Regular paper | Journal of the KIECS. pp. 1073-1080, vol. 18, no. 6, Dec. 31. 2023, t. 122, pISSN 1975-8170 | eISSN 2288-2189
http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.6.1073

CCN 실시간 스트리밍 환경에서 효율적인 중간노드 이동성 관리 기법

김윤영* · 권태욱**

Efficient Intermediate Node mobility Management Technique in CCN Real-time Streaming Environment

Yoon-Young Kim* · Tae-Wook Kwon**

요 약

인터넷 네트워크의 발전과 속도 개선, 이를 배경으로 한 각종 플랫폼의 발전은 다양한 콘텐츠의 생산과 소비의 급속한 확장을 불러왔다. 하지만 기존의 IP를 기반으로 한 인터넷 체계는 이런 급속한 데이터의 증가에 효율적으로 대처할 수 없는 현황이다. 이에, 콘텐츠 중심 네트워크(CCN, Contents Centric Network)라는 대안이 등장해 호스트 중심이 아닌 콘텐츠를 중심으로 보다 효율적인 데이터 송수신이 가능해졌다. 본 논문에서는 CCN의 주요 연구 분야 중 하나인 실시간 스트리밍 서비스에서의 중간노드 이동성에 대해 다룰 것이며, RSSI 감지를 통한 보다 효율적인 경로 전환을 통해 네트워크 과부하를 최소화할 것이다. 즉, 정보요청자와 정보제공자 사이에 위치한 중간노드가 이동했을 때 예비 경로를 선택하고 전환하는 방법을 개선함으로써 데이터 전송의 단절은 없으면서도 네트워크에 경로 전환으로 인한 불필요한 부하가 발생하지 않도록 관리하는 매커니즘을 제안한다.

ABSTRACT

The development and speed improvement of the Internet network, and the development of many platforms based on it, have brought about a rapid expansion of production and consumption of various contents. However, the existing IP-based Internet system cannot efficiently cope with such an urgent increase in data. Accordingly, an alternative called the CCN(Contents Centric Network) has emerged, enabling more efficient data transmission and reception centered on content rather than host. In this paper, we will deal with the mobility of intermediate nodes in CCN real-time streaming service, which is one of the major research fields of CCN, and minimize network overload through more efficient path switching through RSSI detection. In other words, by improving the method of selecting and switching a spare path when an intermediate node located between the requester(consumer) and the provider moves, a mechanism for managing data transmission is not interrupted and unnecessary load due to route switching does not occur in the network.

키워드

Contents Centric Network, MultiPath, Network Overload, RSSI(: Received Signal Strength Indication)
콘텐츠 중심 네트워크, 다중 경로, 네트워크 과부하, 수신 신호 강도

* 국방대학교 관리대학원(gkssptdb3@naver.com)
** 교신저자 : 국방대학교 컴퓨터공학과
· 접 수 일 : 2023. 09. 12
· 수정완료일 : 2023. 10. 27
· 게재확정일 : 2023. 12. 27
· Received : Sep. 12, 2023, Revised : Oct. 27, 2023, Accepted : Dec. 27, 2023
· Corresponding Author : Tae-Wook Kwon
Dept. Computer engineering, Korea National Defense University
Email : gkssptdb3@naver.com

Ⅰ. 서 론

기존의 TCP/IP 인터넷 네트워크는 Client - Server 방식으로 서버에 저장된 데이터에 정보요청자가 접근하여 자료를 제공받는 형태로 발전되어 왔다. 이런 구성이 확장되어 현재의 대규모 네트워크가 사용되고 있는데, 무선 환경이 확산되고 다양한 휴대용 기기의 발달로 네트워크를 통한 서비스의 범위와 트래픽이 날이 갈수록 증가하며 Host 중심의 네트워크에 대한 효율성과 관련해 의문이 제기되었다. 2020년 Cisco 사에 의해 조사되고 예측된 바에 따르면[1], 인터넷 데이터의 전송량은 2007년 초당 2,000GB에서 2022년 150,700GB로 15년 사이 약 75배 증가했다. 특히 많은 부분을 차지하는 것은 다른 종류보다 큰 데이터 크기를 가지는 스트리밍 서비스이다. Youtube와 Netflix 등 다양한 비디오 스트리밍 서비스는 2022년에는 전체 트래픽의 82%라는 점유율을 가진다[2].

