

실시간 CCN에서 노드이탈 학습에 따른 효율적 중간노드 이동관리 기법

서동혁* · 권태욱**

Efficient Intermediate Node Mobility Management Technique Based on Node Departure Learning in Real-time CCN

Dong-Hyuk Seo* · Tae-Wook Kwon**

요약

휴대용 기기의 보급 확대와 동영상 플랫폼의 성장으로 인해 최근 실시간 스트리밍 산업이 급속히 확장되고 있다. 이로 인해 대용량 콘텐츠의 송수신 수요가 증가하면서 기존 IP 주소 기반 네트워크에서 트래픽 과부하 및 비효율성 문제가 발생하고 있다. 이를 해결하기 위해 콘텐츠 중심 네트워크(CCN: Contents Centric Network)가 대안으로 연구되고 있다. CCN은 IP 주소(위치)가 아닌 콘텐츠 명칭(무엇)을 기반으로 하는 네트워크로, 각 노드가 CS(Content Store)라는 캐시 공간을 보유해 서버 병목 현상과 트래픽 과부하를 완화할 수 있다. 그러나 CCN 환경에서도 클라이언트와 서버 사이에 위치한 중간 노드가 이탈하면 패킷 손실 및 서비스의 품질 저하를 유발시킬 수 있다. 따라서 실시간 환경에서 중간 노드의 이탈 관리에 대한 연구가 반드시 필요하다. 본 논문은 RSSI(Received Signal Strength Indicator) 모니터링을 통해 중간 노드의 이탈을 감지하고 효율적인 예비 경로 생성을 위한 새로운 기법을 제안한다.

ABSTRACT

The rapid expansion of the real-time streaming industry is driven by the widespread adoption of portable devices and the growth of video platforms. Consequently, the demand for transmitting and receiving large volumes of content has increased, leading to traffic congestion and inefficiency in traditional IP address-based networks. To address these issues, Contents Centric Networking (CCN) is being researched as an alternative. CCN is a network architecture based on content names (what) rather than IP addresses (where), where each node has a cache space called Content Store (CS) to alleviate server bottlenecks and traffic congestion. However, in a CCN environment, the departure of intermediate nodes between clients and servers can lead to packet loss and degradation of service quality. Therefore, research on managing the departure of intermediate nodes in real-time environments is essential. This study proposes a new method for detecting the departure of intermediate nodes through RSSI (Received Signal Strength Indicator) monitoring and for efficiently creating backup paths.

키워드

Contents Centric Network, Multi-Path, Network Traffic, Mobile communication
콘텐츠 중심 네트워크, 다중 경로, 네트워크 트래픽, 이동통신

* 국방대학교 관리대학원(berigud91@gmail.com)

** 교신저자 : 국방대학교 컴퓨터공학과

• 접수일 : 2024. 08. 01

• 수정완료일 : 2024. 09. 06

• 게재확정일 : 2024. 10. 12

• Received : Aug. 01, 2024, Revised : Sep. 06, 2024, Accepted : Oct. 12, 2024

• Corresponding Author : Tae-Wook Kwon

Dept. Computer engineering, Korea National Defense University

Email : berigud91@gmail.com

1. 서론

스마트폰은 현재 우리의 생활 전반에 걸쳐 필수 불가결한 존재로 자리 잡고 있다. 특히, 최근 코로나19 팬데믹 시기를 거치며 스마트폰을 포함한 인터넷 휴대용 기기를 중심으로 비디오 스트리밍 인프라 시장이 급격히 확장되었다. Research Nester의 최신 보고서에 따르면, 실시간 스트리밍 서비스의 확장은 앞으로도 계속될 것이며, 비디오의 고품질 요구와 함께 네트워크 대역폭의 제한이 문제로 제기되고 있다[1]. 이와 같이, 향후 실시간 스트리밍 환경에서의 용량 제한 문제는 기존 TCP/IP 체계의 정보 유통 구조의 특징에서 찾아볼 수 있다.

기존 IP주소 체계는 정보 요청자가 원하는 정보를 해당 정보 생산자에게 직접 요청하여 정보를 제공받는 종단 간 통신 구조이기 때문에 실시간 스트리밍 환경에서는 특히 생산자에게 트래픽이 과도하게 집중되는 병목현상이 유발된다. 앞서 Research Nester의 보고서에서 분석한 인터넷 시장의 트렌드인 스트리밍 시대에서는 더욱이 기존 호스트 기반 주소체계의 비효율성이 극대화되어 네트워크 오버로드를 발생시키기 유리한 데이터 유통 환경이다.

