

# CCN 환경에서 실시간 스트리밍 서비스를 위한 효율적인 데이터 전송 메커니즘 및 성능 분석

조응준<sup>○</sup> 홍충선\*

경희대학교 컴퓨터공학과

d2o2mask@khu.ac.kr<sup>○</sup>, cshong@khu.ac.kr

## Efficient Contents Forwarding Mechanism and Performance Analysis for CCN Live Streaming Services

Eung Jun Cho Choong Seon Hong

Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

### 요 약

인터넷을 통한 실시간 스트리밍 서비스는 IPTV와 다양한 스마트 디바이스의 등장으로 그 수요가 날로 증가하고 있다. 또한 인터넷 상에서 스트리밍 서비스가 차지하는 대역폭의 크기는 2010년에 이미 50%를 넘어 섰다. 현재 FHD 수준의 화질을 상회하는 UHD 화질이 상용화 될 경우 스트리밍 서비스 트래픽으로 인한 네트워크 대역폭의 부족 문제는 점점 더 심각해질 것이다. CCN은 현재 IP 기반의 콘텐츠 전송 패러다임을 바꿔 콘텐츠 중심의 데이터 전송을 위한 미래 인터넷 기술중의 하나이다. 그러나 CCN의 경우 일반적인 모든 콘텐츠의 전송을 위해 설계되어 실시간 스트리밍 콘텐츠를 전송하는 것에 조금 비효율적인 측면이 있다. 본 논문에서는 이런 CCN의 비효율적인 측면을 분석하고 타이머 기반의 데이터 전송 메커니즘을 제안하여 CCN 환경에서 보다 효율적으로 실시간 스트리밍 콘텐츠를 전송할 수 있도록 한다. 그리고 자체 제작한 시뮬레이션을 통하여 그 성능을 입증한다.

### 1. 서 론

스마트폰과 스마트 TV, 그리고 인터넷에 연결되는 다양한 장치들이 보급되면서 인터넷을 통한 서비스의 영역은 지속적으로 커지고 있다. 그 중에서도 스트리밍 서비스의 경우 많은 트래픽을 발생시키는 서비스 중 하나이다. 이미 세계적으로 Youtube와 같은 스트리밍 서비스는 널리 이용되고 있으며 IPTV의 보급으로 인터넷망을 통한 실시간 스트리밍 서비스의 영역도 점차 확대되고 있다. 시스코의 2013 VNI에 따르면 인터넷 비디오 트래픽은 2012년에 이미 전체 트래픽의 56%를 점유하고 있으며 2017년에는 점유율이 약 70%에 도달할 것으로 예상하고 있다. 초창기 인터넷이 설계되던 당시와는 인터넷을 사용하는 패턴이 크게 달라진 것이다.

이러한 인터넷 사용 패턴의 변화에 맞춰 많은 기술이 연구되어 있다. 콘텐츠 중심의 네트워킹 (CCN) [1]은 그러한 기술 중 하나로 현재의 IP 바탕의 인터넷을 콘텐츠 중심의 인터넷 형태로 변경하는 것을 목표로 하고 있다. CCN은 네트워크 상의 라우터에 캐쉬를 두어 데이터의 중복 전송을 줄여 네트워크 효율성을 증대시킬 수 있다. 그러나 CCN은 일반적인 모든 콘텐츠 유형에 적합하도록

설계가 되어 있어 실시간 스트리밍 서비스에 최적화되지 못한 문제점이 있다. 본 논문에서는 실시간 스트리밍 서비스를 CCN 환경에서 구현하였을 때 발생가능한 문제점을 살펴보고 이를 해결하기 위한 기법을 제안한다.

### 2. 관련 연구 및 문제점

#### 1) CCN

CCN[1]은 현재 IP 주소기반의 데이터 전송 방법을 콘텐츠 중심의 전달 방법으로 변경하여 보다 효율적으로 데이터를 전달하기 위한 기술이다. 실제 이런 콘텐츠 중심의 연구는 CCN 외에도 NDN(Named data networking), CBN (Content-Based Networking), DON(Data Oriented Networking), ICN(Information Centric Networking) 등의 다양한 이름으로 연구가 되고 있다. CCN은 PARC의 Van Jacobson을 중심으로 연구가 진행되고 있으며 자신들의 연구로 개발된 메커니즘을 CCNx[2]라는 이름의 프로젝트로 문서화 및 코드를 공개하고 있다.

