

CCN 실시간 서비스 간 이중 경로에 의한 중간노드 이동성 지원에 관한 연구

금석주* · 권태욱**

A Study on the Support of Intermediate Node Mobility by
Double Paths in CCN Real-Time Services

Suk-Ju Keum* · Tae-Wook Kwon**

요 약

다양한 디바이스와 인터넷 플랫폼의 발달로 콘텐츠에 대한 생산과 수요가 급증하고 있다. 하지만 현재 TCP/IP 체계에서는 기하급수적으로 증가하는 데이터 사용에 대해 효율적인 대처가 어려운 실정이다. 이에 따라, CCN이라는 대안이 등장하면서 호스트 중심에서 콘텐츠 중심으로 데이터를 송수신하면서 좀 더 경감된 네트워크 자원으로 대용량 콘텐츠를 다룰 수 있게 되었다.

이번 논문에서는 CCN에서 연구되는 분야 중의 하나인 중간노드 이동성에 대해서 다룰 것이다. CCN에서 실시간 서비스는 정보제공자뿐만 아니라 정보요청자에게도 매우 중요한 요소이다. 그러나 노드 이탈 상황이 발생하면 패킷 전송량과 전송속도 저하가 발생하게 된다. 그래서 위와 같은 수치를 보장하기 위해 이중 경로를 이용하여 중간노드가 이탈하더라도 대체 경로를 이용해 완벽한 QoS(Quality of Service)를 제공한다.

ABSTRACT

With the development of various devices and Internet platforms, production and demand for content are increasing rapidly. However, effective response to exponentially increasing data usage is difficult in current TCP/IP schemes. As a result, with the emergence of an alternative called CCN, data can be transmitted and received from the host-centered to the content-oriented, and large-capacity content can be handled with more mitigated network resources.

In this paper, we will address intermediate node mobility, which is one of the areas studied in CCN. In CCN, real-time services are a very important factor for information providers as well as requestors. However, when a node departure situation occurs, packet transmission and transmission speed decreases. Therefore, to ensure these numbers, even if the intermediate node deviates using a dual path, it provides a complete QoS (Quality of Service) using an alternative path.

키워드

Content Centric Network, Intermediate Node Mobility
CCN(콘텐츠 중심 네트워킹), 중간 노드 이동성

* 국방대학교 컴퓨터공학 석사과정(babo1408@nate.com)

** 교신저자 : 국방대학교 컴퓨터공학과

• 접수 일 : 2021. 07. 27

• 수정완료일 : 2021. 09. 06

• 게재확정일 : 2021. 10. 17

• Received : Jul. 27, 2021, Revised : Sep. 06, 2021, Accepted : Oct. 17, 2021

• Corresponding Author : Tae-Wook, Kwon

Computer Engineering, Korea Defense National University

Email : kwontw9042@korea.kr

1. 서 론

현재 우리는 인터넷을 통해 수많은 정보를 접하면서 살고 있다. 이미 우리 생활에서는 인터넷이 없으면 생활할 수 없을 정도로 깊숙이 자리 잡고 있는데 그 변화의 중심에는 다양한 디바이스를 예로 들 수가 있다. 그 중 대표적인 예시로는 스마트폰을 들 수 있다. 스마트폰이 도입된 지 불과 15년도 채 안 된 상황에서 스마트폰 보급률이 95%나 이를 정도로 누구나 언제 어디서든 쉽고 편하게 인터넷에 접속하고 이를 활용하고 있다. 특히 우리나라 경우 선진국에서도 우월한 수치를 가지고 있다. 그뿐만 아니라 가정이나 산업 분야에 다양한 장비의 IoT 장비들이 도입되고, Google, Amazon, Youtube 등 다양한 인터넷 플랫폼들이 증가하고 엄청난 속도로 발전함에 따라 네트워크에서의 데이터 유통량은 기하급수적으로 늘고 있다. 하지만 저장매체의 발전속도에 비해 유통량 증가 속도는 월등히 증가하기 때문에 데이터 트래픽 문제는 날이 갈수록 점점 커지고, 서버에 과부하 현상이 발생하여 서비스가 간혹 멈추는 현상이 발생하곤 한다. 그리하여 이러한 문제점을 해결하기 위해 정보 중심 네트워크(ICN : Information Centric Network)라는 개념이 나타내게 되었다.

기존의 Legacy 체계 즉, TCP/IP 구조에서는 단대단 통신 구조로 오로지 내용을 중점으로 하는 호스트 중심의 통신 구조를 갖기 때문에 어떤 데이터를 유통하던 일대일 방식으로만 전달하게 된다. 즉, Client-Server 모델로서 Server가 오로지 Client와 일대일 방식으로 데이터를 전달을 해줘야 하는 비효율적인 단점이 나타나게 된다. 이렇게 될 때 문제점으로써 예를 들면 Google이나 Youtube 같은 전 세계의 많은 사람이 접근하는 사이트나 플랫폼 같은 경우 수억 명이 접속할 때마다 바로바로 개인마다 서버랑 소통해야 하므로 트래픽 집중에 따른 병목현상 및 과부하가 발생하고 실제로도 서비스해야 하는 플랫폼들이 위와 같은 이유로 서비스가 일시중단되기도 한다. 이에 반해 CCN은 단대단 통신이 아닌 콘텐츠 이름을 사용하여 콘텐츠 자체에 대한 데이터 유통이 이루어지게 된다. 이러한 구조를 간략하게 살펴보자면, 정보 요청자는 정보제공자의 위치와는 상관없이 요청 패킷을 보내고, 요청 패킷을 수신한 노드는 자신의 CS(

Content Store)에 데이터가 있는지를 확인해서 있으면 보내주고, 없을 시에는 상위 노드에 요청 패킷을 보내주게 된다.