기존 TCP/IP 체계는 모든 정보요청자가 각각 정보제공자에게 요청하여 데이터를 제공받는 End-to-End 방식이기 때문에 네트워크에 과도한 트래픽을 발생시키고, 데이터 전송량이 과도하게 증가한 현재에 이르러서도 이를 대체할만한 시스템이 좀처럼 대두되지 못해 여전히 Host 기반의 비효율적인 데이터 교환이 주를 이루고 있다. 이런 문제점을 해결하기 위한 대안 중 하나로 콘텐츠 중심 네트워크인 CCN(:Contents Centric Network)이 제안 및 발전되었고, 이 방식을 통해 네트워크에 접속하는 무수히 많은 사용자 및 단말기들이 원하는 데이터에 보다 효율적인 방식으로 접근하는 인터넷 서비스를 달성하고자 하였다.

특히 CCN 환경에서의 이동통신 서비스와 라이브 커머스 및 실시간 스트리밍 등 실시간 소통이 필요한 서비스의 경우 정보요청자 입장에서 저지연과 높은 통신 품질은 중요한 요소이고, 이런 환경에서의 통신 품질 유지를 위해 CCN 이동성 연구는 네트워크를 구성하는 중간노드의 이동성 발생 시 서비스의 단절 시간을 최소화하기 위한 방향으로 발전되어 왔다. 패킷 손실에 의한 서비스 품질 저하를 최소화하기 위한 다양한 기법들이 제안되었고, 중간노드 이동성 발생을 감지해 선제적으로 경로를 전환함으로써 패킷 손실 Zero화가 달성되었다. 하지만 선제적 경로 전환 방식은 불필요한 경로 설정 및 전환을 유발할 수 있고, 이는 다시 네트워크 오버로드를 발생시키는 원인이 되었다.

본 논문에서는 선행 연구에서 달성한 패킷 손실 Zero화를 유지하면서도 불필요한 경로 설정과 전환에서 비롯되는 네트워크 과부하를 최소화하기 위해 무선 환경의 수신 세기값인 RSSI를 이용해 중간노드의 이동성이 예측될 경우 전환할 경로를 설정하는 MT-INS(:Mobility Tracking Intermediate Node Supporting) 기법을 제안한다. Ⅱ장에서 CCN과 유의미한 선행 연구에 대해 논하고 Ⅲ장에서 제안기법을 소개하며 Ⅳ장에서 실험 결과 분석을 통한 제안기법의 성능을 확인하고 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 관련연구

2.1 CCN

CCN은 Van Jacobson에 의해 2006년 8월 처음 제기된 것으로, 기존의 IP 정보를 통해 End-to-End 방식으로 데이터를 전송하던 라우팅 방식을 콘텐츠 이름 중심의 라우팅 방식으로 변경함으로써 보다 효율적인 데이터 전달을 가능하게 하는 네트워크 기술이다[3]. 이런 콘텐츠 중심의 연구는 CCN이라는 이름 외에도 NDN(:Named Data Networking), ICN(:Information Centric Networking), DON(:Data Oriented Networking) 등의 이름으로 다양하게 진행되고 있는데, 이들은 라우팅을 수행하며 지나간 노드에 콘텐츠를 저장함으로써 동일한 콘텐츠 요청 시 정보제공자에게까지 도달하지 않아도 중간노드에서 저장된 콘텐츠를 요청자에게 전달할 수 있게 되어 전체적인 네트워크 트래픽 감소 효과를 보이게 된다.

