

무선 Content-Centric Network에서 효과적인 콘텐츠 전달 방식[☆]

Efficient Content Delivery Method in Wireless Content-Centric Network

박 찬 민¹ 김 병 서^{2*}
Chan-Min Park Byung-Seo Kim

요 약

최근 TCP/IP 네트워크를 대체할 잘 알려진 미래 인터넷 기술들 중에서 Content-Centric Network(CCN) 방식을 무선 환경에 적용시키려는 연구들이 활발하다. 그러나 무선 환경의 불안정한 채널과 높은 오류율은 기존의 CCN 개념을 도입하기에 다소 어려움이 존재한다. 본 논문에서는 이러한 문제점들 중, 노드들이 Content의 일부 chunk들만 저장하는 경우에 발생하는 Content Download Time 지연 문제에 대한 개선 방법을 논의한다. 본 논문에서 제안하는 프로토콜은 전체의 콘텐츠가 아닌 일부 chunk만을 소유하고 있는 노드들이 나머지 Chunk들을 콘텐츠 소비자로부터 부족한 Chunk에 대한 요청을 하여 부족한 Chunk를 채움과 동시에 콘텐츠 소비자에게 소유하고 있는 Chunk를 전달함으로써 더 빠르게 콘텐츠를 전달할 수 있게 한다.

☞ 주제어 : 콘텐츠 중심 네트워크, 무선, 콘텐츠, 프로토콜

ABSTRACT

Recently, researches to adopt Content-centric network (CCN), which is one of the promising technologies for replacing TCP/IP-based networks, to wireless networks has actively performed. However, because of erroneous and unreliable channel characteristics, there are many problems to be resolved to adopt CCN to wireless networks. This paper proposes a method to reduce content download time because nodes possess only parts of content chunks. The proposed method enables a node having parts of content chunks to request the rest of parts of content chunks to a provider before a Consumer requests the content. As a consequence, the content download time is reduced.

☞ keyword : Content-Centric Network, Wireless, Content, Protocol

1. 서 론

최근에 노트북, 태블릿, 스마트폰 등의 개인 기기들과 고성능 네트워크의 발달로 인하여 이전과는 달리 인터넷 상에 콘텐츠(Content) 단위로 구별될 수 있는 많은 종류의 대용량 데이터들이 전달되고 있다. 이러한 인터넷 상의

데이터 종류의 변화로 인해서 기존의 TCP/IP네트워크의 한계와 문제점이 생겨나면서 새로운 Internet Architecture에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서 가장 유망한 구조가 Content-Centric Network(CCN)이다.

CCN은 2009년 Van Jacobson에 의해 제안되었으며, 콘텐츠 자체를 효율적으로 요청하고, 배포하는데 초점이 맞추어져 있다.[1]

CCN은 IP를 이용하지 않는 특징을 가지고 있다. CCN에서는 콘텐츠가 어디에 있느냐에 초점을 두지 않고, 원하는 콘텐츠가 무엇이나에 초점을 두고 있다. 즉, 어떤 콘텐츠를 원하고자 할 때, 특정 위치의 서버에 콘텐츠를 요청해서 전송 받는 것이 아니라, 요청하는 콘텐츠를 가지고 있다면 누구든지 콘텐츠를 전송하게 하는 것이다.

초기의 CCN은 유선 환경을 위해서 고안되었는데, 최근에는 CCN을 무선 환경에서 동작시키고자 하는 연구들이 진행되어 오고 있다.[2-7]

¹ BRUNY, Seoul, 06748, Korea.

² Dept. of Computer and Information Communication Eng., Hongik Univ., Sejong, 30016, Korea.

* Corresponding author (jsnbs@hongik.ac.kr)

[Received 17 August 2016, Reviewed 29 August(R2 28 October 2016), Accepted 10 January 2017]

☆ 본 논문의 일부는 2016년 2월에 편찬된 저자 박찬민 군의 석사학위 졸업논문의 일부 내용을 포함하고 있습니다.[7]

☆ 본 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2015R1D1A1A01059186호)이며 아울러 2016년도 미래창조과학부의 재원으로 과학벨트기능지구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(2016K000280).