그렇게 하여 정보제공자로부터 응답 패킷을 역방향 경로로 하여 정보요청자로 보내주게 된다. 그 사이 단계에 존재하는 중간노드들은 자신의 CS에 Data를 보관하게 되고, 다음에 또 다른 정보요청자가 해당 데이터를 요청하게 되면 굳이 종단 서버까지 갈 필요 없이 중간노드에서 효율적으로 데이터를 보내줄 수 있다. 중앙집중적인 구조가 아닌 지역 분산적인 구조로 종단 서버에 과부하를 주지 않고 중간노드에서 사용자까지 멀티캐스트할 수 있어서 IP Legacy 체계에서 발생하는 서버 과부하에 대해서는 걱정할 필요가 없다.

본 논문의 주제인 실시간 서비스 간 중간노드 이동성 관리는 CCN에서 중요하게 다루어져야 할 부분이다. 실시간 서비스가 유지되기 위해서는 노드에 대한 이동성이 보장되어야 하는데 정보요청자, 중간노드, 정보제공자에 관한 연구가 각각 진행되었다. 중간노드 이동성에 또한 수차례 연구된 바가 있지만, 패킷 전송량과 전송속도에 대한 손실을 막을 수가 없어서 본 논문에서는 이러한 수치에 대해서 제로화할 방안이 연구하였다. 해당 실험을 위해 사용한 프로그램은 ndnSIM을 이용하여 토폴로지 및 노드를 생성한 후 이동 경로로 노드 간을 구성해놓고 이전 알고리즘과 비교·분석하여 실험 결과를 분석할 것이다. 따라서 본 논문에서는 CCN 실시간 서비스 간 중간노드 이동 시 이동 경로를 통해 중단없는 환경을 구축하고 그 효과를 입증하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 CCN에 대해서 동작 원리, 구성에 대해서 알아보도록 하고 이전 연구기법이었던 INMS(Intermediate-Node Mobility Support)와 MD-INS(Mobility Detection Intermediate Node Supporting)에 대해서 알아보도록 한다. 3장에서는 저자가 고안한 새로운 알고리즘 및 작동원리에 관해서 설명한다. 4장에서는 3장의 알고리즘을 기반으로 기존 서비스와 비교, 분석하여 성능을 평가한 후 5장에서는 결론을 맺고 향후 추진 방향에 대해서 언급하도록 한다.

II. 관련연구

2.1 CCN(Content Centric Networking

CCN이 개발하게 된 배경은 현재 네트워크 체계는 콘텐츠를 목적으로 하지 않았다는 것이었다. 오로지 Legacy 체계의 네트워크는 호스트를 식별하고 단대 단통신을 하는 것이 목적이다 보니, 서버는 수많은 사용자에게 단대 단 통신을 해야 했고, 이는 서버에 부담을 가중하고 많은 트래픽을 낭비하는 결과를 초래하였다. 이에 대한 해결책으로 좀 더 낮은 네트워크 자원으로 많은 데이터의 수요를 받아야 한다고 하는데 그렇게 해서 등장한 것이 CCN이었다.

CCN은 IP Legacy 체계와 비교하면 데이터 유통과 정도 훨씬 효율적이다.

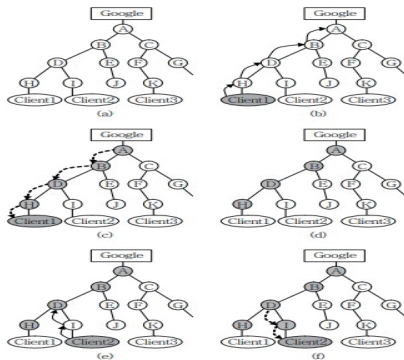


그림 1. CCN 데이터 배포과정
Fig. 1 CCN Data Distribution Process

CCN 프로토콜에서 데이터 배포과정을 자세히 설명하자면 그림2처럼 설명될 수 있다. 처음 (a) 단계에는 정보요청자인 Client 1가 정보제공자인 Google 서버에 데이터를 요청하는 과정이다. (b) 단계에는 Client 1가 요청 패킷을 상위 노드인 H, D, B, A 노드를 거쳐 방송한다. (c) 단계에서는 요청 패킷을 받은 Google 서버가 데이터를 응답 패킷에 실어서 방송을 하는데 중간노드인 A, B, D, H인 순으로 하여 정보요청자인 Client 1에 전달이 되는데, 전달되어 내려오다가 중간노드인 A, B, D, H가 해당 데이터를 저장한다. 그 후 (e) 단계에서는 또 다른 정보요청자인

Client 2가 동일 데이터를 요구하게 되면 굳이 Google 서버까지 갈 필요 없이 (f) 단계처럼 데이터를 가진 중간노드가 정보제공자에게 응답 패킷을 준다.[1]

이러한 배포과정의 장점은 콘텐츠 생성자가 반드시 데이터를 전송한다는 제한을 두지 않고, 데이터를 가진 임의의 노드가 데이터를 배포할 수 있게 함으로써, 데이터가 반복되어 전송하는 횟수를 줄인다는 것이다. CCN 포워딩 엔진은 그림 3처럼 CS(Content Store), PIT(Pending Interest table), FIB(Forwarding Information Base)으로 구성되어있다.

