

이동 콘텐츠 중심 네트워크에서의 효율적인 계층적 이동성 관리 방안

이지훈*, 이주용
상명대학교 스마트정보통신공학과

Efficient Hierarchical Mobility Management Scheme for Mobile Content Centric Networking

Jihoon Lee*, Juyong Lee

Dept. of Smart Information and Telecommunication Engineering, Sangmyung University

요약 본 사용자들이 언제 어디서든 다양한 콘텐츠를 생성하고 공유함에 따라, IP 주소 기반의 인터넷 전송 기술을 대체하기 위한 콘텐츠 이름을 식별자로 사용하는 콘텐츠 중심 네트워크와 같은 새로운 네트워킹 기술들이 주목받고 있다. 그러나, 현재 CCN 기술은 사용자 이동성, 특히 이동 콘텐츠 소스의 이동성에 대해 거의 고려하지 않고 있다. 따라서, 이동 콘텐츠 소스의 이동으로 인해 콘텐츠 전달 서비스의 단절, 서비스 지연 증가와 같은 문제가 발생한다. 이러한 문제를 해결하기 위해, 터널링 기반 이동성 방안이 제안되었으나, 이동이 발생할 때마다 위치 정보 업데이트 과정이 요구된다. 따라서, 많은 제어 오버헤드가 발생하고, 핸드오프 동안 높은 패킷 손실률 인해 재전송에 따른 서비스 지연과 전체 네트워크의 성능 저하를 문제를 야기한다. 이에, 본 논문에서는 CCN향 계층적 이동성 관리 방안을 제시하여 제어 메시지의 발생을 제한하여 핸드오프 지연을 감소시켰다. 성능 분석을 통해 제안 방안이 제어 오버헤드 감소에 따른 네트워크 확장성을 제공함으로 확인하였다.

Abstract As individuals generate and share various content anytime and anywhere, new networking architectures, such as content-centric networking (CCN) using the content name as a packet identifier, have been in the spotlight recently. However, the current CCN hardly takes into account node mobility problems, especially the mobility of content sources. The movement of content sources causes long delivery latency and long service disruptions. To solve that, the tunneling-based redirection scheme was proposed. However, the tunneling-based scheme requires a location-update procedure whenever the network changes, which creates many control messages and causes long latency. So, this paper presents hierarchical mobility management of mobile CCN to reduce the number of control messages and handoff latency. Performance evaluation shows that the proposed scheme can provide low control overhead, which results in network scalability.

Keywords : Content centric networking, Handoff, Hierarchical architecture, Mobile content source, Mobility management

1. 서론

최근 인터넷 연결 기반 스마트 기기의 폭발적 증가와 함께, 멀티미디어 및 P2P 트래픽이 해마다 빠르게 증가

하고 있다. 특히, 무선 트래픽은 세계적으로 연평균 92% 증가, 국내의 경우는 연평균 103% 증가하여, 현재 추세를 기준으로 2020년에는 2010년 대비 약 189배의 증가할 것으로 예상된다. 그러나, 현재 인터넷 기술은 이동성

본 연구는 2016년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

*Corresponding Author : Jihoon Lee(Sangmyung Univ.)

Tel: +82-41-550-5411 email: vincent@smu.ac.kr

Received October 25, 2017

Revised (1st November 16, 2017, 2nd December 4, 2017)

Accepted February 2, 2018

Published February 28, 2018

지원, 서비스 품질 보장(Quality of Service), 정보 보안 등에서 많은 문제점을 노출하고 있으며, 이를 극복하기 위한 새로운 인터넷의 설계 연구가 활발히 진행되고 있다 [1]. 이러한 연구 중, 기존 인터넷의 IP 주소를 기반으로 정보를 저장하고 있는 노드와 사용자 기기를 연결하여 단순히 요청된 패킷을 전달하는 대신, 네트워크에서 직접 정보에 대한 접근 및 유통 방법을 제공하여 기존 인터넷의 문제를 해결하기 위한 시도가 나타나고 있으며, 그중 대표적인 것이 CCN(content centric networking)이다 [1].

그러나, CCN의 실현을 어렵게 하는 여러 가지 해결되어야 할 기술적 문제들이 존재하며, 이들 문제들은 독립적이기 보다 서로 유기적으로 연결되어 있는 상태이다. 또한, 이동 단말의 급속한 보급 및 개인화 콘텐츠의 폭발적 증가는 CCN 모델에서도 기기의 이동성 문제를 해결하기 위한 연구가 매우 시급한 상황이다. 특히, 현재 CCN 모델은 근본적으로 기기의 이동성, 특히 콘텐츠 소스의 이동성 문제를 해결하기 위한 연구 결과가 매우 부족한 상황이다 [2-6].