CCN 프로토콜의 경우 크게 두 가지의 메시지를 통해 데이터를 송수신하고 있다. 하나는 데이터 요청에 사용되는 Interest 패킷이고 다른 하나는 실제 데이터를 포함하는 Data 패킷이다. 실제 CCN은 데이터를 전송하기 위해 특정 프로토콜을 지정하고 있지 않으며 IP, UDP, TCP, 혹은 2계층 MAC 기술만을 통해 데이터 전송이 가능하도록 설계되어 있다. 모든 통신은 청크(chunk)로 불리는 데이터 단위로 이루어진다.

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2014-(H0301-14-1003)). \*Dr. CS Hong is the corresponding author.

2) CCN상의 스트리밍 서비스와 문제점

CCN을 활용하여 스트리밍 서비스를 제공하기 위한 연구는 많이 진행되고 있다. 그러나 대부분의 연구는 CCN 상에서 라이브스트리밍 서비스를 구현하기 위한 연구 [3][4]에 초점을 두고 있으며 이외의 논문의 경우 CCN 라우터상의 캐싱 정책을 개선하여 캐시의 효율을 높이는 것에 중점을 두고 있다. 그러나 CCN의 경우 그 특성 상 하나의 Interest 패킷에 하나의 Data 패킷이 대응되고 있으며 다음 Data 패킷을 수신하기 위하여 반드시 Interest 패킷을 전송해야 한다. 이는 콘텐츠 자체가 무한하고 연속적인 실시간 스트리밍 서비스에 부적합한 형태이다.

청크의 크기는 CCN 네트워크의 성능을 좌우할 수 있는 중요한 요소이다. 청크의 크기가 커지면 Interest 패킷을 상대적으로 덜 보내고 더 많은 데이터를 받을 수 있지만 CCN의 하부 계층에서 발생하는 단편화로 인한 오버헤드가 증가하게 된다. 그리고 하나의 청크가 손실되었을 때 발생하는 비용도 증가하게 된다. 반면 청크의 크기가 작을 경우 하부 계층에서 발생하는 단편화 오버헤드나 청크 손실로 인한 비용을 줄일 수 있지만 하나의 Interest 패킷으로 받을 수 있는 데이터의 크기가 작아지게 된다. 일반적인 네트워크의 구조상 엣지(Edge) 라우터에 많은 사용자 호스트가 접속되는 경우가 많은데 사용자들이 생성하는 Interest 패킷의 수가 많아질 경우 엣지 라우터의 부하가 커지는 문제점이 발생한다.

이러한 문제점을 해결하기 위하여 청크의 크기를 작게 유지하면서 Interest 패킷의 수를 줄여야 하지만 현재 CCN 기술상으로는 이것이 불가능하다.

3. 제안 사항

CCN의 경우 하나의 Interest 패킷에 하나의 청크만을 전송하도록 설계되어 있다. 그러나 이런 데이터 전송의 경우 연속적으로 큰 데이터의 전송이 필요한 스트리밍 서비스 형태에는 적합하지 않다. 무엇보다 실시간 스트리밍 서비스의 경우 사용자가 새롭게 전송되는 콘텐츠에 상응하는 Interest 패킷을 지속적으로 만들어 전송해야 하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위하여 본 논문에서는 다음과 같이 스트리밍 데이터 전송을 위한 알고리즘을 기존 CCN 라우터에 추가하였다.

우선 특정 Data 패킷이 라이브 스트리밍 패킷이라는 것을 구분하기 위하여 data 패킷의 콘텐츠의 유형을 알려주는 type 필드에 라이브 스트리밍 콘텐츠의 유형을 추가한다. 다음 표는 CCNx 문서[2] 상의 Type의 정의 상태이다.

표 1 Type 필드의 유형과 설명

Base64	Hex	설명
DATA	0x0C04C0	Type의 값이 없는 경우로 기본
ENCR	0x10D091	컨텐츠가 암호화된 경우
GONE	0x18E344	whiteout marker
KEY/	0x28463F	공개 키
LINK	0x2C834A	링크
NACK	0x34008A	현재 콘텐츠가 없음
<b>STRM</b>	<b>0xFFxxxx</b>	<b>실시간 스트리밍 xxxx 채널</b>

상기 표의 가장 마지막에 있는 STRM은 본 논문에서 새롭게 정의한 유형으로 3byte의 크기 중 처음 바이트의 값은 0xFF로 설정하여 해당 콘텐츠가 실시간 스트리밍형 콘텐츠임을 알리고 뒤의 두 바이트는 채널 ID를 의미한다.