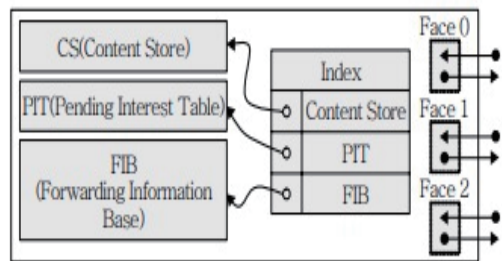


그림 2. CCN 포워딩 엔진
Fig. 2 CCN Forwarding Engine

CS는 캐시 메모리의 기능을 하는데 데이터 콘텐츠와 그에 관련된 리스트를 저장하며 캐시 정책을 활용하여 교환정책을 운용한다. PIT는 수신된 요청 패킷에 대해 응답을 하는 노드로서, 요청 패킷이 전달되면, 어느 Face로 입력되고 출력될 지를 관리한다. PIT는 일정 시간 내 데이터가 도착하지 않으면 요청 패킷을 재전송하고, 그래도 도착하지 않으면 요청 패킷을 삭제한다. FIB은 요청 패킷을 포워딩하는 데 사용되는데, 정보 생성자가 CCN 코어에 등록 동작을 수행하면 FIB이 항목이 생성된다. FIB의 Announcement agents(광고 에이전트)는 정책에 따라 FIB 항목을 광고하는 범위를 대역폭이나 보안 등을 고려하여 정한다.

CCN 포워딩 엔진의 라우팅 과정도 요청 패킷 관점과 응답 패킷 관점으로 분석할 수 있다. 우선 요청 패킷 관점으로 살펴보면 요청 패킷이 노드에 도착하면 CS, PIT, FIT 순으로 Longest match lookup (해당 목적 네트워크에 가장 많이 매치되는 라우팅 엔트

[1] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher, and B. Ohlman, "A Survey of Information-Centric Networking," IEEE Communications Magazine, 50, 7, 2012, pp 26-36.

리를 선정)이 수행된다. CS의 이름과 요청 패킷이 이름이 일치하면 데이터가 요청 패킷이 들어온 페이스로 전달이 되며, 만약 CS가 아닌 PIT에서 검색되면 해당 노드의 CS에서 요청 패킷을 받아온다. CS, PIT가 아닌 FIB에서 검색이 되면 방송으로 포워딩하고, FIB 항목에서 삭제 후 PIT 항목에 추가한다. 마지막으로 요청 패킷이 FIB에도 없다면 해당 데이터는 처리되지 못한 것으로 판명이 나고, 요청 패킷은 삭제된다. 응답 패킷 관점도 동일하게 CS, PIT, FIB 순으로 Longest match lookup을 실시한다. 응답 패킷 이름이 CS와 일치하면 중복이 되므로 삭제하고, 만약 CS가 아닌 PIT에서 검색이 되면 응답 데이터가 도착한 것이므로, CS에 데이터를 저장하고 요청 패킷이 왔던 방향으로 데이터를 전송한다. PIT가 아닌 FIB에서 검색이 된다면 PIT에서 요구된 데이터가 아니므로 삭제를 하게 된다.

이러한 CCN 라우팅의 강점으로는 불필요하게 처리되는 패킷은 과감하게 삭제함으로써 네트워크 토폴로지 전체에 부하량을 줄여주고 자원 소모를 줄여준다. CCN은 서버의 저장용량 부담을 줄일 수 있는 대안이 되는 것이다.

2.2 INMS

INMS 기법의 동작 절차는 이탈 노드를 중심으로 움직임이 감지되면 주변에 네트워크를 떠나기 전에 자신과 연결되어있는 노드들에 LDA(Link Disconnection Advertisement) 메시지를 전송하여 데이터 전송경로를 재설정하는 것이다. 우측 항목을 보면 LDA 메시지를 수신한 노드들은 이탈하려는 FIB 수정을 통해 중간노드 방향의 Face ID를 제거 및 수정하여 요청 패킷을 재전송하고, 역방향으로 응답 패킷까지 재전송받음으로써 패킷손실을 줄일 수 있었다.

2.3 MD-INS

MD-INS 기법은 일정 속도를 넘는 노드가 발견되면 해당 노드 주변에 있는 노드들은 FIB에서 해당 노드를 우회하는 경로를 설정하게끔 FIB을 수정하는 것이다. FIB을 수정할 때 이탈하려는 노드의 경로는 삭제하고 우회하는 경로를 설정하도록 해서 정보요청자

가 응답 패킷을 받을 수 있도록 하는 것이다. 이 논문에서 속도의 기준을 10km/h로 설정하였는데 그 이유는 10km/h 이상이 되면 AP 커버리지로부터 신호를 잃을 확률이 커질 것으로 판단하였기 때문이다. 이 기법으로 대체 경로를 통해 요청 및 응답 패킷에 대한 손실을 감소시킬 수 있었다.

2.4 중간노드 이동성 지원

IP Legacy 체계에서 모바일 네트워크 환경은 제약이 많다. 웹 환경 같은 경우 이동 단말이 도메인 간 이동을 하게 되면 단말기는 새로운 IP로 할당받아야 하며, 그사이에 통신두절은 불가피하게 된다. 이에 비해 CCN같은 경우 단대단 연결을 요구하지 않기에 AP(Access Point)가 변경되더라도 연결이 끊어지거나 재연결을 할 필요가 없다. 호스트 중심이 아닌 콘텐츠 중심이기 때문에 요청 패킷만 재전송을 한다면 별도의 소요 없이 데이터 송수신이 가능하다.

하지만 CCN에서 중간노드가 이탈되면 어떻게 이 문제를 다룬 것인가에 관한 연구는 계속 논의가 되어왔다.[2] 중간노드가 이탈되어 찾지 못하는 상황이 발생해버리면 경로가 상실되어 정보요청자와 정보제공자 간의 요청 패킷 및 응답 패킷이 송수신되지 못하는 상황이 발생한다. 특히 CCN 실시간 서비스에서 이러한 상황이 발생하면 화상회의나 실시간 스트리밍 서비스 또는 빠른 응답이 요구되는 서비스를 수행하는데 많은 차질을 빚게 된다.