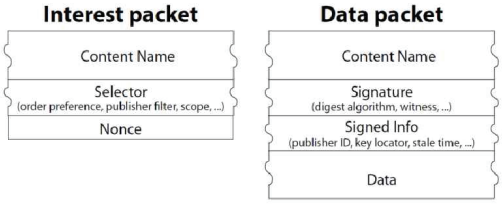

그림 1. CCN에서 다루는 패킷의 구조
Fig. 1 CCN packet types

CCN에서는 Interest Packet과 Data Packet이라는 2가지 형태의 패킷을 처리하며, Interest Packet은 정보요청자가 정보제공자에게로 데이터를 요청하는 패킷이고, Data Packet은 Interest Packet을 받은 정보제공자가 정보요청자에게 필요한 데이터를 전달하는 패킷이다[4]. 정보요청자는 가능한 모든 연결을 통해 자신의 Interest를 방송하여 콘텐츠를 요청하고, 이 Interest를 수신하고 일치하는 데이터를 가진 노드는 Data를 응답으로 정보요청자에게 전송한다. Interest Packet과 Data Packet 모두 Content Name으로 교환되는 콘텐츠를 식별하므로, CCN에 있어 Content Name은 무엇보다 중요한 요소이다.

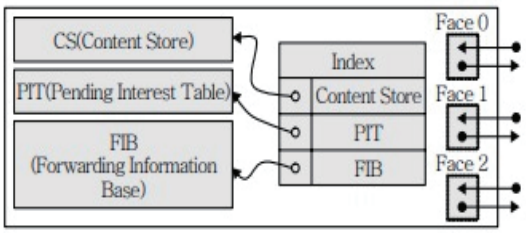

그림 2. CCN 포워딩 엔진
Fig. 2 CCN forwarding engine

CCN 노드의 포워딩 엔진은 CS(: Content Store), PIT(: Pending Interest Table), FIB(: Forwarding Information Base)라는 3개의 모듈로 구성된다[3]. CS는 캐시 정책에 의해 콘텐츠를 저장하고 방출하는 역할을 하며, 정책에 따라 Data Packet을 가능한 오랫동안 보관함으로써 중복된 Interest 요청에 응답하는 대기 시간과 Upstream 대역폭 수요를 최소화한다. PIT는 Interest Packet을 받았을 때 대응되는 Data Packet을 요청자에게 반환하기 전까지 콘텐츠의 이름과 요청 인터페이스 정보를 저장하는 역할을 하는데, Data Packet이 요청자에게 전달되고 나면 보관한 정보를 삭제한다. FIB는 CS와 PIT 리스트에 요청받은 콘텐츠가 없을 시 Interest Packet을 인접 노드로 전파하기 위해 목적지 정보를 저장하는 역할을 한다.

2.2 중간노드 이동성 관리 연구

IP 체계 환경에서와 마찬가지로 CCN의 실시간 스트리밍 환경에서 중간노드의 이동은 전송 경로를 잃어버려 통신이 두절 되고 패킷이 손실되는 결과를 초래할 수 있다. 특히 모바일이 발전하고 이동성이 중시되는 현대의 인터넷 환경에서 단절 없고 효율적인 데이터 전송은 매우 중요하다. 따라서 중간노드가 이동할 때 예비 경로를 설정하고 전환하는 것은 네트워크의 효율을 높이기 위해 제안된 CCN에서 중요한 문제이다.