이러한 문제를 해결하기 위해 터널링 기반의 소스 이동성 처리 방안이 제시되었으며, 유사한 연구 결과들이 제시되고 있다. 터널링 기반의 이동성 처리 방안 [2, 3, 5]은 이전에 만들어진 콘텐츠 데이터를 지속적으로 서비스하는 것이 가능하다는 장점을 갖지만, 반대로 이를 위해 자신의 위치 정보를 업데이트하는 과정이 요구된다. 따라서, 이동할 때마다 자신의 현재 위치를 업데이트하는 과정에서 불가피하게 콘텐츠 요청 메시지(즉, interest 메시지)가 손실되는 문제와 함께 서비스 지연 문제를 발생시킨다. 또한, 고속의 이동을 갖는 이동 기기에서는 서비스 지연 및 패킷 손실 문제가 더 빈번하게 발생된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 계층적 도메인 구조를 이용한 이동 CCN용 이동성 관리 방안을 제안한다.

2. 관련 연구

Content centric networking (CCN) [1]은 콘텐츠 이름 자체가 전송 경로가 결정되며, 이를 위해 콘텐츠 이름 기반의 라우팅 정보를 구축하고 있다. 또한, 수신자 중심의 request-response 전송 방식을 취하고 있다. 즉, 콘텐츠 소비자가 콘텐츠를 요청하는 메시지(interest 패킷)에

대한 응답으로 콘텐츠 소스는 해당 콘텐츠 데이터 (data 패킷)를 전달한다. 또한, in-network 캐싱 기능 제공을 통해 요청하는 콘텐츠 데이터를 소스가 아닌 해당 콘텐츠 데이터를 저장하고 있는 네트워크 노드에서도 전달할 수 있어 전송 성능 향상 및 전송 거리 감소에 따른 네트워크 트래픽 부하를 감소시킬 수 있다. CCN 노드에서의 패킷 포워딩을 위해 content store (CS), Forwarding information base (FIB), 그리고 Pending interest table (PIT)이라는 세 가지 구성요소를 갖는다. CS는 교환되는 콘텐츠를 저장하는 기능을 수행하며, FIB는 콘텐츠 이름 기반의 라우팅 정보를 구성하고 있다. 마지막으로 PIT는 interest 패킷의 전달 흔적 정보를 저장하기 위해 사용된다.

CCN 포워딩 동작은 Fig. 1과 같다. Fig. 1에 나와있는 바와 같이, interest 패킷이 수신되면, interest 패킷이 지정하는 콘텐츠 이름과 연관된 캐싱 정보의 유무를 확인한 후, 캐싱되어 있는 데이터 패킷이 없다면, PIT 테이블에 유입된 요청 메시지의 정보(예, incoming face 정보)가 기록된다. 그 후, interest 패킷의 전송 경로 결정을 위해 FIB를 참조하여 전송 경로를 결정한다. 차후에 데이터 패킷이 수신되면, PIT 테이블을 참조하여 이전에 interest 패킷의 수신 여부를 확인하며, 관련된 정보가 이전에 없었다면 수신된 데이터 패킷을 CS에 저장 후 폐기한다. 만약 관련된 정보가 이전에 수신된 것이라면, 해당 리스트를 PIT 테이블을 참조하여 어디로 전송할지 결정한 뒤 전달한다.