CCN 실시간 서비스 간 중간노드 이동성 관리에 대한 중요성이 높음에도 불구하고 진행된 연구는 앞선 2.2절과 2.3절에서 언급한 INMS 기법과 MD-INS 기법이 전부다. INMS 방식의 장점으로는 요청 패킷에 대한 손실을 예방하고, InterestTimeout (Interest 패킷이 재전송될 때까지 걸리는 시간) 발생 전 PIT에 있는 요청 패킷을 재전송함으로써 역방향으로 내려오는 응답 패킷에 대한 경로를 신속히 재설정한다. 하지만 이 기법의 한계점으로는 원천적으로 응답 패킷에 대한 손실을 차단하지 못한다는 것이다. 완벽한 QoS 보장을 위해서라면 응답 패킷 또한 손실을 제로화하는 것이 중요하다. 또한, 인접 노드가 많은 상황에서는 주변에 LDA메시지를 전파하게 되면 이에 대한 수

[2] D. Kim, J. Kim, and Y. Kim, "Mobility support in content centric networks," ICN '12: Proceedings of the second edition of the ICN workshop on Information-centric networking, Helsinki, Finland, 2012, pp 13-18.

요도 많아질 것으로 판단되어 트래픽과부하 상황이 발생하거나 오인 전파가 행해질 수도 있다. MD-INS 기법은 여기서 노드의 속도탐지 개념이 도입된 것인데 이동 감지되는 시점부터 대체 경로를 생성하기 때문에 단절시간 및 패킷손실이 감소하지만, 한계점으로 INNS기법과 동일하게 응답 패킷에 대한 손실은 원천적으로 막기 힘들고 중간노드에 대한 속도탐지도 쉽지 않을 것이다. 속도를 탐지하기 위해서는 별도의 데이터운반이 요구되고 그로 인해 트래픽도 발생한다. 토폴로지에서 노드의 수가 많으면 많을수록 이를 탐지하는 것도 상당히 부담요소로 작용할 수 있다. 그래서 원천적으로 응답 패킷에 대한 손실을 예방하고 더욱더 안정성 있게 중간노드 이동성을 지원하는 방안 에 대한 알고리즘이 필요하다.

III. 이중 경로를 활용한 중간노드의 이동성 지원

3.1 개요

CCN에서 중간노드가 이탈하면 전송경로가 단절되면서 요청 패킷과 응답 패킷에 대한 손실이 불가피하다. 그뿐만 아니라 지연시간도 늘어날 수 있는데 이는 특히 실시간 서비스에서 치명적일 수 있다. 물론 서비스 단절은 CCN의 Strategy Layer와 패킷 재전송을 통해 경로를 재탐색해서 극복될 수 있겠지만 InterestTimeout이 4초임을 고려했을 때 실시간 서비스에서 QoS 저하를 가져올 수 있다. 2장에서도 언급 하였지만 이러한 QoS 보장을 위해 많은 연구 논문들에서 실시간 서비스 간 중간노드 이동성 방안에 관한 연구를 통해 패킷손실 및 지연시간을 많이 줄여왔지만, 원천적으로 봉쇄하지 못하였다.

그래서 실시간 서비스 간 완전한 QoS 보장을 위해 저자는 패킷전송량과 전송시간 저하를 막기 위해 노드 이탈에도 불구하고 중단 없는 네트워크 운용이 가능한 방안을 연구하였다. 중간노드가 이탈하더라도 아무런 지연 없이 인근 경로를 통해 요청 패킷 및 응답 패킷을 송수신하는 이중 경로를 이용한 중간노드 이동성 지원(DP-INS, Dual Path-Intermediate Node Supporting)에 대한 방안을 제시한다.

DP-INS의 기본원리는 단순하다. 경로상 중간노드

가 이탈하게 되면 상위 노드를 이용해 인접 경로에 있는 중간노드가 그 역할을 대신하는 것이다. 상위 노드가 인접 경로에 있는 중간노드에 대한 정보를 평상시부터 갖고 있으면서 이탈 상황이 임박할 시에는 바로 대체 경로로 활용하는 것이다. 그렇게 하여 중간노드의 공백을 메꿔 데이터의 송수신을 보장한다.

3.2 동작 원리

DP-INS의 알고리즘은 그림 4와 같다. 상위 노드가 평상시에 보관되어있던 FIB에 있는 하위 노드 외에 인접 경로에 있는 또 다른 하위 노드의 Face ID를 추가하는 것이다. 그래서 중간노드가 이탈하여도 인접 경로를 통해 요청 패킷을 계속 상위 노드로 송신하는 것이다. 그렇게 되면 경로가 하나 단절이 되어도 인접 경로에 있는 생존 경로를 통해 데이터 유통이 가능하게 된다. 이로써 이중 경로를 통해 실시간 서비스 간 중단 없는 데이터 유통을 보장할 수 있고 패킷손실 및 단절시간을 최소화할 수 있다.

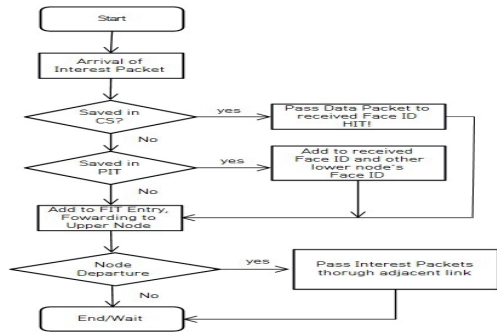


그림 3. DP-INS 알고리즘
Fig. 3 DP-INS Algorithm

네트워크 토폴로지는 그림 5처럼 설계하였다. 중간 경로에는 상·하위 노드랑 각각 경로를 2개로 설정하여 실험을 입증할 수 있도록 하였다.