유선 환경과 달리 무선 환경에서는 신호의 감쇠, Channel Error, Channel Fading 등으로 인해서 노드 간 링크 연결이 매우 불안정하며, 노드들의 이동성으로 인하여 링크의 단절 뿐만 아니라 네트워크 구조의 변화가 다양하게 나타난다. 이러한 무선 환경에 CCN이 적용되면 한 콘텐츠를 이루는 chunk들이 여러 노드에 분산되어 저장 될 가능성이 높다. CCN에서는 하나의 완전한 콘텐츠를 여러 개의 chunk로 나누어서 전송한다. 그렇기 때문에 chunk를 전송하는 도중에 Packet Loss가 발생하거나 링크가 단절되어 버리면 노드들이 완전한 콘텐츠가 아닌 일부의 chunk만 저장하는 경우가 발생하게 되는데 이러한 경우 중간 노드들의 제공자로서의 역할을 수행해도 되는지, 부족한 chunk들에 대하여 요청을 수행해야 하는지 등의 문제들이 발생한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해서 일부의 chunk만 가지고 있던 노드가 자신이 가지고 있지 않은 chunk를 Consumer가 요청하기 전에 미리 요청하여 Consumer가 더 빠르게 콘텐츠를 다운로드하게 하는 방법을 제안한다.

본 논문의 2장에서는 CCN의 개념과 관련 연구들을 소개하고, 3장에서는 제안하는 프로토콜을 소개한다. 그리고 4장에서 시뮬레이션 결과를 설명하고, 5장에서 결론을 맺는다.

2. 관련 연구

2.1 Content-Centric Network (CCN)

CCN에서는 2가지 종류의 노드(Consumer, Provider)가 2가지 종류의 패킷(Interest, Data)을 이용하여 콘텐츠를 전송한다. 콘텐츠 소비자(Consumer)는 Interest 패킷을 이용하여 콘텐츠를 요청하고, 콘텐츠-제공자(Provider)는 Data 패킷으로 콘텐츠 요청에 대하여 응답한다. 그리고 노드들은 3개의 Data Structure(CS, PIT, FIB)를 가지고 있다. CS(Content Store)에는 콘텐츠를 저장한다. PIT(Pending Interest Table)에는 수신한 Interest 패킷에 대한 정보를 기록한다. FIB(Forwarding Information Base)에는 인근의 콘텐츠-제공자와 콘텐츠에 대한 정보를 기록한다.

기본적인 CCN의 동작은 다음과 같다. Interest 패킷을 수신한 노드는 먼저 CS에 요청받은 콘텐츠가 존재하는지를 확인한다. 콘텐츠를 가지고 있다면 자신이 콘텐츠-제공자가 되어 Data 패킷으로 응답한다. 그렇지 않을 경우에 PIT를 확인하고, PIT에 요청받은 콘텐츠에 대한 내역이 있으면, 수신한 Interest 패킷은 폐기한다. PIT에 내역

이 없다면 FIB를 확인하고, FIB에 요청받은 콘텐츠에 대한 내역이 있다는 것은 인근에 해당 콘텐츠를 가진 콘텐츠-제공자가 존재한다는 것임으로, Interest 패킷을 포워드한다.

노드들이 Data 패킷을 수신시에는 먼저 CS에 수신한 Data 패킷과 동일한 콘텐츠가 있는지 확인한다. 동일한 콘텐츠가 있으면 수신한 Data 패킷은 폐기하고 그렇지 않은 경우 PIT를 확인하여 수신한 Data 패킷을 요청 받은 기록이 있는지를 확인한다. 요청 받은 기록이 있으면 Data 패킷을 포워드하고 자신의 CS에 저장한다. 그리고 PIT에 기록된 내역은 삭제한다. PIT에 요청 받은 기록이 없다면 Data 패킷은 폐기한다.

2.2 Wireless CCN

CCN의 개념은 유선 IP기반의 네트워크 구조를 개선하기 위하여 제안된 반면에[1], E-CHANET과 같은 최근의 연구들은 무선환경에 CCN을 적용시키기 위해 노력하고 있다[2]. E-CHANET에서는 불안정한 무선 채널에 대처하기 위해서, 소비자와 공급자 사이에서의 행동은 Interest/Data 패킷을 활용한 양방향 핸드셰이크를 사용하여 보완하고 있는데, 모든 데이터 패킷은 하나의 Interest 패킷에 의하여 요청되며, 만일 요청된 데이터 패킷이 수신에 실패되면 같은 Interest 패킷을 재송신하여 재요청하게 된다. 아울러 요구된 데이터 패킷을 수신하기 위한 대기 시간을 계산하는 방법과 이동성으로 인한 효율적 콘텐츠 수신을 위한 공급자 간의 핸드오프 방법을 제공한다. [3]에서는 전송 환경이 Interest와 Data의 플러딩 방식의 전송 중 열악한 무선 환경의 특성으로 인해 발생하는 message storming 문제를 제시했는데, 이 논문에서는 노드들이 주기적인 Control Message 전송을 통하여 네트워크 토폴로지 정보를 획득하여, 이러한 정보를 통해서 패킷 포워드를 담당하는 노드를 선택하여 그 노드들만이 포워드를 수행하게 함으로써 message storming 문제를 해결하고자 하였다. [4]에서는 무선 CCN에서 Content Name 기반의 Loss Recovery에 대해 연구하였는데, Link Adaptor(LA) Layer를 CCN Layer와 MAC Layer 사이에 추가하여 프레임 손실과 세그먼트 손실과 다른 재전송 방식을 적용하였다. 이를 통해서 불필요한 Interest에 대한 재전송을 줄였다.