CCN 실시간 서비스에서 중간노드 이동성 관리의 중요성에 비해 정보제공자와 정보요청자가 아닌 중간노드의 이동성에 대한 연구는 부족한 상황이다[5]. 그러나 이동성이 중요한 무선 네트워크 환경이 발전됨에 따라 중간노드의 이동성 관련 연구는 더욱 많이 이루어지게 될 것이다[6]. 중간노드의 이동성과 관련된 연구로는 먼저 INMS(: Intermediate-Node Mobility Support)가 있다[7]. 이 기법은 중간노드가 이동할 경우 발생하는 경로 변경으로 인한 Interest Pakcet과 Data Packet의 손실을 방지하기 위해 이동하는 중간노드가 이동 전 자신과 연결된 노드에 LDA(:Link Disconnection Advertisement)라는 메시지를 전송해 자신의 이동을 알리고 주변 노드들이 전송 경로를 재설정하도록 하는 기법이다. 두 번째로는 인접 노드들이 중간노드 속도를 모니터링하여 측정된 속도를 기반으로 이동성을 판단하고, 이동성이 발생할 때 우회 경로를 추가해 경로를 전환하는 MD-INS(: Mobility Detection Intermediate Node Supporting) 기법이 있다[8]. 두 기법은 선제적인 이동성 감지와 경로 전환을 통해 Packet의 손실을 감소시키는 데 효과적인 결과를 얻었다. 세 번째는 DP-INS(:Dual Path-Intermediate Node Supporting) 기법으로 최초 아키텍처 구성 시부터 이중 경로를 설정해 주/예비 경로로 활용하여, 중간노드의 이동성이 발생할 때 선제적으로 경로를 전환해 패킷 손실을 최소화하였다[9]. 마지막으로 IPC(: Immediately Prediction Connect) 기법은 DP-INS의 이중 경로 설정과 노드 간의 RSSI(: Received Signal Strength Indication) 측정을 통한 중간노드 이동성 예측을 통해 선제적인 경로 전환으로 패킷 손실 Zero화를 달성할 수 있었다[10]. 위 연구들을 통해 중간노드 이동성 지원에 대한 보다 효율적인 아이디어를 제안하고자 한다.

III. 실시간 중간노드 이동성 관리

기존 중간노드 이동성 관리에서는 중간노드의 이동을 메시지 패킷 전송이나 속도, 무선 신호감도 측정 등의 기법을 사용해 판단했고, 경로의 재설정에 대해 노드 이동성이 판단될 경우 예비 경로를 설정하거나, 주경로와 함께 예비 경로를 최초부터 미리 설정하는 방법을 사용했다. 실시간 스트리밍 환경에서 중간노드의 이동성 관리를 위해서는 2가지 모두 중요한 요소이기 때문에, 본 연구에서는 각기 가장 효율성이 좋은 기법을 활용하면서 보다 효율적인 방안을 제시하는 것에 중점을 두었다. 중간노드가 이동성을 가지는 것은 무선 네트워크 환경이며, 이 환경에서 노드의 속도는 노드 간 전송 경로의 이탈을 보장하지는 않는다. 빠른 속도로 일정 범위 내에서 움직이는 노드는 경로를 유지하며 통신을 계속할 수도 있을 것이다. 또한, 이동한다는 메시지 패킷 전달은 노드 이동성은 보장할 수 있겠지만, 주변 노드에서 선제적으로 경로 전환을 하기에는 대응이 늦어진다. 따라서 노드의 이동성 측정은 IPC에서 연구된 무선 신호감도 측정을 통한 기법을 활용했다.

하지만 DP-INS나 IPC 기법에서 활용한 최초부터 이중 경로를 설정해 예비 경로로 활용하는 것은 CCN 네트워크 구성 시 모든 노드에 대해 이동을 가정하고 이중 경로를 설정하기 때문에 사용하지 않을 경로에 대한 불필요한 네트워크 트래픽을 발생시킨다. 이는 경로 전환으로 인한 Packet 손실을 Zero화 하는 데는 효과적이지만, 네트워크 전체의 효율성을 추구한다는 측면에서 다소 불합리한 구조를 가진다. 따라서 RSSI 수치 측정을 이용한 중간노드 이동성 탐지 기법을 적용하되, 예비 경로의 설정 개념을 다르게 적용하였다.