이러한 인터넷 시장의 변화에 따라, 기존 IP 주소 기반의 종단 간 데이터 전송 라우팅 방식 대신 다양한 네트워크 연구가 활발히 진행되고 있다. 그중 하나인 콘텐츠 중심 네트워크(Content Centric Network, CCN)는 IP 주소(위치)가 아닌 콘텐츠 명칭(무엇)을 기반으로 한 네트워크이다. CCN은 중간 노드(라우터)에 각기 캐시 저장공간을 마련하여 한 번 전송된 데이터의 중복 전송을 줄이고 정보 생산자에게 집중되는 네트워크 병목현상을 예방하는 등 불필요한 네트워크 트래픽을 최소화할 수 있어, 네트워크 산업의 새로운 트렌드에 부합하는 솔루션으로 주목받고 있다.

특히 CCN에서의 실시간 스트리밍 서비스 환경에서 사용자에게 단절 없는 서비스 제공과 고품질의 화질을 보장하기 위하여 네트워크를 구성하는 중간노드들의 이동에 대한 관리는 중요한 요소이다. 관련 기존 연구들은 패킷 손실을 최소화함으로써 서비스 제공간 단절 소요를 제거하기 위한 방향으로 발전해 왔다. 중

간 노드들의 이동을 사전에 판단하여 가용한 예비 노드로 경로를 전환하는 방식으로 완전히 단절 없는 서비스를 제공하는 것까지 연구를 달성하였다. 그러나 예비 노드의 생성 시기와 경로 전환 시기가 고정된 임계치에 의해 정해졌기 때문에 미사용되는 예비경로들이 생성되며 네트워크 오버로드 유발과 관련된 문제가 제기되었다.

본 논문에서는 기존 연구들에서 달성한 실시간 스트리밍 환경에서 패킷 손실 제로화를 유지하면서도 네트워크 오버로드 최소화를 위한 미사용 예비경로 생성을 감소시키는 RAPS(: Real-time Adaptive Path Switching) 기법을 제안한다. 이 기법은 RSSI의 지속적인 모니터링을 바탕으로 예비경로 생성 및 경로전환 시기를 판단하는 유동적인 3개의 임계값을 활용하는 방식이다.

II. 관련 연구

2.1 CCN(: Contents Centric Network) 개요

현재의 종단 간 통신형태의 인터넷 체계에서는 사용자가 정보를 요청할 때마다 무조건 서버로부터 요청한 정보를 수신해야 하는 구조이다 보니, 정보를 보유한 서버는 수많은 정보 요청에 대응해야 하는 네트워크 낭비 현상이 발생할 수 있다. 이런 제한사항을 개선하기 위해 CCN이 등장하게 되었다[2]. CCN은 가까운 지역의 사용자들이 같은 시기에 유사한 콘텐츠에 대해 관심을 갖고 높은 수요를 보일 것이라는 가정으로 연구를 시작한 네트워크이다. 사용자가 어떤 콘텐츠를 요청하면 해당 콘텐츠를 저장하고 있는 가장 인접한 노드로 라우팅하는 네트워크 구조로서, 콘텐츠 유통 효율성 측면에서 훨씬 우수하다.

기존 TCP/IP와 CCN 아키텍처 간 구조적으로 차이가 있다는 것을 그림 1을 통해 알 수 있다. 기존 체계에서는 콘텐츠와는 관계없이, Client와 Server가 콘텐츠 패킷의 헤더에 저장되어 있는 IP주소를 활용하여 연결되었으나, CCN은 청크라는 데이터 단위로 콘텐츠 자체의 정보와 라우팅 기능만을 활용하여 전송이 되는 것에 차이점이 있다. 즉, CCN 아키텍처는 콘텐츠 전송과 관리에 최적화된 방식으로써 CCN이 현 인터넷 체계를 대체할 네트워크로 연구된다.

1) <https://www.researchnester.com/reports/video-streaming-infrastructure-market/2784>