[5]에서는 Mobile Ad-hoc Networks에서의 패킷 Loss Avoidance 기법에 대해 연구하였는데, [5]에서는 노드들은 사전에 주변 노드와의 연결 상태를 확인한다. 그리고

연결 상태를 기반으로 패킷 전달시 어디로 보낼지를 선택한다. 다음 데이터를 전달하기 위한 노드와의 통신이 끊어진 경우 차선 노드와의 링크 상태를 확인하여 데이터를 전송하고, 연결이 가능한 다음 노드들이 없는 경우에는 기존의 CCN이 사용하는 브로드캐스팅 방식을 사용한다.

DT-ICAN(A Disruption-Tolerant Information-Centric Ad-Hoc Network)은 잦은 이동성으로 인하여 링크의 단절이 빈번히 발생하는 Vehicular Ad-Hoc Networks(VANET)에서의 CCN적용에 대한 연구이다.[6] 이 논문에서는 node-based Interest aggregation과 epidemic Interest dissemination을 이용하여 잦은 이동성 환경에서의 CCN의 콘텐츠 전송의 문제를 해결하기 위하여 새로운 CCN 구조인 DT-ICAN을 고안하였다. DT-ICAN 구조는 기본적인 CCN의 구성 요소 이외에 Interest aggregation 요소와 Reliable 브로드캐스트 요소 등을 넣어서 잦은 링크 단절이 일어나는 상황에서도 효율적으로 Interest를 전송하고 신뢰성을 높여 무선 CCN의 문제를 해결하고자 하였다.

3. 제안하는 프로토콜

3.1 연구 동기

앞 장에서 언급한 바와 같이 무선 환경에서의 CCN에 대하여 연구가 최근들어 진행되고 있으나 대 부분의 연구의 주제들이 Interest 패킷의 포워드 방식과 무선에서의 높은 오류율로 인한 Interest 패킷의 손실에 대응하기 위한 부분에 초점이 맞추어져 있다. 그러나 이러한 부분들 이외에 무선망에서 잦은 Data의 손실들은 각 중간 노드들이 온전한 콘텐츠를 저장하지 못하고 부분적으로 저장을 하게 되고 이로 인하여 어느 노드가 콘텐츠의 콘텐츠-제공자의 역할을 수행해야 하는가라는 문제와 부분적인 콘텐츠를 가지고 있는 중간 노드들이 부족한 Chunk들에 대한 요청을 수행해야 하는가에 대한 문제점들을 발생시킨다. 본 논문에서는 이러한 잘 연구되지 않은 분야에 대하여 해결방안을 제시하고자 한다.

3.2 사전 Interest 요청 방법

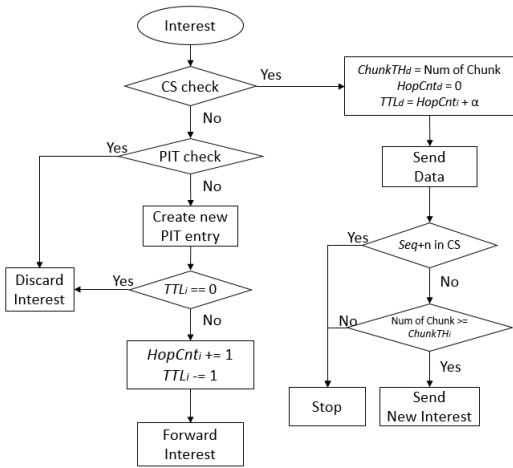
본 논문에서는 중간 노드가 한 콘텐츠의 chunk들 중에 일부의 chunk만 저장하고 있는 상황에서 콘텐츠 소비자가 chunk들을 효과적으로 다운로드하기 위해서 중간 노드가 자신이 가지고 있지 않은 chunk에 대해서 새로운

Interest 패킷을 생성하여 콘텐츠 소비자가 요청하기 전에 다른 노드에게 요청하는 프로토콜을 제안한다.