기존 IPC 기법에서는 최초부터 모든 노드에 이중 경로를 설정하고 주 경로의 중간노드에 대한 RSSI값이 이동성 발생으로 -75dBm 이하로 떨어지는 저품질의 무선 환경에 이르렀을 때 예비 경로로 전환해 패킷 손실을 막는 기법을 활용하였다. 하지만 이 방식은 이동이 발생하지 않아 주 경로를 지속적으로 사용하게 될 중간노드에 대해서도 이중 경로를 설정하기 때문에 네트워크 전체에 오버로드를 유발한다. 이를 개선하기 위해 예비 경로를 모든 노드에 대해 최초부터 설정하지 않고 RSSI값에 1차 기준치와 2차 기준치를 선정해 1차 기준치를 넘을 시 중간노드를 우회하는 예비 경로를 설정하고, 2차 기준치에 도달했을 때 경로를 전환하는 기법을 제안한다.

RSSI는 노드 간의 무선 수신 신호의 세기 값으로 무선 네트워크의 안테나 등의 송신 신호에 대한 전력 수치인데, 최대 -30dBm에서 -100dBm까지의 신호 세기를 나타내고 수치가 높을수록 좋은 무선 네트워크 품질을 보장받는다[11].

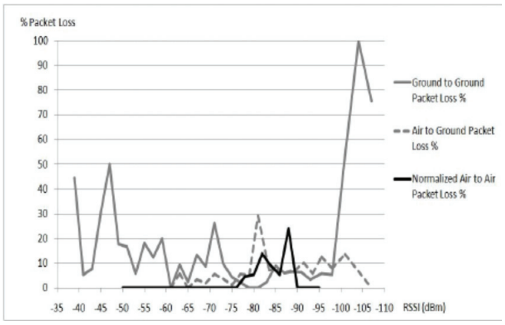

그림 3. 수신세기 대비 패킷 손실율
Fig 3. Packet loss percentage vs RSSI

무선통신환경은 수많은 방해 요인이 발생할 수 있어 같은 세기의 전파를 방사하더라도 노이즈로 인해 다른 RSSI값이 출력될 수 있고, 이는 패킷의 손실을 유발할 수 있기에 일정 수준 이상의 RSSI가 유지되어야 안정적인 데이터 송수신이 가능하다. 그림 3에서 확인할 수 있는 것처럼 수신 세기가 -60~-65dBm일 때부터 패킷 손실이 발생하기 시작하고 -75dBm 이하일 경우에는 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있기 때문에 위 실험을 기반으로 RSSI 1차 기준치를 -65dBm으로, 2차 기준치를 -75dBm으로 가정해 시뮬레이션 실험에 반영하였다.

이러한 기술적 이론을 바탕으로 제안하는 중간노드 이동성 관리 기법은 MT-INS으로 중간노드에 대한 RSSI 수치 모니터링을 통해 노드의 이동으로 1차 기준치인 -65dBm을 초과하는 수신 세기가 될 때 해당 중간노드를 우회하는 예비 경로를 설정한다. 이후 지속적인 RSSI값 모니터링으로 2차 기준치인 -75dBm을 초과할 경우 설정한 예비 경로로 전환함으로써 실제 사용될 가능성이 있는 예비 경로만 설정하여 불필요한 네트워크 오버로드를 최소화하게 된다. 주 경로

는 예비 경로로 전환 시 바로 단절하지 않고 전환이 이상이 없고 끊김 없는 연결이 보장될 때 단절한다. 이때 기존 주 경로의 중간노드는 다시 확인하여 2차 기준치를 벗어나지 않으면 새로운 예비 경로로 설정해 재활용하고자 한다. 그림 4는 제안기법을 알고리즘으로 표현한 것이다.

