

콘텐츠 중심 네트워크에서 중간 라우터의 효율적인 Interest 패킷 제어 방법

성태진^o 홍충선* 이성원
 경희대학교 컴퓨터공학과
tjsung@khu.ac.kr^o, cshong@khu.ac.kr^{*}, drsungwon@khu.ac.kr

An Efficient Interest Packet Control Scheme at the Intermediate Router in Content-Centric Network

Taejin Sung^o ChoongSeon Hong* Sungwon Lee
 Department of Computer Engineering, KyungHee University

요 약

콘텐츠 중심 네트워크에서는 원하는 콘텐츠를 탐색하기 위해서 Interest 패킷을 사용한다. 이 Interest 패킷은 콘텐츠 수신을 위해 사용자로부터 원하는 콘텐츠를 가진 목적지까지 반복적으로 보내지게 된다. Interest 패킷은 포워딩되는 경로 상의 중간 라우터들을 거치는데, 여기서 CCN 포워딩 엔진 등을 참조하면서 다양한 정책이 적용된다. 본 논문에서는 Interest 패킷이 지나는 중간 라우터에서의 다양한 Interest 패킷 제어 방법을 통해, 네트워크를 지나는 Interest 패킷량을 감소시키고 다수의 서버에서 콘텐츠를 제공 받을 수 있는 방법을 제안한다.

1. 서 론

현재의 인터넷은 많은 문제점을 가지고 있다. 대표적으로 보안성, 확장성, 이동성 등의 문제가 있으며, 현재의 인터넷은 네트워크의 시대적 패러다임의 변화를 받아들이지 못하고 있다. 사용자들은 인터넷에서 단지 원하는 콘텐츠를 얻길 원하지만, 현재의 인터넷은 콘텐츠의 위치에 집중되어 있다. 따라서 현재 인터넷의 문제점을 해결하고 변화하는 패러다임을 받아들이기 위해 혁신적 접근 방법으로 제안된 콘텐츠 중심 네트워크라는 미래 인터넷 기술에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

콘텐츠 중심 네트워크는 동일한 콘텐츠의 요청이 있을 경우, 콘텐츠가 전송되는 경로 상에 있는 중간 라우터에서의 캐싱을 통해 효율적으로 콘텐츠를 제공할 수 있는 기술이다. 이를 위해서 콘텐츠 중심 네트워크는 Interest 패킷과 Data 패킷이라는 두 가지 패킷 유형을 가지며, 콘텐츠를 캐싱하는 Content Store(CS), 콘텐츠를 가진 주변 라우터의 정보를 가지고 있는 Forwarding Information Base(FIB), 콘텐츠 요청이 들어온 페이스의 정보를 가지고 있는 Pending Interest Table(PIT)라는 세 가지 테이블을 사용하는 포워딩 엔진을 가지고 있다[1].

본 논문에서는 원하는 콘텐츠를 요청하기 위해 사용되는 Interest 패킷을 중간 라우터에서 제어하는 방법을 제안한다. 제안하는 방법을 통해, 콘텐츠 중심 네트워크에서 멀티소스 전송을 가능하게 하고, 경로를 지나는 Interest 패킷의 수를 감소시켜 네트워크 부하를 줄일 수 있다.

본 논문의 2장에서는 우리가 제어하기 원하는 Interest

패킷의 구조와 기능에 대하여 소개하고, 3장에서 본 논문에서 제안하는 중간 라우터에서의 Interest 패킷을 제어하는 방법을 소개한다. 그리고 4장에서 제안한 방법에 대한 간단한 성능 평가를 수행하고 이를 분석한다. 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구 방향을 제시할 것이다.

2. Interest 패킷 개요

Interest 패킷은 콘텐츠 중심 네트워크에서 사용자가 원하는 콘텐츠를 요청할 때 사용된다. 콘텐츠는 이름을 사용하여 요청되며, Interest 패킷은 콘텐츠의 청크를 명확하게 식별할 수 있다. 또한 Interest 메시지는 이름의 접두사를 제공하고, 접두사로 이름 붙여진 만족하는 데이터를 한정할 수 있다. 이러한 Interest 패킷은 그림 1과 같이 콘텐츠의 이름과 선택자 필드 및 임시변수 필드 등으로 구성되어 있다[2].