예를 들어, (콘텐츠 소비자 - 노드 A - 콘텐츠-제공자) 순으로 배치되어 있다고 가정하자. 한 개의 콘텐츠가 10개의 chunk로 구성되어 있고, Content Name에 포함되는 sequence 번호로 각 chunk를 구별한다. 노드 A가 sequence 1번부터 5번까지 총 5개의 chunk를, 콘텐츠-제공자는 sequence 1번부터 10번까지 모든 chunk를 가지고 있을 때, 콘텐츠 소비자가 sequence 1번 chunk부터 순차적으로 Interest 패킷을 전송하여 요청하면 노드 A는 자신이 가지고 있는 chunk를 콘텐츠 소비자에게 Data 패킷으로 응답함과 동시에 자신이 가지고 있지 않은 sequence 6번 이후의 chunk에 대해서는 이를 요청하는 새로운 Interest 패킷을 생성하여 전송한다. 그러면 노드 A는 콘텐츠-제공자로부터 자신이 가지고 있지 않은 chunk를 다운로드하여 콘텐츠 소비자가 sequence 6번 chunk를 요청했을 때 더 멀리 있는 콘텐츠 제공자가 아닌 자신이 바로 Data 패킷을 전송한다. 이런 동작을 수행함으로써 콘텐츠 소비자는 sequence 6번부터 10번까지의 chunk를 멀리 있는 콘텐츠 제공자가 아니라 가까이 있는 노드 A에게 수신 받으면서 콘텐츠 다운로드 시간을 줄일 수 있다.

제안하는 프로토콜을 위하여 본 연구에서는 기존의 [2]에서 제시한 Interest 패킷과 Data 패킷의 포맷에 3개의 새로운 필드(Chunk Threshold, Hop Count, TTL)를 추가하였다.

Interest 패킷의 Chunk Threshold(ChunkTH_i)는 Interest 패킷을 수신한 노드가 사전 Interest 요청 동작을 수행할 수 있는 조건이다. 노드가 요청받은 콘텐츠의 chunk를 ChunkTH_i에 명시된 수 보다 같거나 많이 가지고 있으면 해당 노드는 사전 Interest 요청 동작을 수행할 수 있다. 그렇지 않은 경우에는 사전 Interest 요청 동작을 수행하지 않는다. Data 패킷의 Chunk Threshold(ChunkTH_d)는 콘텐츠-제공자가 요청받은 콘텐츠에 대해서 자신이 가지고 있는 chunk의 수를 저장한다. 콘텐츠 소비자는 ChunkTH_d 값을 다음 Interest 패킷의 ChunkTH_i로 설정하여 동일한 콘텐츠-제공자 또는 그에 버금가는 chunk를 가지고 있는 노드가 우선적으로 사전 Interest 요청 동작을 수행하도록 유도한다. Interest와 Data 패킷의 Hop Count는 노드를 지날 때 마다 1씩 증가한다. 콘텐츠 소비자와 콘텐츠-제공자는 Hop Count 값을 각각 Interest와 Data 패킷의 TTL에 반영함으로써 패킷의 전송 범위를 제한하는데 이용한다. TTL은 노드를 지날 때 마다 1씩 감소하며, 0이 되면 패킷을 폐기하여 전송 범위를 제한한다.

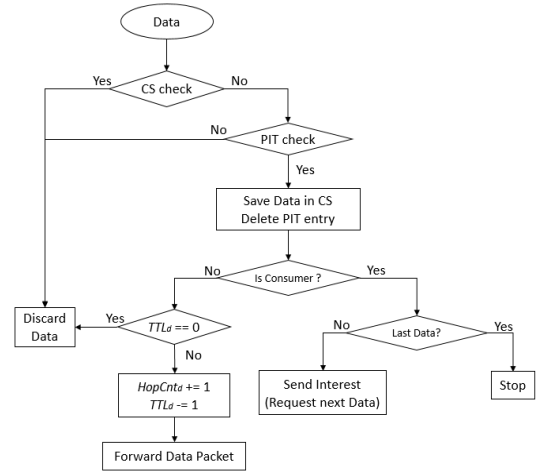


(그림 1) 제안하는 프로토콜에서의 Interest 패킷 수신 시 동작 과정

(Figure 1) Procedure at receiving the Interest packet of proposed scheme

노드들은 Interest 패킷을 수신하면 (그림 1)의 과정을 수행한다. Interest 패킷을 수신한 노드는 기존의 CCN과 동일하게 CS를 먼저 확인한다. 만일 CS에 요청받은 chunk가 저장되어 있으면 기존의 CCN처럼 Data 패킷을 포워드하는데, 그 전에 Data 패킷에 추가된 3개의 필드를 설정한다. $ChunkTH_i$ 는 요청받은 콘텐츠에 대해 자신이 보유하고 있는 chunk의 수로 설정한다. $HopCnt_i$ 필드는 0으로 설정하고, TTL_i 필드는 수신한 Interest 패킷의 $HopCnt_i$ 값을 참고하여 적절한 값으로 설정해서 불필요한 Data 패킷의 확산을 제한한다. 추가 필드들의 설정이 된 후에, 노드는 Data 패킷을 전송한다.