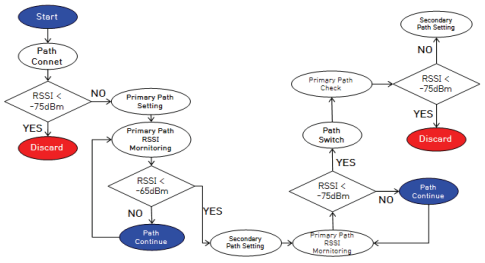

그림 4. MT-INS 알고리즘
Fig. 4 MT-INS algorithm

구현을 위한 토폴로지는 정보요청자와 정보제공자, 그리고 이들을 연결하는 중간노드 3개로 구성하였다. 정보요청자는 Interest Packet을 RSSI 기준으로 노드 B를 통해 정보제공자까지 전달하고, 정보제공자는 해당 경로의 역순으로 Data Packet을 전송한다. 설정은 그림 5와 같다.

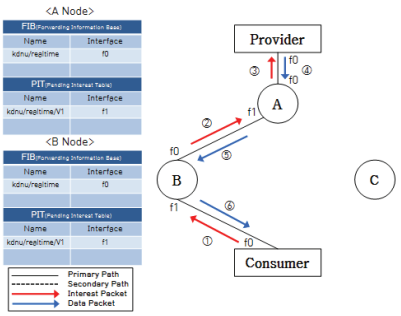

그림 5. CCN 주 경로 설정
Fig. 5 CCN primary path setting

최초 주 경로가 설정되어 정상적인 실시간 서비스가 제공되던 중 1차 기준치인 중간노드에 대한 RSSI 값의 -65dBm 달성 시 노드의 이동이 예측된다고 판단하여 노드 C를 거치는 예비 경로를 설정한다. 그림 6은 위 과정을 설명한다.

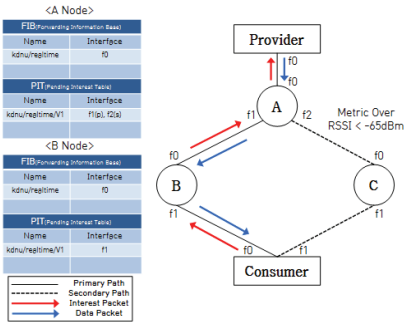

그림 6. CCN 중간노드 이동성 예측 및 예비경로 설정
Fig. 6 CCN intermediate node mobility detection and secondary path setting

이후 중간노드 B가 실제로 이동하여 2차 기준치인 -75dBm의 RSSI값을 초과하게 되면 이전 과정에서 설정한 예비 경로로 전환하여 수신감도가 더 나빠지기 전 데이터 패킷을 새로운 경로를 통해 전송함으로써 패킷의 단절을 방지한다. 이같이 중간노드의 이동성으로 인한 단절이 발생하기 전 경로를 관리함으로써 실시간 스티리밍 환경에서 정보요청자에게 제공하는 서비스의 품질 유지를 보장받는다.

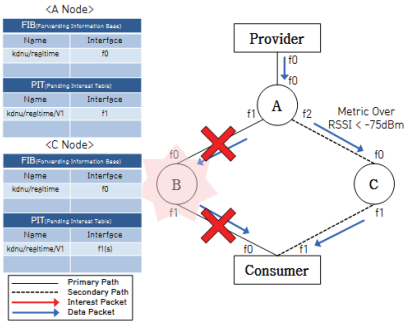

그림 7. CCN 중간노드 이동성 발생 및 경로 전환
Fig. 7 CCN intermediate node mobility occurrence and switching path

Ⅳ. 실험 및 결과 분석

4.1 실험방법 및 환경

본 논문에서는 실험을 위해 ndnSIM 2.9를 활용했

다. ndnSIM은 NS-3(:Network Simulator-3)라는 네트워크 시뮬레이터를 기반으로 하는 ndn 시뮬레이터로, NDN 및 CCN 연구에 많이 활용되는 신뢰성 높은 프로그램이다. 실험은 CPU i3-8100 @ 3.60GHz, RAM 8GB의 데스크톱에서 진행하였다. 실험 환경은 정보제공자, 정보요청자 1개씩과 정보제공자에게 연결된 1개의 노드, 그리고 8개의 경로를 구성하는 16개의 중간노드를 배치해 구성하였다. 각 노드의 연결은 802.11a 프로토콜의 무선 환경이며 1,024kbyte의 PayloadSize와 정보요청자 Frequency를 10으로 설정하여 실험하였다. 실험은 100s 동안 단절 발생 횟수에 따른 총 패킷 양과 Packet Loss를 측정하여 패킷 양의 변화가 경로 단절에 의한 것인지, 네트워크 부하에 의한 것인지 비교·실험하였다. 실험의 대조군은 기본 CCN과 IPC 모델을 선정하여 단절 횟수와 사전 경로 설정에 따른 네트워크 부하를 분석하고자 하였다.