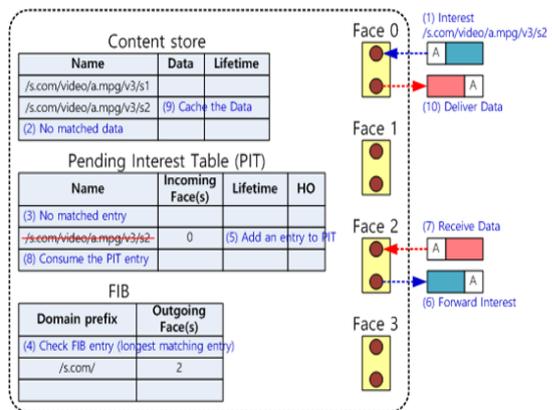


Fig. 1. CCN forwarding model

이동 CCN에서 콘텐츠 소스의 이동성을 지원하기 위해 제안된 TBR 방안에서는 서비스의 지속성을 위해 새

로운 네트워크로 이동할 때마다 임시 네이밍 프리픽스를 할당받고 사7용하게 된다 [2, 3, 5]. 또한, 임시 할당받은 네이밍 프리픽스를 자신의 원래 네트워크에 통보하여 임의의 콘텐츠 요청자가 전달한 interest 패키지가 자신에게 전달될 수 있게 한다. 따라서, 새로운 네트워크로 이동할 때마다 멀리 떨어져있는 자신의 원래 도메인으로 자신의 위치 정보 업데이트를 전달해야 하며, 이는 전송 지연 및 제어 메시지 오버헤드 증가라는 문제점을 갖게 된다. 또한, original interest 패키지를 현재 콘텐츠 소스가 위치하고 있는 도메인으로 전달해주기 위해, 패킷 터널링을 위한 CCN header가 추가되어야 한다. 터널링 기반 이동 CCN 모델의 동작 과정은 Fig. 2와 같다.

따라서, 본 논문에서는 TBR 방안이 갖는 지속적 위치 정보 업데이트에 의한 문제 개선을 위해 계층적 네트워크 구조를 적용한 이동성 관리 모델을 제시한다.

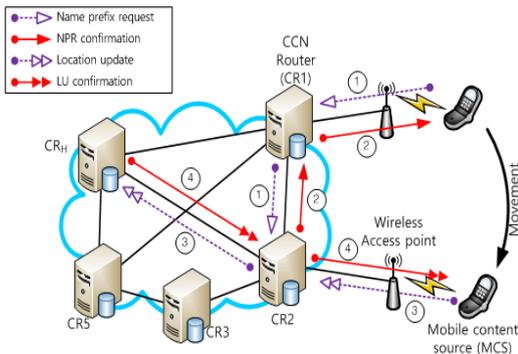


Fig. 2. Tunneling based mobility management in mobile CCN

3. 모바일 CCN용 계층적 이동성 관리 방안

본 논문에서 제안하는 계층적 이동성 관리 방안은 intra-domain과 inter-domain 이동성 처리로 크게 구분되며, 제안 방안의 구체적인 동작은 다음과 같다.

3.1 계층적 CCN 구조

본 논문에서는 위치 정보 업데이트 메시지 전송을 최소화하기 위해 계층적 도메인 구조를 제안한다. 이를 통해 이동성 모델이 intradomain과 inter-domain으로 크게 구분되며, 게이트웨이간의 이동은 기존 TBR과 같은 터널링 기반의 이동성 모델을 사용한다. Intra 이동 모델은

동일 도메인 내에서의 액세스 네트워크간 이동을 의미하며, inter 이동 모델은 인접한 두 도메인간에서의 이동을 의미한다. Fig. 3에서의 domain content router(DCR)는 gateway content router(GCR)로부터 전달된 모든 interest 패키지를 직접 현재 이동 소스가 위치한 영역으로 전달한다. 이를 위해 이동 소스로부터의 위치 업데이트와 관련된 제어 메시지를 기반으로 로컬 CRH 역할을 수행하게 된다. 이를 위해 각 네이밍 프리픽스는 gateway-domain-access 순서의 계층적 구조를 갖는 것으로 가정한다. 예를 들면, '/smu.ac.kr/domain/engineering/it/access/lab1/'과 같은 네임 구조를 통해 네트워크의 계층성과 네이밍 프리픽스의 확장성을 일치시킴으로써 관리 및 동작의 용이성을 제공한다.

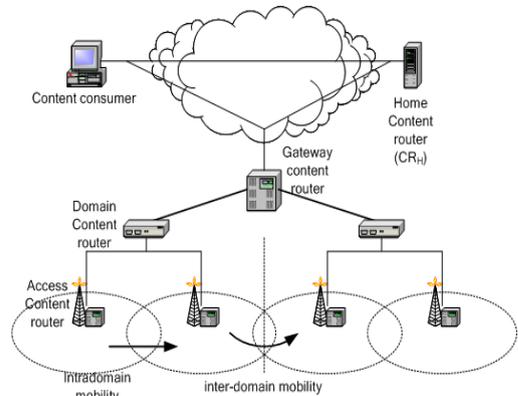


Fig. 3. Hierarchical CCN architecture

3.2 이동성 감지

본 논문에서는 무선 링크를 갖는 access content router(ACR)들이 주기적으로 자신의 존재를 알리는 메시지를 방송하는 것을 가정하였다. ACR로부터 전달되는 방송 메시지를 통해 각 이동 소스 노드는 자신의 이동 유무를 파악할 수 있게 한다. 즉, 방송 메시지는 CR들의 네이밍 프리픽스 정보가 포함되어 전송되며, 이동 소스 노드는 방송 메시지의 네이밍 프리픽스와 자신의 네이밍 프리픽스(즉, 원래 갖고 있던 고유한 네이밍 프리픽스와 이동 과정에서 할당받은 임시 네이밍 프리픽스)와의 일치 여부를 확인하여 이동성 발생 유무를 결정할 수 있다. 또한, 도메인 이동 여부 감지를 위해 ACR 방송 메시지 내에 자신이 속한 도메인 라우터의 네이밍 프리픽스를 동봉하여 전송하는 것을 가정한다.