그런 다음, 노드는 현재 보낸 Data Packet의 sequence보다 n번째 뒤의 chunk를 CS에 가지고 있는지 확인하여 자신이 사전 Interest 요청 동작을 해야 하는지 확인한다. 여기서 n번째 뒤의 chunk는 Consumer가 나중에 Interest 패킷으로 요청할 chunk로써 사전 요청하는 대상이 되는 chunk이다. 노드가 n번째 뒤의 chunk를 가지고 있다면 Consumer가 해당 chunk를 요청했을 때 자신이 응답해줄 수 있으므로 사전 Interest 요청 동작을 수행하지 않는다. 하지만 n번째 뒤의 chunk를 가지고 있지 않다면 Consumer가 해당 chunk에 대한 Interest Packet을 전송했을 때, 현재보다 더 멀리 Interest Packet을 보내게 되어 Download Time이 길어질 것이다. 그렇기 때문에 자신이 먼저 Interest Packet을 전송하여 멀리 있는 chunk를 미리



(그림 2) 제안하는 프로토콜에서의 Data 패킷 수신 시 동작 과정

(Figure 2) Procedure at receiving the Data Packet of proposed scheme

Consumer와 가까운 노드가 가지고 있게 한다. 이렇게 함으로써 Consumer의 Content Download Time을 줄인다. 다만, $Chunk Threshold$ 를 이용하여 일부의 노드만 사전 Interest 요청 동작을 수행하게 한다. 이에 대해서는 3.3절에서 자세히 설명한다.

CS를 확인하는 과정에서 CS에 요청받은 chunk가 없으면, PIT를 확인한다. 만약 PIT에 해당 chunk에 대한 entry가 있으면, 이미 요청이 기록되어 있으므로 Interest 패킷을 폐기한다. PIT에 entry가 없으면, 새로운 요청이기 때문에 새로운 entry를 생성하고 Interest 패킷을 포워드한다. 단, TTL이 0이면 전송 범위 제한을 위해 Interest 패킷을 폐기한다. 또한, Interest 패킷을 포워드하기 전에 $HopCnt_i$ 를 1 증가시키고, TTL_i 은 1 감소시킨다.

노드가 Data 패킷을 수신하면 (그림 2)의 과정을 수행한다. Data 패킷을 수신한 노드는 먼저 CS를 확인한다. CS에 수신한 Data 패킷과 동일한 chunk가 있으면 수신한 Data 패킷을 폐기한다. 그렇지 않으면, PIT를 확인한다. PIT에 수신한 Data 패킷에 대한 entry가 없으면 해당 Data 패킷을 요청 받지 않은 것이기 때문에 Data 패킷을 폐기한다. PIT에 entry가 있다면 수신한 Data 패킷을 CS에 저장하고 PIT entry는 삭제한다. 이후 노드가 콘텐츠 소비자인지 아닌지에 따라 다른 동작을 수행한다. 노드가 콘텐츠 소비자가 아니면 우선 TTL_i 이 0인지 확인하여 0이면 Data 패킷을 폐기하여 확산을 제한하고, 0이 아니면

HopCnt_a는 1 증가, TTL_a은 1 감소시킨 후 다른 노드에게 포워드한다. 노드가 콘텐츠 소비자라면 요청했던 chunk를 수신한 것이다. 그러므로 수신한 chunk가 콘텐츠의 마지막 chunk가 아니라면 다음 chunk를 수신받기 위해 다음 Interest 패킷을 전송한다. 마지막 chunk였다면, 콘텐츠의 모든 chunk를 수신한 것이므로 더 이상의 동작을 하지 않는다.

3.3 선택적 사전 Interest 요청 동작 수행

제안하는 프로토콜에서는 사전 Interest 요청 동작으로 인해서 콘텐츠 소비자 이외의 노드들이 Interest 패킷을 발생 시키고, 이에 따른 Data 패킷도 기존의 CCN보다 더 많이 발생한다. 그렇기 때문에, 모든 노드가 사전 Interest 패킷 요청 동작을 수행하게 되면 네트워크에 과도한 부하가 발생하여 성능을 저하시킨다. 따라서, 조건을 만족하는 일부 노드만 선택적으로 사전 Interest 요청 동작을 수행하게 한다. 이를 위하여 n 과 Chunk Threshold를 이용한다.

n 은 앞으로 요청될 Chunk 각각에 대한 소유 여부를 확인하고 소유하지 못할 시에 사전 요청 자격을 취득하기 위함이고 Chunk Threshold는 가장 많은 Chunk를 소유한 노드가 콘텐츠-공급자가 되도록 하고 이 노드만이 사전 요청을 하도록 하기 위함이다.

