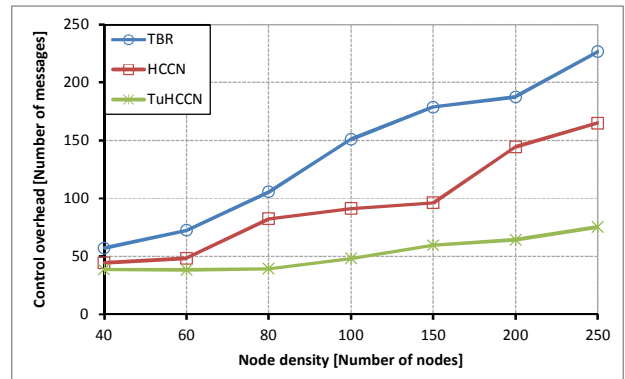


Fig. 6. Control message overhead.

그림 6. 제어 메시지 오버헤드

그림 6에서는 네트워크 확장성을 검증하기 위해 제안하는 TuHCCN 방안과 기존 TBR, HCCN 방안과의 성능 비교 결과를 보인다. 그림 6에서 보이는 바와 같이, 플랫폼 구조를 갖는 기존 TBR 방안은 네트워크 규모가 커짐에 따라 증가된 전송 경로 길이를 갖게 되며 그에 따라 제어 메시지 수가 증가됨을 확인할 수 있다. 이는 이동이 발생할 때마다 발생하는 빈번한 위치 업데이트 메시지와 핸드오프 과정에서 손실된 interest 패키지의 재전송에 의한 것이다. 한편, HCCN은 위치 업데이트 메시지 교환이 도메인 네트워크내로 제한되어 TBR 대비 감소된 결과를 보이거나, 핸드오프 과정에서 발생하는 interest 패키지의 손실로 재전송에 따른 오버헤드가 발생한다. 반면, 제안하는 TuHCCN 방안은 기존 HCCN 방안이 갖는 장점(즉, 위치 업데이트 메시지 교환이 도메인 네트워크로 제한)을 가지면서, 사전에 핸드오프 예상 지역으로의 터널링 경로 구성을 진행함에 따라 핸드오프시 발생하는 제어 메시지 손실을 최소화할 수 있다.

#### V. 결론

본 논문에서 제안하는 터널링 기반 계층적 이동성 관리 방안이 갖는 특징은 다음과 같다. 먼저, 기존 네임 기반 라우팅 구조를 변경시킬 필요가 없다. 즉, 터널링 프리픽스의 추가로 별도의 라우팅 정보를 구축할 필요없이 이동성 지원이 가능하다. 두 번째로, 소스 노드의 이동시 발생하는 제어 메시지 손실을 터널링과 계층구조를 이용하여 최소화하며 이를 통해 네트워크 확장성을 제공한다.

## References

- [1] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking Named Content," *ACM International Conference on Emerging Networking Experiments and Technologies (CoNEXT)*, pp.1-12, 2009. DOI:10.1145/1658939.1658941
- [2] J. Lee and J. Lee, "Pre-allocated Duplicate Name Prefix Detection Mechanism Using Naming Pool in CCN Based Mobile IoT Networks," *Mobile Information Systems*, Vol.2016, pp.1-9, 2016. DOI:10.1155/2016/9684032}
- [3] J. Lee, S. Cho, and D. Kim, "Device Mobility Management in Content Centric Networking," *IEEE Communications Magazine*, Vol.50, No.12, pp.28-34, 2012. DOI:10.1109/MCOM.2012.6384448
- [4] J. Lee and J. Lee, "Efficient Hierarchical Mobility Management Scheme for Mobile Content Centric Networking," *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.19, No.2 pp. 37-41, 2018
- [4] A. Compagno, X. Zeng, L. Muscariello, G. Carofiglio, and J. Auge, "Secure producer mobility in information-centric network," *ACM Conference on Information-Centric Networking*, pp.163-169, 2017. DOI:10.1145/3125719.3125725
- [5] C. Xu, P. Zhang, S. Jia, M. Wang, and G. M. Muntean, "Video Streaming in Content-Centric Mobile Networks: Challenges and Solutions," *IEEE Wireless Communications*, Vol.24, no.5, pp. 157-165, 2017. DOI:10.1109/MWC.2017.1600219WC
- [6] H. Jin, "Study of Optimum Parameters for Improving QoS in Wireless LAN," *Journal of IKEEE*, Vol.17, No.2, pp.96-103, 2013  
DOI:10.7471/ikeee.2013.17.2.096

## BIOGRAPHY

### Jihoon Lee (Member)



1996 : BS degree in Electronic Engineering, Korea University.  
1998 : MS degree in Electronic Engineering, Korea University.  
2001 : PhD degree in Electronic Engineering, Korea University.

2012~present : Associate Professor, Sangmyung University.