4.2 실험결과

본 실험은 4.1절에서 제시한 실험 환경에서 실시하였으며, 기본 CCN 알고리즘과 IPC 알고리즘, 경로 이탈 예측에 의한 MT-INS 기법 총 3가지 모델을 비교 실험하였다. 이를 통해 패킷 단절 횟수를 늘리며 패킷 손실량과 100s 동안의 총 패킷 전송량 결과를 도출하여 모델별 네트워크 부하를 분석하였다.

그림 8. 모델별 패킷 손실량 비교
Fig. 8 Comparison of packet loss by model

패킷 손실은 기본 CCN의 중간노드 이동 발생 시 경로의 단절과 경로 재탐색 및 변경에 의한 시간 동안 통신이 두절되어 전송되는 패킷의 손실이 발생한다. 이는 중간노드 이동으로 인한 경로 단절 횟수가 증가할수록 가산되어 패킷의 손실량이 늘어난다. 반면 IPC 기법과 제안기법의 경우 중간노드 이동을 미리 예측하고 경로의 단절 전 예비 경로로 전환하기 때문에 패킷의 손실이 발생하지 않는다.

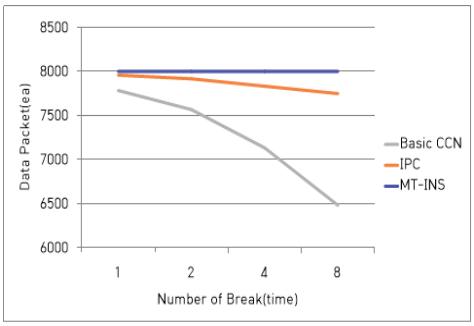

그림 9. 모델별 100s 간 총 패킷 비교
Fig. 9 Comparison of total packets over 100s by model

기본 CCN에서는 경로의 단절로 인해 발생하는 패킷 손실로 100초의 시뮬레이션 간 총 패킷 양에도 손실이 발생한다. 기본 CCN의 총 패킷 양은 경로 단절이 없을 경우 제안기법의 총 패킷 양과 동일하며, 경로 단절로 인해 발생한 패킷 손실량을 뺀 수치와 일치한다. 따라서 기본 CCN은 경로 단절로 인한 패킷 손실 외에는 별도의 네트워크 부하는 확인되지 않는다.

비교군인 IPC 기법은 그림 8에서 확인할 수 있는 것처럼 패킷 손실은 없지만 그림 9에서의 동일한 시간 동안 시뮬레이션하여 측정한 총 패킷 양은 단절 횟수가 적을 때는 제안기법과 별 차이가 없지만, 단절 횟수가 많아질수록 손실량이 늘어나는 결과를 확인할 수 있다. 패킷 손실이 존재하지 않는데도 총 패킷 양이 적어지는 것은 네트워크 부하로 인한 전송 성능 저하로 분석되며, IPC 기법은 사전에 모든 노드에 예비 경로를 설정하기 때문에 네트워크의 규모가 커질수록 더 많은 부하가 가해진다는 가설을 확인할 수 있다. 반면, 노드의 이동을 예측해 이동할 가능성이 있는 노드에만 예비 경로를 설정하는 제안기법은 불필요한 경로 설정으로 인한 네트워크 부하를 막을 수 있어 네트워크의 규모가 확장되어도 총 패킷 양의 손실을 감수하지 않을 수 있다. 위 실험을 통해 CCN 실시간 서비스 간 MT-INS 기법을 이용해 기존에 제안된 방식의 이점을 유지하면서도 네트워크 부하 측면에서 더 우수한 성능을 가지고 있는 것을 확인할 수 있다.