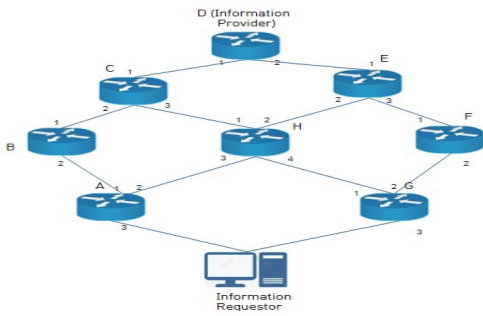


그림 4. CCN 토폴로지
Fig. 4 CCN Topology

위 토폴로지 설계 당시 조건으로는 모든 노드를 이동성 있는 노드로 설정하여 언제 어떤 상황에서든 노드 이탈이 발생할 수 있다는 것을 가정에 두었다. 현재뿐만 아니라 미래에도 Ad-hoc 네트워크를 기반으로 자율주행 또는 즉각적인 실시간 반응을 요구로 하는 서비스가 기초를 이루기 때문에 위와 같이 상황을 설정하였다. 좌측의 정보요청자가 요청 패킷을 전송하게 되면 A 노드를 거쳐 그다음 단계로는 B, C 노드를 최종 정보제공자인 D 노드에 다다르게 된다. CCN 라우팅 과정으로 인해 A→B→C→D 노드 순으로 요청 패킷이 올라갔다고 가정하면 역으로 D→C→B→A 역순으로 응답 패킷이 내려오게 될 것이다.

여기서 만약에 중간노드 B가 이탈한다면 어떻게 노드에 대한 이동성 보장을 해야 하는지에 대한 해답을 제시해야 한다. 노드 B가 이탈했을 상황을 가정할 토폴로지는 그림 6과 같다.

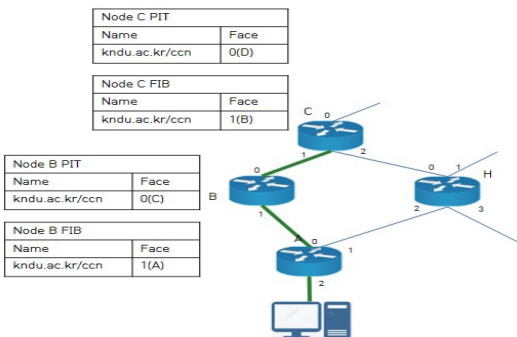


그림 5. B, C 노드의 PIT, FIB(CCN Algorithm)
Fig. 5 PIT, FIB of B, C nodes (CCN 알고리즘)

가정된 상황으로는 정보요청자가 정보제공자에게 kndu.ac.kr/ccn 이라는 데이터를 요구하는 상황이다. 노드가 이탈하게 되면 D→C→B→A 역순 경로로는 응답 패킷을 수신하지 못한다. 좌측의 정보요청자가 응답 패킷을 수신하려면 C 노드를 거쳐 그 하위 단계 노드인 H 노드를 통해 응답 패킷을 받아야 한다. 그래서 C 노드는 H 노드로 향하는 Face ID를 FIB에 평소에 추가함으로써 응답 패킷을 정보요청자에게 중단없이 전달해야 한다.

만약 이중 경로를 채택하지 않고 기존 알고리즘을 이용했을 때의 중간노드 B, C, H에 대한 PIT, FIB를 형상화한 것을 그림 7을 통해 확인할 수 있다.

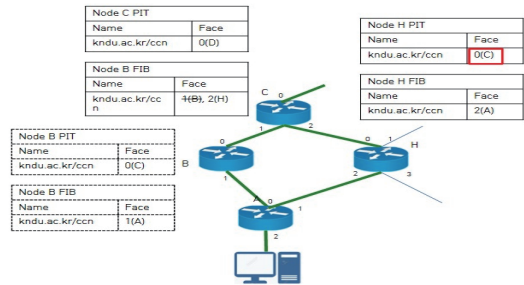


그림 6. B, C, H 노드의 PIT, FIB(DP-INS 기법)
Fig. 6 PIT, FIB of B, C, and H nodes(DP-INS)

그림 6과 비교해보면 차이점은 노드 C의 FIB에 인접 경로에 있는 H의 Face ID를 추가해 준 것이다. 이 상황에서 노드 B가 이탈된다 해도 정보제공자와 정보요청자 간 정보를 교환하는 데 있어서 제한이 없다.

3.3 기대효과

DP-INS 기법을 통해 얻을 수 있는 기대효과는 다음과 같다.

첫 번째로 이전기법과는 다르게 패킷손실을 최소화할 수 있다. 이전기법에서는 우회경로를 선정하는 동작 간에 정보요청자로부터 출발하는 요청 패킷의 손실이 있었으며 마찬가지로 요청 패킷이 계속 상위 노드에 재전송이 되더라도 정보제공자에서 정보요청자로 내려오는 응답 패킷에 대한 손실도 불가피하게 생길 수밖에 없다. 하지만 이번 DP-INS 기법에서는 이중 경로로 설정되면서 한 개의 경로가 활성화되지 못하더라도 다른 한 개의 경로가 활성화된다면 요청 및 응답

패킷에 대한 손실을 원천적으로 막게 할 수 있다.

두 번째로는 전송속도를 보장할 수 있다. 정보요청자와 정보제공자 간 패킷손실이 없으므로 그만큼 데이터 통신이 완전하게 보장이 되면 서비스에 대한 QoS도 완벽하게 보장할 수 있다. 특히 실시간 서비스가 있어야 하는 즉각적인 정보 공유 체계나 화상회의에는 Delay나 Jitter가 없이 쌍방 간에 원활하게 데이터 유통을 진행할 수 있으므로 이번 기법을 통해서 CCN의 실시간 서비스를 완벽하게 보장할 수 있다.