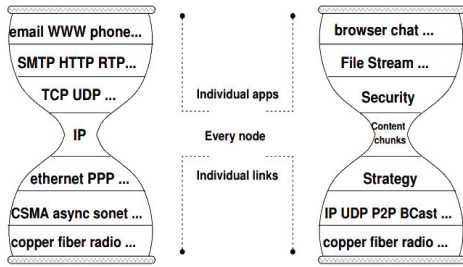


그림 1. TCP/IP와 CCN의 비교
Fig. 1 Comparison of TCP/IP and CCN

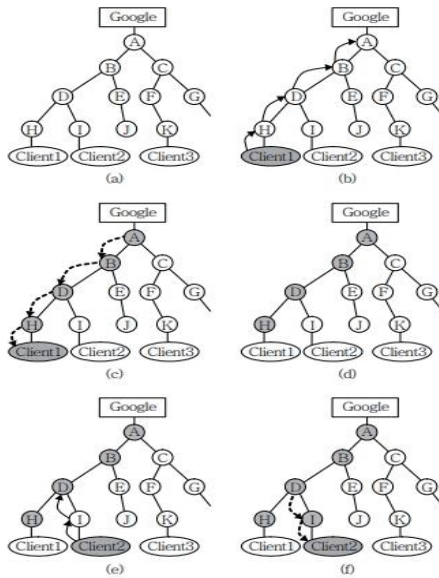


그림 2. CCN의 데이터 유통과정
Fig. 2 Data distribution process in CCN

CCN에서의 효율적인 데이터 유통과정은 그림 2와 같다[3]. (a)는 Google 서버와 여러 Client 사이에 중간 노드들이 있는 구조를 보여준다. (b)는 Client 1이 어떤 콘텐츠를 요청하여 해당 콘텐츠를 보유하고 있는 Google 서버로 interest packet이 전송되는 단계이다. (c)는 interest packet을 전송받은 Google 서버가 기존에 형성된 동일 경로를 경유하여 data packet을 전송해주는 단계이다. 이 때, data packet은 요청받은 콘텐츠를 포함한다. (d)는 콘텐츠를 전송한 경로상에 위치한 중간 노드(A, B, D, H 노드)들의 CS(

Content Store)에 해당 콘텐츠가 캐싱된 상태를 보여준다. (e)는 Client 1과 같은 콘텐츠를 인접한 또 다른 사용자 Client 2가 검색할 때 interest packet이 콘텐츠를 보유하고 있는 서버까지 전송되지 않고 해당 콘텐츠를 보유하고 있는 인접 노드로 전송되는 모습이다. (f)는 (c)에서의 유통과정과 동일하게 콘텐츠를 제공하는 경로는 요청된 경로와 같으며, 콘텐츠가 경유하는 경로상의 중간 노드 I는 해당 콘텐츠를 캐싱한다.

2.2 중간노드의 이동성 관리

CCN 아키텍처에서도 기존 TCP/IP 체계에서와 동일하게 콘텐츠를 유통하는 경로상에 위치한 노드들의 이탈은 유통 경로를 단절시켜 실시간 스트리밍 서비스 제공에 문제를 발생시킬 수 있다. 최근 인터넷 사용의 유형 중 휴대용 기기들의 사용률이 높은 만큼 기존 네트워크의 대안으로 연구되고 있는 CCN 환경에서도 실시간 스트리밍 서비스의 품질 보장을 위해 노드들의 이동성에 대한 연구는 매우 중요하다.

CCN 환경에서 이동성에 대한 연구는 정보 요청자, 정보 생산자, 그리고 중간노드의 이동 상황으로 구분하여 연구되고 있다[4]. 본 논문에서는 이 중 중간노드 이동성 관리에 대한 연구를 진행하였다. 중간노드 이동관리 연구는 정보 요청자와 정보 생산자가 고정되어 있을 때 중간 노드가 경로에서 이탈함으로써 노드 간 연결이 단절되어 서비스 품질 저하를 야기시키는 상황에 대한 분야이다. CCN의 데이터 유통 기본 원리는 정보 요청자로부터 정보 제공자로 interest 패킷이 전송된 경로와 동일한 경로를 통해 data 패킷을 역 전송해 요청 콘텐츠를 전송하는 구조이다. 따라서 경로상 중간 노드가 이탈하면 각 패킷이 전송되는 경로가 수정되어야 한다. 이러한 경우 data packet이 전달되어야 할 경로가 소실되어 interest packet가 재전송되어야 하는 불필요한 통신 지연이 발생하게 된다. 즉, 경로 상 중간노드가 이탈하게 되면 하위 노드의 FIB가 수정되어 경로가 재설정되기 전까지 연결이 단절된 중간노드의 Face로 지속적인 Interest 패킷 전송 시도를 유발하여 손실된 패킷으로 인한 네트워크 자원의 낭비와 통신지연이 발생하여 실시간 스트리밍 서비스 품질 보장에 대해 치명적이다.