예를 들어 수신된 Interest를 통하여 요청된 Chunk의 sequence 번호가 5이고 현재 n 이 3이라면 현재 8번을 소유하지 않은 노드들만이 사전 요청을 수행할 대상이 되며 이들 중 현재 보유한 Chunk의 개수가 수신된 ChunkTH_i의 값인 12보다 많다면 사전 요청을 수행한다. (이 노드를 B라 하자) 즉 앞으로도 소비자에게 전달할 충분한 chunk를 소유하고 있기에 콘텐츠 제공자의 역할을 할 수 있으나 단지 현재 8번이 없는 노드이기에 이 노드만이 사전 요청을 수행하게 된다.

여기서 수신된 ChunkTH_i의 값이 12으로 셋팅되는 과정은 이전의 Interest 전송에서 노드 B는 데이터를 소비자에게 전달할 때 Data안의 ChunkTH_a 값을 자신이 가진 15로 셋팅하여 보냈을 것이고 소비자는 수신된 여러개의 Data 패킷들 중 ChunkTH_a 값이 가장 큰 15를 선정하고 자신의 Chunk Threshold인 chunkTh_c를 15에 0.8배한 12로 설정하고 동시에 다음 Interest 패킷을 전송시에 패킷안의 ChunkTH_a 값을 10으로 설정하여 전송하였다. 즉 12개의 Chunk를 가진 노드들만이 콘텐츠 제공자로서의 역할을 수행할 수 있다는 것을 의미하는 것이다. 여기에서 chunkTh_c

값을 0.8배하는 이유는 제안하는 프로토콜에서 콘텐츠 소비자가 저장하고 있는 chunkTh_c가 최대값으로 설정되거나 가장 많은 chunk를 가진 노드가 사라지게 되면 사전 Interest 요청 동작을 수행하는 노드가 없어져서 제안하는 프로토콜이 동작하지 않게 된다. 그렇기 때문에 콘텐츠 소비자는 매 Interest 패킷 전송 시마다 chunkTh_c 값을 감소시켜서 사전 Interest 요청 동작을 수행하는 노드가 없어지지 않게 한다. 콘텐츠 소비자가 chunkTh_c 값을 계속 낮춤에도 불구하고, chunkTh_c는 지속적으로 감소되지는 않는다. 왜냐하면, chunk를 가진 노드들이 사라지지 않는 한 콘텐츠 소비자가 Data 패킷을 수신할 때 마다 chunkTh_c를 다시 높은 값으로 갱신하기 때문이다.

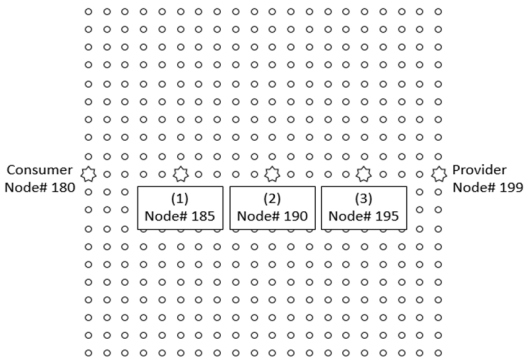
이와 같은 방식을 통하여 너무 많은 노드들이 사전 요청을 수행하여 네트워크의 성능이 저하되는 것을 방지하게 되고 조건에 맞는 노드들은 소비자에게 Chunk들을 전송함과 동시에 빠진 Chunk들을 사전 요청을 통하여 미리 확보해 놓음으로써 지속적인 콘텐츠의 제공을 가능하게 한다.

4. 실험 및 결과

4.1 모의실험 환경

본 논문에서는 NS-3 시뮬레이터의 ndnSIM 모듈을 활용하여 본 제안 방법의 성능을 E-CHANET의 방식과 성능 비교를 통하여 수행하였다.[7,9]

시뮬레이션은 3가지 방식으로 진행하였다. 첫 번째는 사전 Interest 요청 동작 전에 전송한 Data 패킷의 sequence 보다 n 번째 뒤의 chunk를 가지고 있는지 확인하는 단계에서, n 의 값에 따른 콘텐츠 다운로드 시간을 측정하였다. 두 번째로는 일부의 chunk를 가진 중간 노드의 위치에 따른 콘텐츠 다운로드 시간을 측정하였다. 마지막으로 일부의 chunk를 가진 중간 노드가 가지고 있는 chunk의 수에 따른 콘텐츠 다운로드 시간을 측정하였다. 그리고 1개의 콘텐츠가 100개의 Data 패킷으로 나누어진다고 가정했으며, Data 패킷 1개의 Payload 크기는 1200Byte이다. Deferred time을 위한 Window 크기는 15~1023으로, slot time인 9 μ s로 설정하였다. 본 모의실험에서는 물리계층과 데이터링크 계층으로 IEEE 802.11a 표준을 적용하였으며, 전송 속도는 6Mbps로 설정하였다. PathLoss Effect Factor를 3으로 설정하여 Log Normal Path Loss Model을 사용하였고, 채널오류모델로서는 5GHz 주파수 대역의 OFDM에 기반한 NistErrorRateModel을 사용하였다.[8]