세 번째로는 패킷의 낭비를 줄여 원활한 네트워크 대역폭을 보장할 수 있다. 이전기법 경우 INMS 경우 LDA 메시지를 보내거나 MD-INS 경우 노드의 속도를 계속 탐지해야 하는 패킷이 필요했다. 하지만 이번 기법 경우 불필요한 동작 없이 이중 경로만 보장하면 이탈 상황이 발생해도 중단 없는 네트워크 지원이 가능하므로 네트워크 혼잡을 줄일 수 있는 효과를 기대할 수 있다.

IV. 실험 및 분석

4.1 실험 환경

본 논문에서는 실험을 위하여 ndnSIM 2.8을 구동하였다. ndnSIM은 NS-3(Network Simulator-3) 기반의 네트워크 시뮬레이터로 오픈소스이며 네트워크의 동작과 영향을 예측하고 분석하기 위한 소프트웨어이다. 패킷 형식은 NDN(:Named Data Networking) 형식이어서 본 실험에 적합하며 패킷의 포워딩 및 관리하는 소스 코드를 사용하여 직접 구현한다. 실험은 CPU AMD(R) RYZEN 3600 @ 3.60GHz, RAM 16GB의 데스크톱에서 진행하였다.

네트워크 토폴로지는 그림 8처럼 구성을 하였는데, 맨 위단에는 정보제공자 역할 하는 서버를 배치하였고, 중간에는 7개의 중간노드를 배치하였다. 그리고 정보요청자는 1개를 배치하였다.

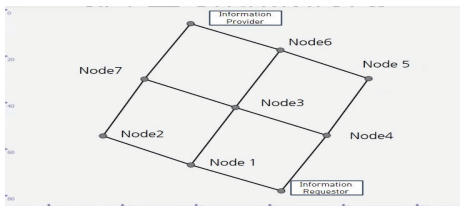


그림 7. ndnSIM으로 구성한 토폴로지
Fig. 7 Topology configured with ndnSIM

이탈하는 중간노드는 2번 노드와 7번 노드로 설정하고 동시에 그 사이에 있는 링크도 단절시켰다. 실험 조건으로 토폴로지에서는 실시간 서비스를 운영 중이며 모든 노드는 이동성 있는 노드로 가정을 하였다.

그 외에 나머지 실험변수는 표 1처럼 구성하였다.

표 1. 조건 및 변수
Table 1. Conditions and Variables

Parameter	Value
Simulation Run Time	20s
Node	Consumer 1 Provider 1 Intermediate Node 7
Link Capacity(Latency)	1Mbps
Chunk Size	1024Byte
Frequency of Interest Packets	100 Packets/s
Interest Lifetime	4s
Node B movement Time	5s

실험 시간은 15초로 설정하였으며 링크속도 1Mbps로 설정하였다. 노드가 이탈하기 시작하는 시기는 5초로 설정하였다. 패킷 크기는 1Mbyte며 정보요청자의 Interest PPS는 100으로 설정하였다. 즉 정보요청자가 1초마다 100개의 요청 패킷 보내는 것으로 설정하였으며, 요청 패킷 및 응답 패킷은 정보제공자와 정보요청자 간 가용한 경로를 모두 거쳐 송수신하는 것으로 설정하였다. 결과값은 txt 파일로 저장한 다음 R 확장자 형식의 그래프로 불러 도식화하였다. 그래프 도식화를 위해 추가로 ggplot2, scales, doBy 모듈을 추가로 설치하였다. 대조군으로는 같은 토폴로지를 구성하고 있지만, 기존 라우팅 엔진을 가진 CCN 모델로 실험을 하여 패킷전송량과 전송속도를 비교 분석할 계획이다.

4.2 실험 결과

본 실험은 4.1절에서 제시한 실험 환경에서 실시되었으며, 기존 CCN 알고리즘, 이중 경로 기법 제시가 된 라우팅 과정의 과정을 가진 DP-INS 총 2가지 라우팅 모델을 가지고 비교 실험하였다. 이를 통해 패킷 전송량과 전송속도 두 가지 결과값을 도출하여 성능을 비교·분석하였다.

4.2.1 패킷 전송량 비교

기존 CCN 알고리즘에서 정보제공자와 정보요청자에서 패킷 전송량을 분석하였더니 그림 9와 같이 결괏값이 도출되었다.

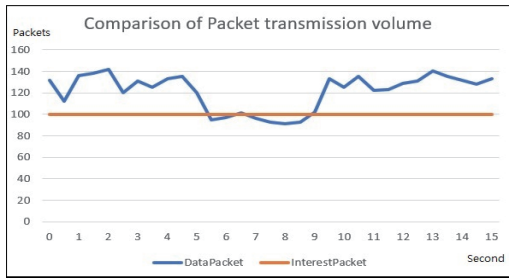


그림 8. 기존 알고리즘 패킷전송량 비교

Fig. 8 Comparison of Packet transmission volume in CCN

정보제공자에서 전체적인 패킷의 출입에 대한 전송량은 큰 폭이 없었다. 정보제공자는 나가는 요청 패킷은 일정하게 전송이 되었지만 나가는 응답 패킷이 5초 때 실험 조건인 일반 수준인 100 PPS보다 감소하여 90 PPS 수준까지 감소하였다. 중간 노드 이탈로 인해 정보제공자가 정보요청자 방향으로 가던 응답패킷이 손실이 생겼다는 것을 알 수 있었다. 제안된 기법에서 정보제공자와 정보요청자에서 패킷 전송량을 분석하였더니 그림 10와 같이 결괏값이 도출되었다.