이와 관련된 중간노드의 이동성 관리 연구는 최근

까지 지속적으로 진행되고 있다. 2017년 INMS 기법은 중간노드의 이동 전에 LDA(: Link Disconnection Advertisement)라는 메시지를 인접 노드들에게 전파하여 이동 사실을 알려줌으로써 주변 노드들이 FIB를 수정하고 우회 경로를 설정하도록 하여 패킷 손실률을 감소시켰다[5]. 2019년 MD-INS 기법은 노드들이 주변 노드의 이동 속도를 감지하여 특정 속도 이상일 경우 노드의 이탈로 판단하여 우회 경로를 설정함으로써 Interest 패킷 손실을 제로화하였으나, 여전히 data 패킷의 손실은 발생하였다[6]. 2021년 DP-INS 기법은 모든 경로를 이중 경로화 시킴으로써 패킷 손실률을 감소시키는 성과를 이루었으나, 경로 이탈에 대한 명확한 기준을 제시하지 못하여 경로가 소실된 후 전환되는 문제와 이중 경로의 과생성으로 네트워크 오버로드에 대한 문제가 제기되었다[7]. 2022년 IPC 기법은 중간 노드의 이탈을 감지하는 기준으로 RSSI 값을 제시하였으나, 미리 설정된 예비 경로의 미사용률이 높아 트래픽 감소에 대한 필요성이 제기되었다[8]. 2023년 MT-INS 기법은 예비 경로를 특정 값(-65dBm)에 도달했을 때만 설정함으로써 불필요한 예비 경로 생성을 이전보다 감소시켰다[9]. 이러한 기존 연구들을 바탕으로, 실시간 CCN 환경에서의 효율적인 중간 노드 이동성 관리 기법에 대한 새로운 아이디어를 제안하고자 한다.

III. 이탈학습 효율적인 중간노드 관리

3.1 기본개념

실시간 CCN 스트리밍 환경에서 중간노드의 이탈이 발생할 때 정보 요청자와 정보 생산자 사이의 패킷 전달경로가 단절되지 않기 위해서는 미리 이탈을 예측하고, 주경로가 끊기기 전에 예비경로를 미리 설정한 후 전환시키는 절차가 필요하다. 기존의 연구 성과인 패킷 손실 제로화와 중간 노드의 이동을 감지하는 기준인 RSSI라는 무선 통신 신호 세기 값을 그대로 적용하고, 기존 연구의 한계점인 '고정된 임계치'에 의한 예비경로 생성 및 경로 전환을 보완하여 보다 효율적인 기법을 제안한다.

RSSI는 무선 환경에서 수신하는 신호의 세기를 나타내는 값으로써 값이 클수록 신호의 세기가 양호하

다. Allred의 RSSI 수치와 패킷 손실의 연관성 연구에 따르면, 그림 3에서 보이는 것처럼 RSSI값이 '-75dBm' 이상의 수치일 때 양호한 신호 세기를 나타내고, 이보다 낮은 수치부터 급격한 패킷 손실이 발생함을 보였다[10]. 따라서 스트리밍 서비스 간 통신단절이 발생할 것이라고 예상되는 RSSI 값(-75dBm)을 본 연구에서는 '경로 전환 기준'의 최소 값으로 설정하였다. 그러나 무선 통신 환경에서는 다양한 변수와 방해 요인이 있으므로, 고정된 기준값이 아닌 가변적인 임계치를 활용하는 것이 더 효율적이다.

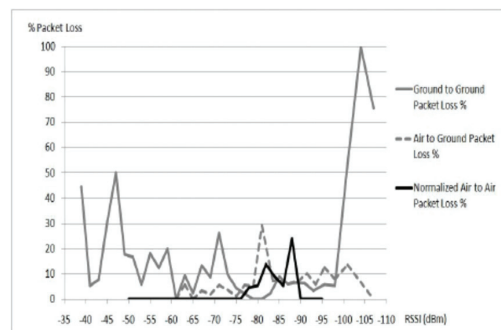


그림 3. RSSI 세기 대비 패킷 손실률
Fig. 3 Packet loss rate compared to RSSI strength

이러한 개념을 바탕으로 새롭게 제안하는 중간 노드의 이동관리 기법은 RAPS(: Real-time Adaptive Path Switching)로 다이내믹한 임계치 3개를 설정하여 미사용되는 불필요 예비경로 생성 횟수를 최소화하는 방법이다. 중간노드들의 RSSI라는 무선 통신 신호세기를 지속적으로 모니터링하며 다이내믹한 1, 2, 3차 임계치를 설정한다. 1차 임계치 도달 시에 예비경로를 생성하고, 2차 임계치 도달 시에 주경로를 예비경로로 전환시키며, 3차 임계치는 주에서 예비경로로 전환 후 '이전 주경로'의 실제 이탈 시 RSSI 값을 예측하는 기준값으로 설정한다. 3차 임계치가 새롭게 최신회면, 1, 2차 임계치도 새롭게 최신회면다. 주 경로에서 예비경로로 전환 시 소프트 핸드오프 개념을 적용해 바로 '이전 주경로'를 단절하지 않고 경로의 전환이 이상 없고 전환된 경로의 연결이 확실할 때 단절한다.