3.3 이동에 따른 위치 정보 업데이트

이동 소스 노드는 새로운 액세스 네트워크로 이동하는 경우, ACR에서 주기적으로 전달되는 name prefix advertisement 메시지를 수신하여 자신의 현재 네이밍 프리픽스와 비교함으로써 이동 유무를 감지할 수 있다. 네이밍 프리픽스 비교 후, 이동이 감지되면 해당 ACR에 임시 네이밍 프리픽스 요청 메시지(name prefix request, NPR)를 전송하여 임시 네이밍 프리픽스를 할당 받는다.

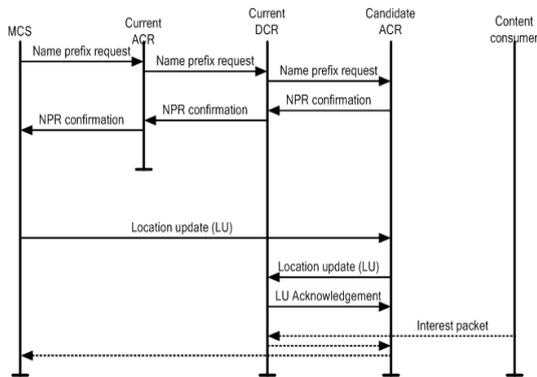


Fig. 4. Intradomain mobility procedure

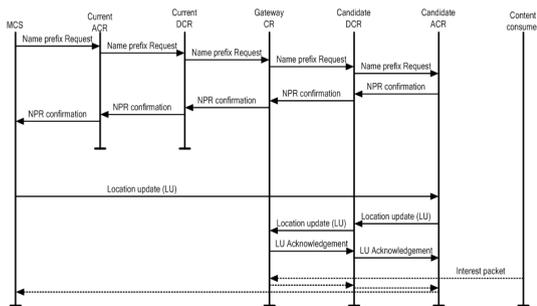


Fig. 5. Interdomain mobility procedure

임시 네이밍 프리픽스 할당받은 후, 이동 소스 노드는 자신의 위치 정보 업데이트 메시지를 자신이 현재 위치하고 있는 도메인의 domain content router(DCR)을 거쳐 gateway content router(GCR)에게 전송한다. 이를 통해 이동 소스 노드를 현재 서비스하는 ACR-DCR-GCR 간의 터널링 정보가 설정된다. 이를 통해 향후 이동 소스 노드로 향하는 interest 패킷이 수신되면, GCR은 관련 DCR로 터널링하고 또한, DCR은 해당 ACR로 터널링하는 과정을 반복함으로써 이동 소스의 이동성을 지원한다.

또한, inter와 intra 이동 모두 상위 GCR 또는 DCR을 통해 이동을 지원할 수 있으므로, 외부 백본 네트워크로의 제어 메시지 전송을 최소화함으로써 전체 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다. Fig. 4와 Fig. 5는 intradomain과 interdomain 이동성 처리 동작을 나타낸다.

4. 성능 분석

본 절에서는 제안하는 계층적 이동성 관리 방안(HCCN)과 기존 TBR 방안을 비교 분석하기 위한 시뮬레이션 수행 결과를 제시한다. 무선 채널 특성은 무선랜 규격을 따르며, 11Mbps의 채널 비트율을 갖는다고 가정한다. 무선 전송 범위는 250 미터를 유효 거리로 규정하였으며, 무선 콘텐츠 라우터에서 방송되는 무선 신호 주기는 100ms로 가정하였다. 또한, 무선 CR에서 방송되는 라우터 광고 메시지는 1초의 주기로 전송되는 것으로 가정한다. 한편, CCN의 in-network caching에 의한 전송 지연 및 전송 경로 감소 효과 제공을 위해 시뮬레이션 초기에 해당 콘텐츠에 대해 랜덤하게 임의의 노드간에 사전에 콘텐츠 교환이 이루어지게 구성한다.