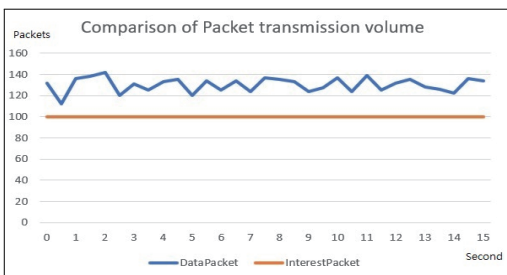


그림 9. 제안된 기법 패킷전송량 비교

Fig. 9 Comparison of Packet transmission volume in DP-INS

정보요청자는 들어오는 요청 패킷과 나가는 응답 패킷에 대한 전송량은 큰 폭은 없었다. 들어오는 응답 패킷과 나가는 요청패킷이 100PPS에서 140PPS까지 변동이 있었지만, 서비스에 영향을 미치는 수준은 아

니었다. 정보제공자는 나가는 응답 패킷이 5초 때 소량 감소하였지만, 실험 변수값이자 기준값인 100PPS 이상을 항상 유지함으로써 서비스를 받는 데 있어서 제한이 생기지 않았다.

두 기법 비교 분석을 통해 제안기법인 DP-INS는 기존 CCN과 비교하면 패킷 전송량을 보존할 수 있음을 알 수 있다. 기존 CCN 라우팅 경우 기존 경로(정보 생성자→1→2→7→정보요청자)가 단절하게 되면 Interest lifetime(요청 패킷 수명시간)에 의해 요청 패킷이 다른 경로를 찾아 전달될 때까지 4초가량 걸리게 된다. 다른 경로를 통해 전달하여도 4초 동안 단절되었던 구간에서의 전송량은 복구시키지 못하기 때문에 그림<4-2>에서 도식화된 것처럼 정보요청자는 기존보다 못 미치는 응답 패킷을 받음으로써 원활한 실시간 서비스를 보장받지 못한다. DP-INS 기법 경우 이탈 이벤트가 발생하기 전에 상위 노드의 FIB에서 인접 경로의 하위 노드에 대한 Face ID를 유지함으로써 이중 경로를 운용하였다. 실험 결과 그림 10을 보면 정보제공자와 정보요청자 간 패킷전송량을 측정하였는데 바로 대체 경로로 인해 이중 경로가 유지되었기 때문에 패킷전송량이 보존된 것으로 판단된다.

4.2.2 전송속도 비교

기존 CCN 알고리즘에서 정보제공자와 정보요청자에서 전송속도를 분석하였더니 그림 11과 같이 결괏값이 도출되었다.

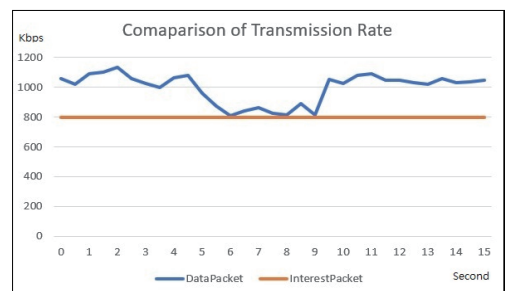


그림 10. 기존 알고리즘 전송속도 비교

Fig. 10 Comparison of Rate transmission in CCN

정보요청자는 들어오는 응답 패킷에 대한 전송속도는 큰 변화가 없다. 나가는 응답 패킷도 큰 폭의 변화는 없지만, 단절상황이 일어나는 5s에 전송속도가 소량 감소하는 것을 알 수 있다. 정보제공자는 들어오는 응

답 패킷은 일정하게 속도로 전송이 되었지만 나가는 응답 패킷이 5초 때 실험 조건인 일반 수준인 1Mbps 보다 감소하여 870 bps 정도로 전송속도가 감소하였다. 중간노드 이탈로 인해 정보요청자로서 전송속도에 손실이 생겼다는 것을 알 수 있었다.

제안된 기법에서 정보제공자와 정보요청자에서 패킷 전송량을 분석하였더니 그림 12와 같이 결괏값이 도출되었다.

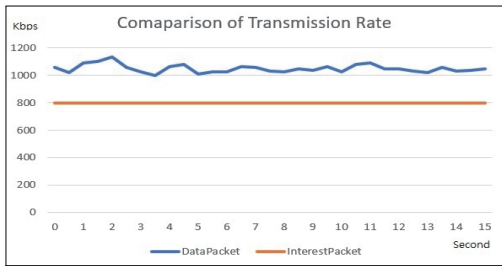


그림 11. 제안기법 전송속도 비교

Fig. 11 Comparison of Rate transmission in DP-INS

정보요청자는 외부로 입출력하는 응답 패킷과 요청 패킷의 전송속도는 큰 폭이 없었다. 정보제공자는 들어오는 응답 패킷 전송속도가 1050 bps를 평균적으로 웃돌면서, 실험 조건이자 기준값인 1Mbps 이상을 항상 유지하였기에 서비스를 받는 데 있어서 제한이 생기지 않았다.

두 기법 비교 분석을 통해 전송속도 또한 제안기법이 기존 알고리즘보다 높은 속도를 유지하고 있음을 알 수 있었다. 제안된 기법을 통해 안정적으로 인접 경로를 유지함으로써 패킷 전송을 보장할 수 있었고 그에 따라 전송속도 또한 유지할 수 있음을 알게 되었다. 위 실험을 통해 CCN 실시간 서비스 간 DP-INS 기법을 통해 기존 CCN 라우터 방식보다 패킷손실과 전송시간 측면에서 상당한 우수한 성능을 갖고 있다는 것을 확인할 수 있다.