3.2 세부 수행절차 및 시스템 설계

세부 수행절차는 그림 4와 같이 총 4개의 이벤트로 구성되며, CCN 스트리밍 서비스가 시작되면 경로상 중간 노드의 RSSI 값을 지속적으로 감시하여 중간노드들의 이탈을 예측한다. 첫 번째 이벤트는 임계치 1에 도달 상황, 두 번째는 임계치 2에 도달 상황, 세 번째는 ‘이전 주 경로’가 임계치 3에 도달하여 보고하는 상황, 네 번째는 예비경로로 전환 후 ‘이전 주 경로’가 5분이 지날 때까지 미보고하는 상황이다. 위 절차에서, 임계치 3개의 최소값은 각각 -65dBm, -75dBm, -85dBm으로 설정한다. 임계치 1, 2 값은 최근 연구[08]에서와 동일하게 적용하여 ‘예비경로 생성 기준’ 및 ‘경로 전환 기준’으로 설정하고, 임계치 3의 최소값은 우선 ‘-85dBm’으로 설정한다. 이후 3차 임계치에 ‘이전 주 경로’의 RSSI 값 도달 여부를 근거로 실제 무선 환경에서의 중간 노드 이탈 값을 판단하고, 그에 적절한 임계치 1, 2로 최신화한다.

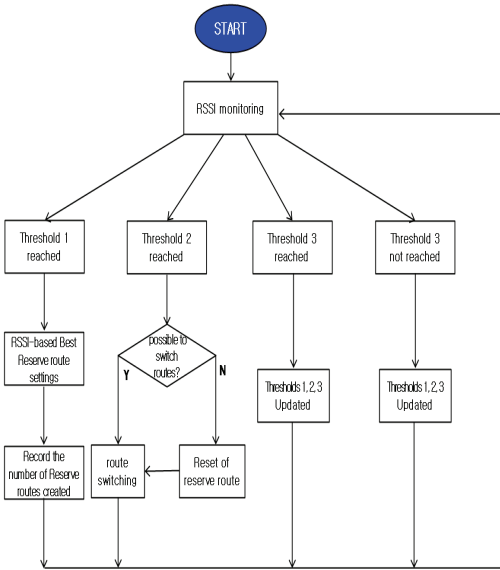


그림 4. 플로우 차트
Fig. 4 Flow Chart

1) 주 경로의 RSSI가 임계치 1(R)에 도달하면, RSSI 기반으로 최적의 예비경로를 설정하며, 이 때 예비경로의 생성 횟수를 기록한다. 이 때 설정되는 예비경로는 주 경로보다 성능이 우수해야 한다.

2) 주 경로의 RSSI가 임계치 2(C)에 도달하면, 예

비경로가 주 경로보다 성능이 우수할 경우 경로를 전환한다. 그러나 예비경로가 주경로보다 우수하지 않다면, 새로운 예비경로를 재설정한 후 경로 전환을 해야 한다.

3) ‘이전 주 경로’의 RSSI가 임계치 3(F)에 도달하여 보고되면, 실제 이탈시의 RSSI가 임계치 3보다 작다고 판단되므로 최신화 공식(1)에 따라 임계치 3값을 1만큼 감소시키고, 임계치 1, 2는 임계치 3의 최신화 값과의 차이에 10%만큼을 각각 기존 임계치 1, 2에 적용하여 최신화시킨다.

4) 하지만 경로 전환 이후 5분 동안 ‘이전 주 경로’의 RSSI가 임계치 3(F)에 도달했다는 보고가 없을 경우, 실제 이탈시의 RSSI가 임계치 3보다 크다고 판단되므로 최신화 공식(2)에 따라 임계치 3값을 1만큼 증가시키고, 임계치 1, 2는 임계치 3의 최신화 값과의 차이에 10%만큼을 각각 기존 임계치 1, 2에 적용하여 최신화시킨다.