Interest packet

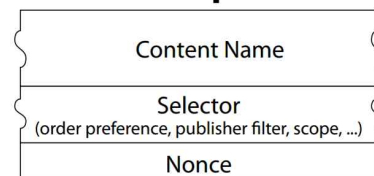


그림 1 Interest 패킷의 구조

콘텐츠 이름은 계층적인 구조를 가지고 있으며, Interest 패킷에서 데이터를 요청하고 식별하는데 사용된다. 선택자 필드에서는 매칭하는 데이터 패킷이 여러 개 있을 경우 어떤 것을 보낼지 선택할 수 있고, 임시변수 필드는 랜덤하게 부여된 값으로 Interest 패킷의 복사본 생성을 억제하는데 사용된다. 이외에도 Interest와 일치하

본 연구는 미래부가 지원한 2013년 정보통신·방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음. *Dr. CS Hong is the corresponding author.

는 데이터 패킷을 한정하는 필드, 데이터 응답을 제한하기 위한 Interest 패킷 전달 범위나 TTL 필드 등 다양한 필드들을 가지고 있다[2]. 본 논문에서는 중간 라우터의 Interest 패킷의 체크 식별 및 새로운 포워딩 정책을 통해 효율적으로 Interest 패킷을 제어하고 포워딩하는 방법을 제안한다.

3. 중간 라우터의 Interest 패킷 제어 방법

콘텐츠 중심 네트워크에서는 Interest 패킷이 사용자에서부터 생성되어 콘텐츠를 가진 서버나 라우터로 반복적으로 전송됨으로써 콘텐츠를 전송받는다. 따라서 크기가 매우 큰 콘텐츠를 전송받을 때는 Interest 패킷이 상당히 많이 동일한 경로를 지나게 된다. 그리고 기존 CCN 라우터의 포워딩 정책으로는 다수의 서버나 라우터에서 콘텐츠를 전송받을 수 없다. 왜냐하면 다수의 서버나 라우터에서 콘텐츠가 발견되더라도 중간 라우터의 정책에 의해 이미 수신한 콘텐츠의 체크는 폐기시키기 때문이다. 이러한 현재의 콘텐츠 중심 네트워크의 비효율성을 해결하기 위해 본 논문에서는 중간 라우터에서 Interest 패킷 제어를 통해 효율적으로 네트워크를 사용할 수 있다.

3.1 Interest 패킷량 감소 방법

전송되는 Interest 패킷의 수를 감소시키는 하나의 방법은 콘텐츠를 가진 서버와 이웃한 경로 상에 있는 중간 CCN 라우터에서 Interest 패킷을 생성하여 전달하는 것이다. 이 경우 사용자에서 경로 상의 중간 라우터를 거치면서 FIB 테이블을 확인하며 Interest 패킷을 포워딩할 필요 없이, 중간 라우터에서 바로 해당 콘텐츠를 요청하고 수신할 수 있다. 이를 위해서는 데이터 패킷이 회신되어 중간 라우터의 PIT 테이블을 참조할 때, 해당 데이터 패킷이 사용자가 원하는 콘텐츠라는 것을 확인할 수 있도록 하기 위해, PIT 테이블은 원하는 콘텐츠에 대해 저장된 접두사의 체크 정보를 모두 가지고 있어야 한다. 다시 말해, 중간 CCN 라우터가 그림 2와 같은 PIT 테이블을 가지고 있을 때, 요청한 콘텐츠의 체크 번호에 해당하는 s1 뿐만 아니라, 나머지 모든 체크에 대한 정보도 함께 가지고 있어야 한다. 그렇게 되면, 중간 라우터에서 Interest 패킷을 생성하여 보낸 뒤에 응답된 데이터 패킷에 대해, 중간 라우터가 해당 데이터 패킷이 요청한 데이터 패킷임을 인지할 수 있게 된다. 하지만 중간 라우터에서의 Interest 전송 도중에, 더 좋은 위치에 콘텐츠를 가진 서버가 나타날 경우 그 곳에서 전송 받는 것이 더 효율적이므로, 클라이언트는 주기적으로 Interest 패킷을 보내어 더 좋은 서버를 찾을 필요성도 있다.

Pending Interest Table (PIT)

Prefix	Requesting Face(s)
/parc.com/videos/WidgetA.mpg/v3/s1	0

그림 2 PIT 테이블의 구조

Interest 패킷 수를 감소시키는 두 번째 방법은 중간

라우터의 FIB 테이블에 여러 개의 페이스가 등록되어 있더라도, 동일한 콘텐츠에 대해서 가장 먼저 응답이 온 페이스로만 다음 체크의 Interest 패킷을 보내는 것이다. 예를 들어, 그림 3에서 중간 라우터 D의 FIB 테이블에 두 개의 페이스 리스트가 등록되어 있다. 기존의 콘텐츠 중심 네트워크의 경우, 중간 라우터 D의 FIB 테이블에 두 개의 페이스 번호가 등록되어 있기 때문에, 반복적인 Interest 패킷에 대해 모든 페이스로 Interest 패킷을 보내게 된다. 하지만 페이스 2에서 전송받는 속도가 페이스 1보다 느릴 경우, 해당 패킷은 폐기되므로(페이스 1로 이미 받았기 때문에), 받아들여지지 않을 데이터 패킷을 위해 불필요하게 Interest 패킷이 낭비된다.