V. 결론 및 향후 개선 방향

시간이 흐를수록 인터넷에 대한 중요성은 날로 높아져 가고 있고 인터넷에 대한 능력에 대한 요구는 끝이 없어지고 있다. 대용량 콘텐츠의 증가 그리고 스

트리밍 서비스에 대한 수요가 증가하면서 현재 IP Legacy 체계에서는 이를 감당하는 것에 대해 한계점을 가지고 있다. 물론 단편적으로 대역폭 확장 및 서버 용량 증가를 통해 대응하고 있지만, 기하급수적으로 늘어나는 콘텐츠에 있어서 IP 체계는 너무 많은 부담을 지고 있다. Client-Server 방식으로 인해 사용자와 서버 간 단대단 통신을 하면서 서버에 대한 가중이 높아져 트래픽 과중 및 오버헤드를 제어하지 못하고 있다.

CCN은 목적지 중심이 아닌 내용 중심으로 통신하기 때문에 호스트를 찾는 1대1 방식의 IP 체계와 비교하면 개선사항이 많다. 내용을 기반하기 때문에 호스트를 찾을 필요가 없고 노드가 캐싱 기능이 있으므로 사용자로서는 중간노드에 요청에 부합하는 응답 데이터를 갖고 있다면 굳이 본 Server에 접근할 필요 없이 효율적이고 빠르게 응답 데이터에 접근할 수 있다.

CCN 연구가 활발하게 진행됨에 따라 중간노드에 관한 연구도 관심이 높아지고 있다. 중간노드가 이탈하는 상황에서 반응시간에 민감한 실시간 서비스 내에서 품질을 보증하기 위해 어떻게 패킷손실과 전송시간을 최소화할지를 많은 연구가 진행되었었다.

본 논문에서는 이중 경로를 활용한 안정성 기반의 중간노드 이동성 관리 방안을 제시한다. 이탈 가능성이 있는 중간노드가 있으면 상위 노드는 인접 경로에 있는 하위 노드에 대한 정보를 FIB에 저장하여 평상시에도 정보를 송·수신하여 중간노드가 이탈할 시 인접 경로를 통해 실시간 서비스를 유지한다. 패킷손실 및 전송시간은 기존 CCN 방식보다 많이 개선되었고 실제 실험을 통해 입증되었다.

하지만 본 연구를 통해 한계점을 느끼게 된 것은 인접 경로마저 노드 이탈로 인해 가용하지 않다면 이에 대한 중간노드 이동성에 대한 관리도 생각해봐야 할 것이다. 그리고 본 실험처럼 간단한 토폴로지에서는 가용하겠지만 좀 더 복잡하고 노드가 더 많은 토폴로지에서는 상위 노드는 FIB에 많은 하위 노드에 대한 정보를 담아야 하는데 이 또한 트래픽 문제와도 결부시킬 수 있을 것이다. 이러한 부분에 연구가 진행된다면 중간노드 이동성 관리 방안에 대해서 많은 진전이 있을 것으로 생각된다.

References

[01] V. Jacobson, D. Smetters, J. Thornton, M. Plass, N. Briggs, and R. Braynard, "Networking Named Content," *Proceed. of the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies*, New York, United States, 2009, pp. 1-12.

[02] B. Lee, Content Centric Networking, *Korea Communication Agency*, 9, 29, 2012, pp. 51-55.

[03] B. Lee, H. Jeon, and H. Song, "Information-Centric Networking Research Trend," *report*, 2012, pp 80-88.

[04] J. Kim, H. Jung, and W. Bang, "Content Centric Networking Technology," *Trend," report*, 2012, pp 136-143.

[05] E. Lee and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service," *J. of Korea Multi Media Agency*, 9, 20, 2017, pp 1527-1540.

[06] K. Sung and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service according to Mobility Detection," *J. of Korea Multi Media Agency*, 22, 12, 2019, pp 1438-1446.

[07] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher, and B. Ohlman, "A Survey of Information-Centric Networking," *IEEE Communications Magazine*, 50, 7, 2012, pp 26-36.

[08] S. Aashis and Y. Kim, "A novel architecture of CCN for better security and applicability," *The Korea Society for Simulation*, 26, 1, 2017, pp 21-38.

[09] J. Kim, D. Shin, and Y. Ko, "TOP-CCN: Topology aware Content Centric Networking for Mobile Ad Hoc Networks," *2013 19th IEEE International Conference on Network*, Singapore, Singapore, 2013.

[10] J. Lee, Y. Oh, and G. Lee, "Usefulness of Content-centric Networking for Internet of Things," *SK Telecom Review*, 2014, pp 513-520.

[11] D. Kim, J. Kim, and Y. Kim, "Mobility support in content centric networks," *ICN '12:*

Proceedings of the second edition of the ICN workshop on Information-centric networking, Helsinki, Finland, 2012, pp 13-18.

[12] H. Kim and T. Kwon, "A Study on the Improvement of Military Information Communication Network Efficiency Using CCN," *J. of Korea institute of electronic communication sciences*, 5, 15, 2020, pp 799-806.

저자 소개

금석주(Suk-Ju Keum)



2014년 육군사관학교 전자공학과 졸업(공학사)
2021년 국방대학교 대학원 컴퓨터공학과

※ 관심분야 : Next Generation Networking, Content Centric Networking

권태욱(Tae-Wook Kwon)



1986년 육군사관학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 미 해군대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)

2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)

2007년 ~ 현재 국방대학교 컴퓨터공학과 교수

※ 관심분야 : Next Generation Networking, Content Centric Networking, RFID, U-Sensor Networking, VR, Software Defined Networking, Network Function Virtualization