이 때, 임계치 3의 값이 경로 전환 시기인 임계치 2를 초과하지 않아야 하므로 임계치 3이 임계치 2보다 커지기 직전까지만 임계치를 유동적으로 적용한다. 이후 부터는 임계치 1, 2, 3를 고정된 값으로 적용한다.

$$F_{n+1} = F_n - 1 \quad \dots (1)$$

$$R_{n+1} = 0.9R_n + 0.1F_{n+1}$$

$$C_{n+1} = 0.9C_n + 0.1F_{n+1}$$

$$F_{n+1} = F_n + 1 \quad \dots (2)$$

$$R_{n+1} = 0.9R_n + 0.1F_{n+1}$$

$$C_{n+1} = 0.9C_n + 0.1F_{n+1}$$

최신화 공식인 식(1), 식(2)는 임계치 3을 ‘dBm’만큼 수정시키며 경로를 이탈되는 노드들의 RSSI값을 캐치하는 척도로써 활용하였고, 이에 대해 예비경로 생성기준 ‘임계치1’과 경로 단절 직전인 경로 전환시기 ‘임계치2’를 조금씩 수정하는 원리이다. 여기서 임계치 1, 2와 임계치 3의 차이값에 적용한 10%는 수차례 실험을 통해 효율성을 확인하고 정하였다. 10%보다 더 큰 값으로 실험을 진행할 시 임계치의 변화량이 과도하게 증가하였고, 더 적은 수치를 적용할 시 임계치의 변화량이 매우 적었다.

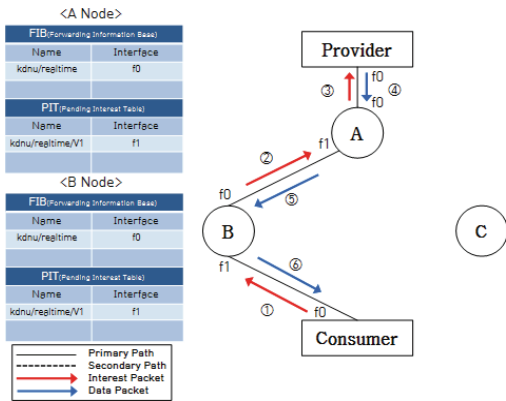


그림 5. CCN 주경로 설정
Fig. 5 CCN main route settings

네트워크 구현을 위해 설정된 토폴로지는 정보 요청자, 정보 제공자 및 이들을 연결하는 3개의 중간 노드로 구성하였다. 정보 요청자는 RSSI 기준을 바탕으로 노드 B를 경유하여 정보 제공자에게 Interest 패킷을 전달하고, 정보 제공자는 동일한 경로를 역순으로 Data 패킷을 전송한다. 이 구성은 그림 5에 시각적으로 나타나 있다.

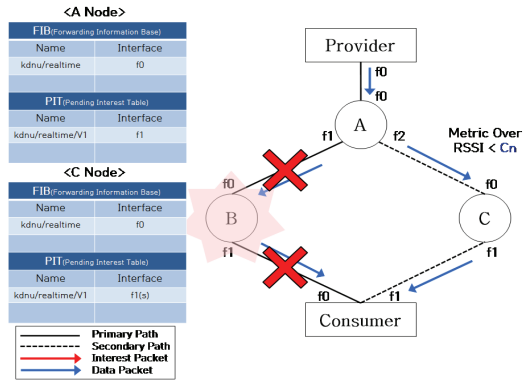


그림 7. CCN 중간노드 이동성 발생 및 경로 전환
Fig. 7 CCN intermediate node mobility occurs and route switching occurs

그림 7에서처럼 중간노드 B가 이탈하여 RSSI 값이 임계치 2를 초과할 경우, 시스템은 사전에 설정된 예비경로로 자동 전환된다. 따라서 실시간 스트리밍 환경에서 수신 감도가 저하되기 전에 데이터 패킷이 새 경로를 통해 연속적으로 전송 가능하고, 패킷의 단절 없이 일관된 서비스 품질을 제공한다.

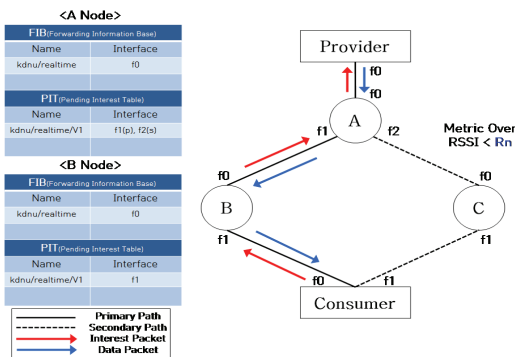


그림 6. CCN 중간노드 이동성 예측 및 예비경로 설정
Fig. 6 CCN intermediate node mobility prediction and Reserve route setting

초기 주 경로가 설정되어 정상적인 실시간 서비스가 제공되는 동안, 중간노드의 RSSI 값이 임계치 1에 도달하면, 노드 이탈이 예측된다고 판단하여 노드 C를 경유하는 예비경로를 설정한다. 그림 6은 이 과정을 시각적으로 설명하고 있다.