한 사용자가 라이브 스트리밍의 콘텐츠를 요청할 경우 CCN 라우터의 동작은 다음과 같이 이루어진다. 제안사항을 위해 CCN 라우터 상에 기존 PIT(Pending Interest Table)과 FIB(Forwarding Information Base)외에 라이브 스트리밍을 관리하기 위한 SIT(Streaming Information Table)를 추가한다. SIT에서 보관하는 정보는 표 2에서 정의한 STRM의 채널 ID와 해당 채널을 전달할 out-going face 정보이다. 하나의 채널 ID 정보에 여러 face가 할당 될 수 있다. 표 2는 SIT의 예시를 보여준다.

표 2 SIT의 예시

Channel ID	Upstream face	Downstream face	Timer
0011	2	5	25
		7	5
		8	15
...	...	...	...

CCN 라우터에서 기본적인 data 패킷의 전달은 기존 CCN 메커니즘에서 정의한 것처럼 PIT와 FIB를 기반으로 이루어진다. 단 CCN 라우터가 전달받은 data 패킷의 유형이 위에서 정의한 실시간 스트리밍일 경우에는 알고리즘 1과 같이 추가적인 동작이 이루어진다. 사용자와 CCN 라우터는 지속적으로 라이브 스트리밍 data 패킷을 수신하고자 하는 경우 주기적으로 해당 라이브 스트리밍 data 패킷을 수신하기 위한 Interest 패킷을 전송하여 데이터 요청을 갱신한다.

알고리즘 1을 통하여 사용자는 하나의 data 패킷 마다 Interest 패킷을 전송할 필요 없이 주기적인 Interest 패킷의 전송을 통하여 실시간 스트리밍 데이터를 수신할 수 있다.

알고리즘 1 타이머 기반의 전달 메커니즘

STRM<sub>n</sub> : Live streaming data of Channel ID n  
 PIT<sub>m</sub> : m face stored in PIT where Interest packet is arrived

Case for data packet

if received data packet type is STRM<sub>n</sub>  
 if received data packet is in PIT<sub>m</sub>  
 Register face m on channel n of SIT and forward data packet to faces listed in SIT.  
 Remove corresponding interest packet in PIT.

else if received data packet is in SIT but not in PIT  
 Forward data packet to all face listed in SIT

Case for interest packet

if name of received interest packet is channel n and it is in SIT  
 if arrived m face is in SIT<sub>n</sub>

```

Renewal Timer for channel  $n$ /face  $m$ 
else
  Authenticate received interest packet
  if authenticated,
    Add new timer for channel  $n$ /face  $m$ 
    
```

**Case for Timer**

```

if timer for channel  $n$ /face  $m$  is expired
  remove face  $m$  from channel  $n$  in SIT

if timer for sending interest packet is expired
  for channel  $n$  in SIT
    send interest packet with name of channel  $n$ 
    
```

제안한 알고리즘 1을 사용할 경우 실시간 스트리밍 서비스에 한하여 청크의 크기에 상관없이 주기적으로 Interest 패킷을 송신하는 것으로 지속적인 콘텐츠의 수신이 가능하다.

**4. 성능분석**

본 논문에서 제안한 알고리즘을 평가하기 위하여 다음과 같은 트리 구조의 네트워크 모델을 가정하였다.