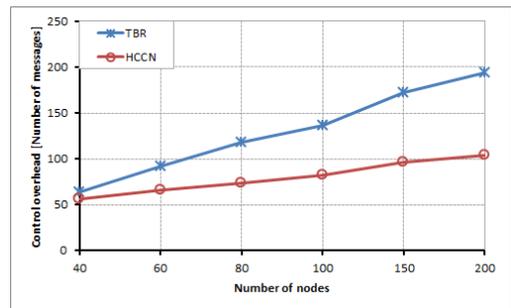


Fig. 6. Control message overhead

Fig. 6에서는 네트워크 규모 변화에 따른 네트워크 확장성 검증에 위해 제안하는 HCCN 방안과 기존 TBR 방안과의 성능 비교 결과를 제어 메시지 오버헤드 관점에서 보인다. Fig. 6에서 보이는 바와 같이, 기존 TBR 방안은 네트워크 규모가 커짐에 따라 전송 경로의 길이가 길어지면서 제어 메시지 수가 급증함을 확인할 수 있다. 이는 이동이 발생할 때마다 홈 도메인으로의 위치 업데이트가 이루어지게 되는 것에 기인한다. 반면, 제안하는 HCCN 방안은 위치 업데이트 전송 거리가 백본이 아닌

이동한 외부 도메인 네트워크내에서만 이루어지게 되어 제어 메시지의 수가 감소하게 된다. 이를 통해 제안 방안은 네트워크 규모 변화에 따른 제어 메시지 오버헤드의 편차가 크지 않음을 확인할 수 있으며, 이는 제안 방안이 네트워크 확장성을 가짐을 보여준다.

5. 결론

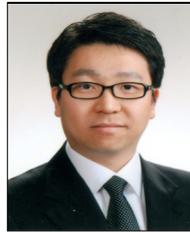
본 논문에서 제안하는 이동 CCN용 계층적 이동성 관리 방안은 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 계층적 이동성 지원은 CCN의 네이밍 프리픽스와 연관시킴으로써 별도의 resolution server 없이 지원가능한 구조를 갖는다. 두 번째로, 제안 방안은 모바일 소스 이동시 요구되는 위치 정보 업데이트 과정에 발생하는 서비스 지연을 감소시켜 네트워크 확장성을 제공한다. 즉, 멀리 떨어져 있는 홈 도메인으로의 위치 업데이트를 이동 소스 노드가 위치하고 있는 도메인 영역으로 제한시킴으로써 서비스 지연을 최소화할 수 있다. 마지막으로, 위치 업데이트 메시지의 전송을 이동 소스가 현재 위치하고 있는 도메인 영역 주변으로 한정시킴으로써 네트워크내 제어 트래픽의 양을 감소시켜 네트워크 성능을 향상시킬 수 있다.

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: <https://doi.org/10.1145/1658939.1658941>
- [2] J. Lee, 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: <https://doi.org/10.1155/2016/8019830>
- [3] J. Lee, S. Cho, D. Kim, "Device Mobility Management in Content Centric Networking," IEEE Communications Magazine, vol. 50, no. 12, pp. 28-34, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2012.6384448>
- [4] A. Compagno, X. Zeng, L. Muscariello, G. Carofiglio, J. Auge, "Secure producer mobility in information-centric network," ACM Conference on Information-Centric Networking, pp. 163-169, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1145/3125719.3125725>
- [5] C. Xu, P. Zhang, S. Jia, M. Wang, 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: <https://doi.org/10.1109/MWC.2017.1600219WC>
- [6] M. Kang, J. Nam, "A Study on Smart Network Utilizing the Data Localization for the Internet of Things," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, vol. 18, no. 6 pp. 336-342, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2017.18.6.336>

이 지 훈(Jihoon Lee)

[정회원]



- 1998년 3월 ~ 2001년 8월 : 고려대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
- 2001년 9월 ~ 2002년 3월 : 고려대학교 차세대인터넷 센터 Research fellow
- 2002년 4월 ~ 2012년 2월 : 삼성전자 종합기술원 수석연구원
- 2012년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 정보통신공학과 조교수

<관심분야>

미래인터넷, CCN, 네트워크 보안, Secure vehicle communication

이 주 용(Juyong Lee)

[준회원]



- 2016년 2월 : 상명대학교 정보통신공학과 (공학석사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 상명대학교 전자정보시스템공학과 박사과정

<관심분야>

CCN, 미래인터넷, Mobile Edge Computing, Vehicle communication