3.2 멀티 소스 전송 방법

중간 CCN 라우터의 FIB 테이블에 그림 3과 같이 두 개 이상의 페이스가 등록되어 있더라도, 사용자에서 보내진 Interest 패킷은 모든 페이스로 동일한 체크의 데이터 패킷을 요청한다. 따라서 회신되는 데이터 패킷 중 중간 라우터가 받아들이는 데이터 패킷은 하나의 페이스로 먼저 도착하는 데이터 패킷이다. 따라서 중간 CCN 라우터에서 다른 번호의 체크를 가진 Interest 생성 및 포워딩을 통해, 다수의 서버로부터 콘텐츠를 전송받는 것을 가능하게 한다[3].

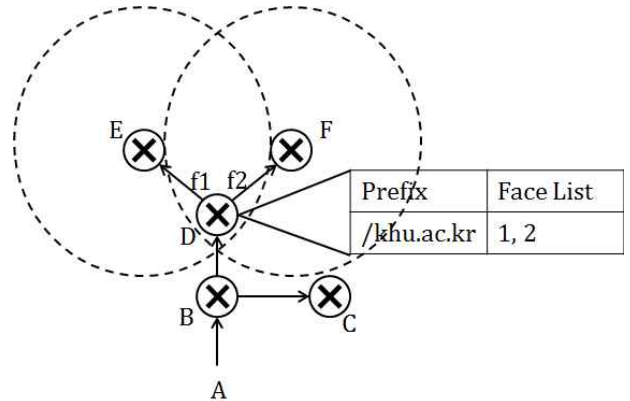


그림 3 중간 라우터의 FIB 테이블

중간 CCN 라우터는 Interest 패킷을 수신한 뒤, 그림 3 처럼 FIB의 페이스 목록에 여러 개의 페이스 번호가 등록되어 있을 경우, 해당 페이스로 동일한 Interest 패킷을 보내지 않고, 각기 다른 체크를 가진 데이터 패킷을 요청하는 새로운 Interest 패킷을 생성하여 각각의 페이스 f1과 f2로 내보낸다. 그렇게 되면 중간 라우터 D는 하나의 콘텐츠를 두 개의 페이스를 통해 라우터 E와 F로부터 다수의 체크로 분할하여 전송받을 수 있다. 이 때 각각의 페이스로 내보내는 Interest 패킷의 비율은 [3]에서 제안한 방법으로 그림 4와 같이 페이스 번호에 따라 번호대로 분할할 수 있다. 콘텐츠를 가진 서버로부터 응답에 대해 첫 번째 응답이 오면 해당 페이스로 1번 체크부터 순차적으로 요청하는 Interest 패킷을 보내고, 두 번째 응답의 경우 마지막 번호의 체크부터 내림차순, 세 번째 응답의 경우 전체 체크 개수에서 반으로 나눈 번호부터

오름차순 형식으로 Data 패킷을 요청한다. 더 효율적으로, 네트워크 상태를 고려할 수도 있다. 한 예로, 중간 라우터에서 타이머를 사용하여 첫 번째 데이터 패킷이 도착한 이후 다른 페이스로 두 번째 데이터 패킷이 도착한 시간차를 계산하여 비율 결정에 적용할 수 있다.

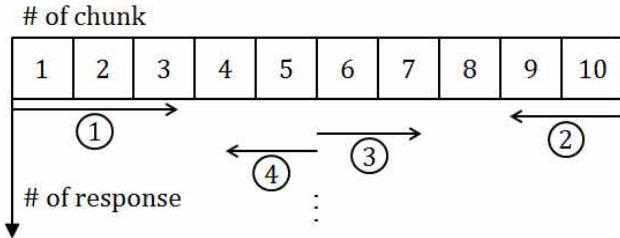


그림 4 멀티 소스 청크 분할 방법

4. 성능 평가

본 논문에서 제안한 Interest 패킷의 감소 방법과 멀티 소스 전송 방법의 효율성을 확인하기 위하여, ns-3 기반 시뮬레이터인 ndnSIM을 사용하여 성능을 평가하였다. 그림 3과 같이 토폴로지를 구성하고, 각각의 링크는 10Mbps의 대역폭과 10ms의 지연을 가지며, 초당 10개의 Interest 패킷이 전송되도록 하였다[4][5].