IV. 실험 및 분석

4.1 실험환경

본 연구에서는 ndnSIM 2.9를 활용해 실험을 진행했다. ndnSIM은 네트워크 시뮬레이터 NS-3 (Network Simulator-3)를 기반으로 하는 ndn 시뮬레이터로, NDN 및 CCN 연구에 널리 활용되는 신뢰성 높은 도구이다. 실험환경은 그림 8과 같이 정보 요청자, 정보 생산자, 그리고 정보 생산자에 연결된 하위 노드 1개를 고정 상태로 구성하고, 100개의 중간노드를 무작위 속도로 이동하도록 구성했다. 각 노드는 802.11a 프로토콜을 사용하는 무선 환경에서 연결되었으며, 실험은 1,024킬로바이트의 페이로드 크기와 정보 요청 빈도를 10으로 설정하여 수행되었다. 실험은 2시간 동안 시간의 흐름에 따라 예비경로의 생성 및 경로 전환 횟수를 비교했다. 실험의 대조군은 최근 연구기법인 MT-INS 모델을 선정하여 새로운 제안 모델인 RAPS의 네트워크 부하 경감 효과를 증명하고자 하였다.

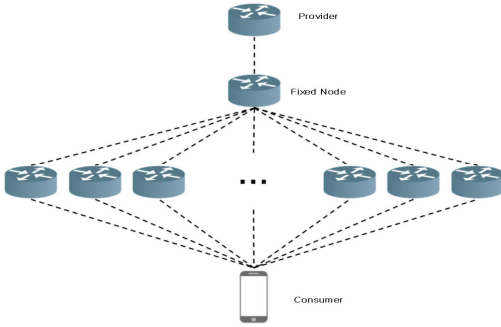


그림 8. 토폴로지
Fig. 8 Topology

4.2 실험 결과

본 실험은 앞서 제시한 실험 환경에서 진행되었으며, 고정된 임계치를 적용한 MT-INS 기법과 가변적인 임계치 3개를 활용한 RAPS 기법을 비교 실험하였다. 이 실험을 통해 RAPS 기법이 불필요한 예비경로의 생성 횟수와 경로 전환 횟수를 감소시키는 결과를 도출하여 네트워크 트래픽에 대한 경감 효과를 증명했다.

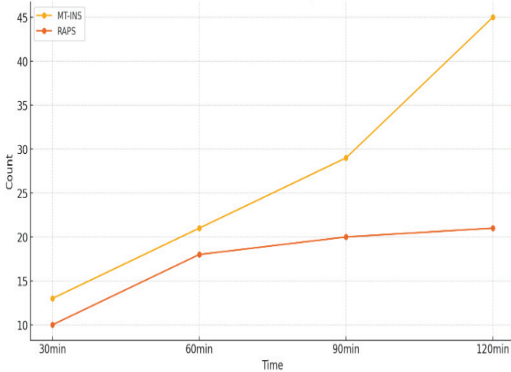


그림 9. 예비경로 생성 횟수 비교
Fig. 9 Comparison of number of reserve routes created

예비경로 생성 횟수를 비교한 그림 9를 보면, 2시간 동안 30분 단위로 측정된 예비경로 생성 횟수를 나타내고 있다. 비교군인 MT-INS 기법은 시간이 지남에 따라 누적 횟수가 13회, 21회, 29회, 45회로 꾸준히 증가한 반면, RAPS 기법은 10회, 18회, 20회, 21회로 예

비경로 생성 횟수가 현저하게 감소했다. 이는 제안 기법에서 임계치가 유동적으로 최신화면서 경로 이탈시기를 더 정확히 파악할 수 있게 됨으로써, 예비경로 생성 시기를 최대한 늦추며 불필요하게 미리 생성되는 예비경로를 감소시킬 수 있다는 것을 의미한다.

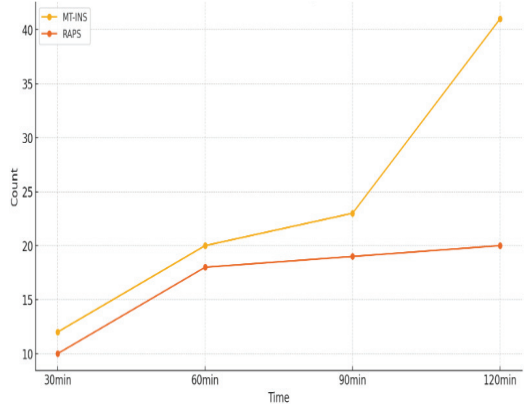


그림 10. 경로 전환 횟수 비교
Fig. 10 Comparison of number of route switches

동일 조건에서 실험한 경로 전환 횟수 비교 결과는 그림 10과 같다. 비교군인 MT-INS 기법과 RAPS 기법의 카운트 격차가 시간의 흐름에 따라 점차 증가하였다. 이는 제안 기법에서 예비경로로의 전환이 더 적게 발생하는 것을 증명하며, 네트워크 트래픽 측면에서 성능이 더 우수하다는 것을 의미한다.