(그림 3) 20X20 Grid Topology에서의 콘텐츠 소비자 및 콘텐츠-제공자, 중간 노드의 위치

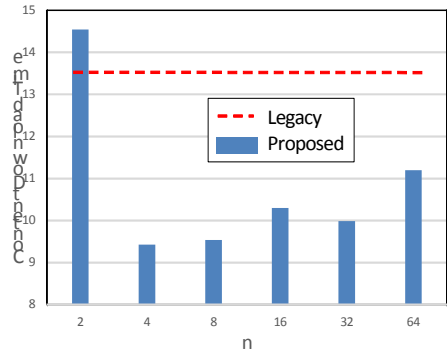
(Figure 3) position of Consumer, Provider and intermediate node in 20X20 Grid Topology

각 실험은 Seed값을 활용하여 10회씩 진행한 후의 평균값으로 결과를 도출하였다. 최초 실험 진행시 (그림 3)에서 190번 노드에 대하여 보유 Chunk의 개수를 5로 설정하고 실험을 진행 하였다.

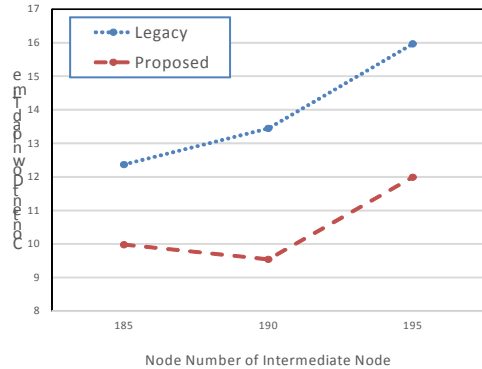
(그림 3)은 실험에서 사용된 400개의 노드로 이루어진 20X20 Grid Topology에서의 콘텐츠 소비자 및 콘텐츠-제공자, 일부 chunk를 가진 중간 노드의 위치이다. 노드들 간의 간격은 75m이며, 무선 전송 반경은 1 hop이다. 그림 3에서 중간 노드 (1),(2),(3)은 중간 노드의 위치에 따른 실험에서 중간 노드의 위치이다. 다른 실험에서는 중간 노드는 (2) 위치로 설정하였다.

4.2 모의실험 결과 및 분석

(그림 4)는 n의 값에 따른 콘텐츠 다운로드 시간의 변화를 보이고 있다. 그림에서 보듯이 다른 경우와 비교할 때 n이 2일 때 상당히 긴 시간이 소요된다. 또한 n이 4부터는 n의 값이 커질수록 콘텐츠 다운로드 시간도 점점 증가하는 추세를 보인다. 이는, n이 2일 때는 콘텐츠 소비자가 요청하는 Interest 패킷의 sequence와 중간 노드가 사전 Interest 요청을 하는 sequence의 차이가 작아서 사전 Interest 요청 방법으로 chunk들을 콘텐츠 소비자 인근으로 위치시키는 것이 너무 늦고, 오히려 네트워크의 부하만 증가시켜서 현재 콘텐츠 소비자가 요청한 Data 패킷의 전송을 방해하기 때문이다. 또한, n이 커질수록 다시 콘텐츠 다운로드 시간이 증가하는 이유는 너무 뒤의 sequence에 대한 chunk를 사전 요청하여 너무 빠른 시점



(그림 4) n값에 따른 콘텐츠 다운로드 시간
(Figure 4) Content Download Time according to n



(그림 5) 중간 노드의 위치에 따른 콘텐츠 다운로드 시간
(Figure 5) Content Download Time according to the position of intermediate node

부터 네트워크의 부하를 증가시키고 Data 패킷의 전송을 방해하기 때문이다.

(그림 5)는 전체 chunk 중 일부를 가진 중간 노드의 위치에 따른 콘텐츠 다운로드 시간을 나타낸다. 해당 실험은 n값을 8로 설정하고 중간 노드가 보유하고 있는 chunk의 수는 50으로 설정하였다. (그림 5)에서 기존의 CCN에서는 중간 노드가 콘텐츠 소비자와 멀어질수록 다운로드 시간이 증가한다. 이는 콘텐츠 소비자와 중간 노드 간의 거리가 멀어지면서 콘텐츠 소비자가 중간 노드로부터 Data 패킷을 받을 때의 다운로드 시간이 증가하기 때문이다. 제안하는 프로토콜에서도 콘텐츠 소비자와 중간 노드의 거리가 먼 경우에 콘텐츠 다운로드 시간이 가장 컸다. 이 경우도 콘텐츠 소비자와 중간 노드 간의 거리로 인한

지연 증가이다. 다만, 중간 노드의 위치가 185번 노드일 때보다 190번 노드일 때 콘텐츠 다운로드 시간이 더 적은 이유는 제안하는 프로토콜에서는 사전 Interest 요청으로 인해서 중간 노드와 콘텐츠-제공자 사이의 거리도 다운로드 시간에 영향을 미치지 때문이다. 중간 노드의 위치가 190번 노드일 때 중간 노드와 콘텐츠 소비자, 중간 노드와 콘텐츠-제공자의 거리가 동일하여 가장 좋은 성능을 나타낸다.