먼저 기존의 콘텐츠 중심 네트워크와 제안사항에 대해 각각의 링크로 지나가는 Interest 패킷량을 비교하였다. 그 결과는 표 1에 나타난 것과 같고, 제안사항에서는 그림 3의 중간 라우터 D에서 Interest 패킷을 보내기 때문에 D-E 구간을 지나가는 Interest 패킷량은 현재의 콘텐츠 중심 네트워크와 동일하지만, 나머지 구간(A-B, B-D, D-F)에서는 현저하게 낮은 것을 확인할 수 있다(B-C 구간은 현재의 콘텐츠 중심네트워크와 제안사항 모두 Interest 패킷이 포워딩되지 않았다). 기존 CCN의 A-B구간과 B-D 구간의 Interest 패킷이 200개(제안사항은 2개)인 이유는 시뮬레이터 상에서 라우터 D와 라우터 F로 포워딩되는 Interest 패킷을 서로 다른 패킷으로 간주하였다. 또한 클라이언트의 주기적인 Interest 패킷 전송은 제외하였고, 토폴로지 구성에 따라 큰 차이가 있을 수 있다.

표 1 링크를 지나는 Interest 패킷량 비교

방법 링크	CCN	제안사항	감소율(%)
A-B	200	2	99
B-C	0	0	-
B-D	200	2	99
D-E	100	100	0
D-F	100	1	99

두 번째로, 기존의 콘텐츠 중심네트워크와 제안하는 멀티 소스 전송 방법을 비교하여, 10초 동안 전송되는 콘텐츠량을 비교하였다. 그림 5에 나타난 것처럼, 기존의 콘텐츠 중심 네트워크보다 제안사항이 약 두 배 가량 성능이 좋은 것을 확인할 수 있다. 네트워크 대역폭에 비해 전송되는 Interest 패킷량과 콘텐츠의 사이즈가 작기 때문에, 전송 속

도의 차이가 확연하게 드러난다. 콘텐츠를 분할하여 전송하는 라우터의 개수가 늘어날수록, 네트워크 대역폭이 감소할수록 성능 향상의 폭이 줄어들 것이다.

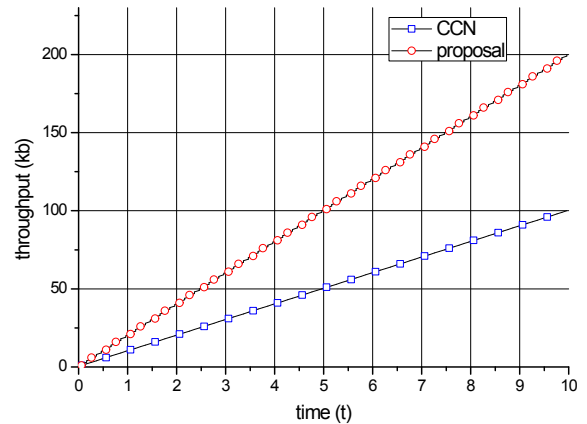


그림 5 시간당 콘텐츠 전송량

5. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 중간 CCN 라우터에서의 Interest 패킷 제어 통하여, 기존의 콘텐츠 중심 네트워크에서 사용하던 Interest 패킷 및 Data 패킷 포워딩 전략보다 효율적인 성능을 낼 수 있는 방법을 제안하였다. 이를 통해 전체 경로에 흐르는 Interest 패킷량을 감소시키고, 멀티 소스로부터 데이터 패킷을 수신할 수 있다.

향후 연구로는 멀티 소스에서 콘텐츠를 전송받는 방법에 있어서, 중간 CCN 라우터에서 타이머, 네트워크 대역폭 등을 고려하여, 각각의 페이스로 들어오는 데이터 패킷에 대한 비율을 결정하는 알고리즘을 연구하고, 다양한 시나리오를 통해, Interest 패킷의 감소가 네트워크에 얼마나 효율을 가져올 수 있는지 분석하도록 하겠다.

참고 문헌

- [1] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard, "Networking Named Content," CoNEXT 2009, Rome, Dec, 2009.
- [2] Project CCNx [Online], Available: <http://www.ccnx.org>, 2013.
- [3] Taejin Sung, ChoongSeon Hong, Sungwon Lee, "Multi-path Content Transfer Scheme in Content-Centric Network," Summer Workshop on Computer Communications 2013. (in Korean)
- [4] Alexander Afanasyev, Ilya Moiseenko, Lixia Zhang, "ndnSIM: NDN simulator for NS-3," NDN, Technical Report NDN-0005, Oct, 2012.
- [5] NS-3 based Named Data Networking (NDN) simulator ndnSIM: NDN, CCN, CCNx, content centric networks [Online], available: ndnsim.net, 2013.