위 실험을 통하여 실시간 CCN 환경에서 RAPS 기법을 활용해 기존 연구의 장점인 RSSI 모니터링을 통한 예비경로 생성 및 경로 전환 시기 판단능력을 유지하면서도 약점인 불필요 경로 생성의 최소화를 통해 네트워크 트래픽 측면에서의 효율성 개선을 증명하였다.

V. 결론

본 논문에서는 최근 인터넷 사용 트렌드인 실시간 스트리밍 서비스에서 높은 품질 보장의 중요성을 강조하고, 이에 적합한 네트워크 아키텍처를 갖는 CCN에서 고품질 실시간 서비스 제공을 보장하기 위한 효율적인 중간노드 관리 방안을 연구하였다. 특히, 최근

연구에서 문제가 된 미사용 불필요 예비경로로 인한 네트워크 과부하 유발 가능성을 가변적인 세 가지 임계치를 활용하여 보다 효율적으로 로드 이동성을 관리할 수 있음을 입증하였다.

그러나 무선 통신 환경은 무수히 많은 변수가 존재하기 때문에 다양한 환경에서의 추가 검증이 필요하다. 제안된 RAPS 기법은 이러한 변수가 없는 시뮬레이션 환경에서 실험이 진행되었으며, 실제 RSSI 값을 모니터링하는 것이 제한된 시뮬레이터이기 때문에 RSSI 값을 거리 기반으로 산출하였다. 따라서, 실제 네트워크 환경에서의 추가 검증과 다양한 변수에 대한 대응 방법이 필요하다.

본 연구는 실시간 CCN 환경에서의 품질 보장을 위한 중요한 한 걸음이 될 것이며, 향후 연구에서 최근 각광받는 기술인 AI와 머신러닝 기법을 적용하여 더욱 정교하고 효율적인 이동관리 기법이 개발될 수 있을 것이다. 제안 기법이 실질적으로 활용될 수 있길 기대한다.

References

- [1] Research Nester, "Video Streaming Market Size & Share: Global Supply & Demand Analysis, Growth Forecasts," *Statistics Report 2023-2033*, 2023.
- [2] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M.F. Plass, N. H. Briggs, and R. L. Braynard, "Networking Named Content," *Proc. the 5th international conference on Emerging networking experiments and technologies*, Rome, Italy, Dec. 2009, pp. 1-12.
<https://doi.org/10.1145/1658939.1658941>
- [3] B. Ahlgren, C. Dannewitz, C. Imbrenda, D. Kutscher, and B. Ohlman, "A Survey of Information-Centric Networking," *IEEE Communications Magazine*, vol. 50, no. 7, July 2012, pp. 26-36.
<https://doi.org/10.1109/MCOM.2012.6231276>
- [4] T. Kim and T. Kwon, "A Study of a Hierarchical Grade-based Contents Forwarding Scheme for CCN Real-time Streaming Service," *Journal of Korean Institute of Information Scientists and Engineers*, vol. 44, no. 11, Nov. 2017, pp. 1219-1300.
<https://doi.org/10.5626/JOK.2017.44.11.1219>
- [5] 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.
<https://doi.org/10.9717/kmms.2017.20.9.1527>
- [6] 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.
<https://doi.org/10.9717/kmms.2019.22.12.1438>
- [7] 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.
<https://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2021.16.5.825>
- [8] 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.
<http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2022.17.5.783>
- [9] Y. Kim and T. Kwon, "Efficient Mobility Management Technique by Predicting Departure of Intermediate Node in Real-time CCN Environment," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 18, no. 6, 2023, pp. 1073-1080.
<http://dx.doi.org/10.13067/JKIECS.2023.18.6.1073>
- [10] 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.
<https://doi.org/10.1145/1322263.1322275>

저자 소개



서동혁(Dong-Hyuk Seo)

2017년 육군사관학교 물리학과 졸업
2023년~현재 국방대학교 대학원 컴퓨터공학과

※ 관심분야 : Next Generation Networking, Content Centric Networking



권태욱(Tae-Wook Kwon)

1986년 육군사관학교 컴퓨터공학과 졸업
1995년 미 해군대학원 컴퓨터공학과 석사

2001년 연세대학교 컴퓨터공학과 박사
2007년~현재 국방대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : Next Generation Networking, 컴퓨터통신&네트워크, 센서네트워크, CCN, SDN&NFV, 가상현실과 증강현실