Ⅴ. 결론

본 논문에서는 발전하는 무선 네트워크 환경에 맞추어 기존의 TCP/IP 체계를 벗어나 효율성을 추구하는 CCN과 실시간 환경에서 패킷의 손실이 발생하지 않는 개선된 구조와 함께 네트워크의 부하를 최소화하는 방안을 연구하였다. 기존 연구의 중점은 패킷의 손실을 Zero화 하는 방안이었으나 그를 위한 모니터링은 노드와 네트워크에 추가적인 임무를 부여해 다시금 부하를 일으키게 된다. 특히 네트워크는 단 몇 개의 노드가 아닌 수십 수백 개의 노드로 구성되는 유기적인 구조로 네트워크 규모가 커져도 성능이 변하지 않는 알고리즘의 연구는 중요할 것이다. 따라서 규모가 큰 환경에서 중간노드의 이탈 횟수가 더 많은 상황을 고려하였을 때도 효율성을 유지할 수 있는지, 더욱 경로 변경에 의한 네트워크의 부하를 경감시키는 방안이 있는지에 대한 추가 연구가 필요할 것이다.

References

[1] Cisco, "Cisco Annual Internet Report(2018-2023) White paper," *report,* 2020.

[2] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Forecast and Trends, 2017–2022 White paper," *report,* 2019.

[3] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking named content," *In Proceedings of the 5th international conference 2009*, NY, United States, Dec. 2009 pp. 1-12

[4] J. Choi and T. Kwon, "A LFU based on Real-time Producer Popularity in Concent Centric Networks," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 16, no. 6. 2021, pp. 1113-1120.

[5] Z. Zhou, X. Tan, H. Li, Z. Zhao, and D. Ma, "MobiNDN: A mobility support architecture for NDN," *Proceedings of the 33rd Chinese Control Conference,* Nanging China, 2014, pp. 5515-5520.

[6] X. Jiang, J. Bi, and Y. Wang, "What benefits does NDN have in supporting mobility," *2014 IEEE Symposium on Computers and Communications (ISCC),* Funchal, Portugal, 2014, pp. 1-6.

[7] E. Lee and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service," *J. Korea Multimedia Society*, vol. 20, no. 9, Sept. 2017, pp. 1527-1540.

[8] K. Sung and T. Kwon, "Supporting Intermediate-node Mobility in CCN Real-time Service according to Mobility Detection," *J. Korea Multimedia Society*, vol. 22, no. 12, Dec. 2019, pp. 1438-1446.

[9] S. Keum and T. Kwon, "A Study on the Support of Intermediate Node Mobility by Double Paths in CCN Real-Time Services," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences* vol. 16, no. 5, Oct. 2021, pp. 825-834.

[10] S. Go and T. Kwon, "Intermediate node mobility management technique by real-time monitoring in CCN environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences* vol. 17, no. 5. 2022, pp. 783-790.

[11] J. Allred, A. B. Hasan, and S. Panichsakul, "SensorFlock: an airborne wireless sensor network of micro-air vehicles," *SenSys07: The 5th ACM Conference on Embedded Network Sensor Systems,* Sydney, Australia, Nov. 2007.

저자 소개

김윤영(Yoon-Young Kim)

2016년 육군사관학교 무기시스템공학과 졸업(공학사)
2022년~현재 국방대학교 대학원 컴퓨터공학과

※ 관심분야 : Next Generation Networking, Content Centric Networking.

권태욱(Tae-Wook Kwon)

1986년 육군사관학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 美 해군대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학석사)
2001년 연세대학교 대학원 컴퓨터공학과 졸업(공학박사)
2007년~현재 국방대학교 컴퓨터공학과 교수

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