중간 노드의 위치에 따라서 기존의 CCN과 제안하는 프로토콜에서 각각 콘텐츠 다운로드 시간이 차이가 나지만 모든 위치에서 제안하는 프로토콜이 사전 Interest 요청 동작으로 인하여 콘텐츠 소비자가 멀리 있는 chunk도 빠르게 수신하여 기존의 CCN보다 콘텐츠 다운로드 시간을 감소시켰다.

5. 결 론

본 논문에서는 무선 CCN 노드들이 한 콘텐츠의 부분적인 chunk들만을 보유한 상황에서 부분적인 chunk들을 가지고 있는 중간 노드가 자신이 가지고 있지 않은 chunk에 대해서는 콘텐츠 소비자에게 소유하고 있는 chunk들을 전송함과 동시에 콘텐츠 제공자에게 필요한 콘텐츠를 사전에 Interest를 통해 요청을 함으로써 멀리 있는 chunk를 미리 콘텐츠 소비자 인근으로 위치시킴으로써 콘텐츠 다운로드 시간을 감소시켰다.

참고문헌(Reference)

- [1] V. Jacobson et al., "Networking Named Content," in ACM CoNEXT'09, Rome, Italy, Dec. 2009.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?doid=1658939.1658941>
- [2] Amadeo, Marica, Antonella Molinaro, and Giuseppe Ruggeri. "E-CHANET: Routing, forwarding and transport in Information-Centric multihop wireless networks." *Computer Communications*, Vol. 36, Issue 7, 792-803, 2013.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.comcom.2013.01.006>
- [3] Kim, Dabin, and Young-Bae Ko. "A novel message broadcasting strategy for reliable content retrieval in multi-hop wireless content centric networks." *Proceedings of the 9th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication*. ACM, 2015.
<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2701231>
- [4] Jung, Gue-Hwan, et al. "An efficient name-based loss recovery for wireless content centric networking." *Computers and Communication (ISCC), 2014 IEEE Symposium on*. IEEE, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/ISCC.2014.6912544>
- [5] Adem, Osman, Seong-jin Kang, and Young-Bae Ko. "Packet loss avoidance in content centric mobile adhoc networks." *Advanced Communication Technology (ICACT), 2013 15th International Conference on*. IEEE, 2013.
- [6] Yu, Yu-Ting, et al. "DT-ICAN: A Disruption-Tolerant Information-Centric Ad-Hoc Network." *Military Communications Conference (MILCOM), 2014 IEEE*. IEEE, 2014.
<http://dx.doi.org/10.1109/MILCOM.2014.174>
- [7] Chan-Min Park, "Researches on Performance Evaluation and Enhancement for Content-Centric Network in Ad-hoc Environment," Master Degree Dissertations, Hongik University, 2016.
- [8] Pei, Guangyu, and Thomas R. Henderson. "Validation of OFDM error rate model in ns-3." *Boeing Research Technology*, 1-15, 2010.
<https://www.nsnam.org/~pei/80211ofdm.pdf>
- [9] Afanasyev, Alexander, Ilya Moiseenko, and Lixia Zhang. "ndnSIM: NDN simulator for NS-3." University of California, Los Angeles, Tech. Rep 2012.
<http://named-data.net/techreport/TR005-ndnsim.pdf>

◎ 저 자 소 개 ◎



박 찬 민(Chan-Min Park)

2014년 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과(공학사)

2016년 홍익대학교 스마트도시과학경영대학원 정보시스템 전공 석사

2016년~현재 BRUNT

관심분야 : 무선 네트워크, 어플리케이션 개발, IoT etc.

E-mail : walkipcm@gmail.com



김 병 서(Byung-Seo Kim)

2004년 University of Florida, Dept. Electrical and Computer Engineering Ph.D.

1997년 12월~1999년 5월 한국 모토로라, CIM Engineer.

2005년 1월~2007년 8월 Motorola Inc. Sr. Engineer.

2007년 9월~현재 홍익대학교 컴퓨터정보통신공학과 부교수

관심분야 : 유무선 네트워크, Cross layer design, CCN etc.

E-mail : jsnbs@hongik.ac.kr