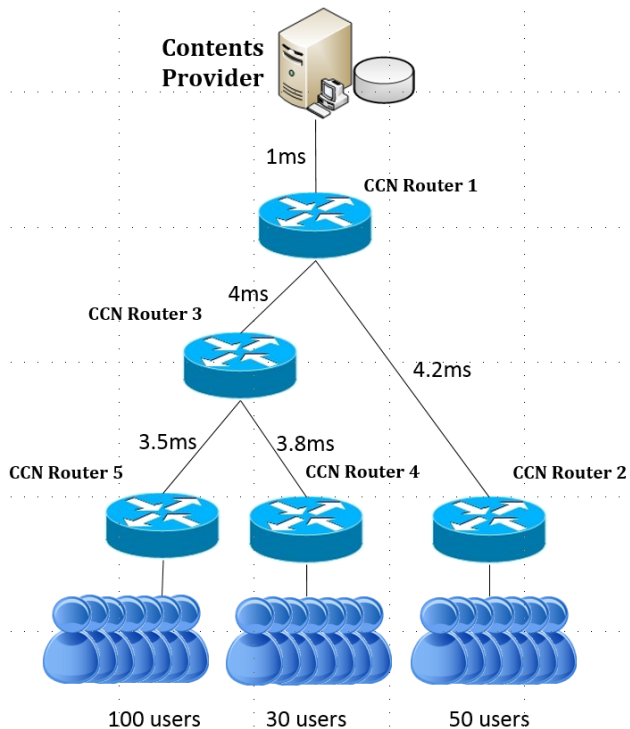


그림 1 시뮬레이션을 위한 네트워크 모델

각 CCN 라우터 사이의 지연은 그림 1과 같이 고정으로 정하였으며 엣지 라우터와 사용자 사이의 지연의 경우 100명 그룹은 9~12ms, 나머지는 8~12ms 사이의 값을 각각 임의로 부여하였다. 이벤트 측정 단위는 0.1 ms로 진행하였으며 사용자의 경우 채널 유지, 순차적 채널 이동, 특정 채널로 점핑 3가지 모델을 사용하여 사용자가 실제 TV를 시청할 때와 비슷한 채널 이동을 하도록 하였다. 그림 2는 총 1시간의 시간에 대한 시뮬레이션을 수행한 결과 중 처음 절반에 해당하는 부분으로 각 라우터가 수신한 Interest 패킷과 전송한 Data 패킷의 비율을 시간

단위로 보여준다. 일반적인 CCN이라면 이 비율은 1이 유지되어야 하지만 본 제안 사항의 경우 하나의 Interest 패킷에 다수의 Data 패킷을 송신하는 것을 확인할 수 있다.

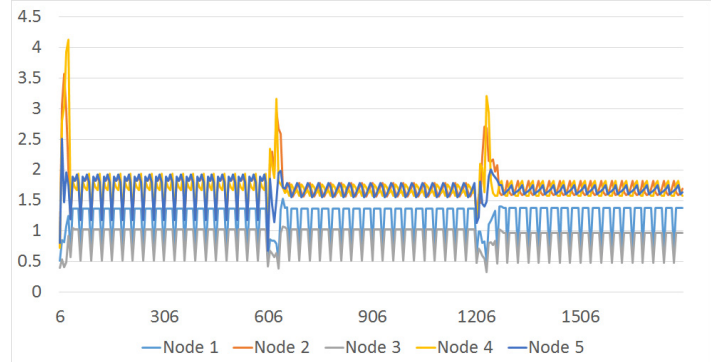


그림 2 제안사항의 Interest 패킷과 Data 패킷의 비율

**5. 결론 및 향후 계획**

본 논문에서는 기존 CCN 메커니즘을 개선하여 실시간 스트리밍 서비스에 보다 적합한 형태의 타이머 기반 콘텐츠 전송 메커니즘을 제안하였다. 이를 통하여 기존 CCN 환경에서 문제가 되는 Interest 패킷과 Data 패킷의 1:1 매칭 구조를 개선하여 하나의 Interest 패킷을 사용하여 다수의 Data 패킷을 수신할 수 있는 메커니즘을 제안하였다. 그리고 시뮬레이션을 통하여 본 논문에서 제안한 타이머 기반의 전송 메커니즘이 실제 하나의 Interest 패킷을 사용하여 다수의 Data 패킷을 수신할 수 있는 것을 확인하였다. 향후에는 본 논문에서 시뮬레이션한 결과를 기존 CCN 메커니즘의 시뮬레이션 결과와 직접적인 비교 분석을 통하여 네트워크 측면에서 제안사항의 성능의 우수성을 입증할 것이다.

**참고문헌**

- [1] 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 on Emerging networking experiments and technologies, ser. CoNEXT '09. New York, NY, USA: ACM, 2009, pp. 1-12
- [2] CCNx, available on online : <http://www.ccnx.org/>
- [3] Z. Li and G. Simon, "Time-shifted TV in content centric networks: the case for cooperative in-network caching," IEEE ICC 2011, pp. 1-6, 2011.
- [4] S. Lederer, C. Mueller and C. Timmerer, "Dynamic adaptive streaming over HTTP dataset", In Proc. of the 3rd Multimedia Systems Conf. (MMSys '12). ACM, New York, NY, USA, pp.89-94, 2012.
- [5] 조웅준, 홍충선, "CCN TV 서비스를 위한 콘텐츠 권한 설정 및 제어 메커니즘," 한국정보과학회 제 40회 추계 학술발표회(KIISE 2013), pp.993-995, 2013.11.15-16