

무선 NDN 아키텍처에 관한 연구

임영빈, 박철현, 이문영, 권태경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부

{ybim, chpark, mylee}@mmlab.snu.ac.kr, {tk, yhchoi}@snu.ac.kr

Research on wireless NDN architecture

Youngbin Im, Chulhyun Park, Munyoung Lee,
Ted “ Taekyoung” Kwon, Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

요약

클라이언트-서버 모델이나 CDN(Content Distribution Network)과 같은 전통적인 콘텐츠 배포 기법들은 다양한 한계를 드러내고 있다. Named-Data Network(NDN)[1][2]은 이름 기반 라우팅과 네트워크 내재 콘텐츠 캐싱을 이용하여 기존 기술들의 한계점을 극복하기 위한 새로운 네트워크 아키텍처로서 제안되었다. NDN의 새로운 특성들로 인해 효율적인 콘텐츠의 배포, 유선 인터넷 상의 전반적인 트래픽 감소 등의 효과가 기대되지만, 무선 네트워크에 NDN을 접목하기 위한 연구는 현재까지는 활발히 진행되고 있지 않다. 무선 네트워크의 경우 유선에 비해 낮은 신뢰성, 무선 링크의 낮은 전송률 등의 난점이 있다. 이 논문에서는 NDN 호스트와 NDN 액세스 스테이션(Access Station)에 새로운 기능을 추가함으로써 기존에 제안된 NDN 아키텍처를 무선 네트워크로 확장하기 위한 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 한 기기가 여러 무선 네트워크에 접속되는 멀티호밍과 무선 고유의 브로드캐스트 특성을 활용함으로써 효율적인 데이터 전송이 가능하게 된다. 또한 보다 효율적인 콘텐츠 전송을 위해 NDN 액세스 스테이션과 NDN 호스트 간의 링크 상태, 콘텐츠 및 콘텐츠 요청의 전송 패턴 등 다양한 요소가 고려된다.

I. 서론

콘텐츠에 대한 사용자들의 요구가 증가함에 따라 클라이언트-서버 모델이나 CDN 기술과 같은 콘텐츠 배포 기법들은 많은 한계를 드러내고 있다. 불필요한 중복 전송, 이동성 지원 문제, 확장성(Scalability) 문제 등이 그것이다. 이러한 한계는 호스트를 기반으로 하는 인터넷의 근본적인 아키텍처에서 주로 기인한다. NDN은 이름에 기반한 라우팅 및 네트워크 내재 캐싱을 통하여 이러한 문제들을 해결하기 위한 새로운 네트워크 아키텍처로서 제안되었다. NDN의 이러한 특성들은 유선 네트워크 상의 전반적인 트래픽 감소 뿐만 아니라 효율적인 콘텐츠 배포를 가능하게 할 것으로 기대된다. 그러나 현재까지는 신뢰성이 낮고 전송 속도가 유선에 비해 낮은 특성을 갖는 무선 네트워크에서의 NDN에 관한 연구는 거의 진행된 바가 없다.

본 논문에서는 NDN 라우터, NDN 호스트, NDN 액세스 스테이션과 같은 NDN 개체들에 새로운 기능들을 부여함으로써 기존에 제안된 NDN 아키텍처를 무선휘경으로 확장하는 기법을 제안한다. 제안된 기법에서는 (사용자) 멀티호밍 및 무선의 브로드캐스트 특성을 활용하여 효율적인 데이터 전송이 가능하게 된다. NDN 호스트로의 효율적인 콘텐츠 전송을 위해 NDN 액세스 스테이션과 NDN 호스트간의 링크 상태, 콘텐츠 트래픽 및 콘텐츠 요청의 패턴, 무선 링크의 데이터량 등과 같은 정보를 활용하게 된다.

II. Motivation

NDN 아키텍처는 기본적으로 유선 환경만을 대상으로 하고 있기 때문에 무선 네트워크의 다양한 특성들을 고려하기 못한다. 무선 네트워크의 고유한 특성은 다음과 같다. 첫째, 무선 링크는 패킷이 손실되기 쉽다. 패킷 손실은 패킷 간의 충돌, 전송 에러로 인해 발생할 수 있다. 둘째, 무선 장비의 비트 레이트(bit rate)는 연속적으로 변화하고 이는 쓰루풋의 큰 변동을 발생시킨다. 셋째, 많은 무선 장비가 이질성(Heterogeneity)을 갖는다. 예를 들어 전형적인 스마트폰은 셀룰라, WiFi, Bluetooth와 같은 여러 무선 인터페이스를 갖추고 있고, 사용자는 한 장소에서 다양한 무선 기술들을 동시에 이용할 수 있다. 요약하자면, 무선 NDN 아키텍처는 링크의 손실이 크고 변화가 큰 무선의 특성들을 반영해야 하며 최신의 무선 장비들의 이질성을 최대한 활용할 수 있어야 한다. 이러한 목적을 달성하기 위해 새로운 무선 NDN 전송 메커니즘인 협력적 전송(collaborative transmission) 기법 및 브로드캐스트를 활용한 프로액티브(Proactive) 캐싱 기법을 제안한다.

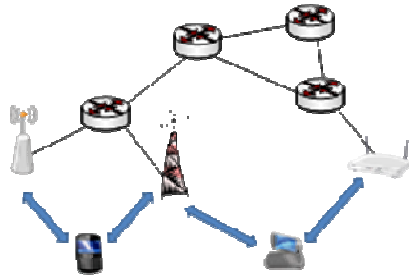


그림 1. 무선정보 수집.

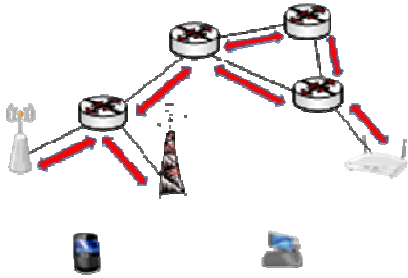


그림 2. 무선정보 공유.

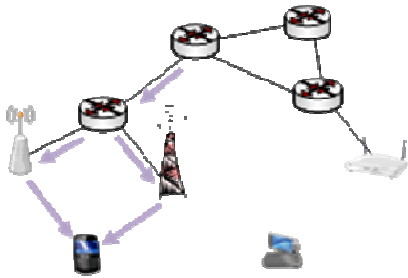


그림 3. 협력 전송.

III. 협력적 전송 기법

무선 NDN 을 위한 협력적 전송 기법은 그림 1~3 에 나타난 것처럼 3 단계로 구성된다. 첫 번째 단계인 무선정보 수집 단계에서는 NDN 호스트들이 연결되어 있는 NDN 액세스 스테이션들이 자신과 NDN 호스트들 간의 링크 상태, 콘텐츠 트래픽 및 콘텐츠 요청에 대한 패턴 정보를 수집한다. 이러한 수집 과정은 NDN 기능이 없는 기지국이나 액세스 포인트들이 연결된 NDN 콘텐츠 라우터에서 수행될 수도 있다. 두 번째 단계에서는 수집된 정보가 클러스터(다음 장에서 논의) 단위 내에 있는 모든 노드들 간에 공유된다. 정보를 공유한 후에는 공유된 정보를 바탕으로 중앙집중 방식 혹은 분산 방식을 통해 각각의 전송 요청에 대한 전송 방식이 결정된다. 전송 결정 과정은 최적화 문제(Optimization Problem), 마르코프 결정 프로세스(Markov Decision Process) 또는 다른 분산 알고리즘의 프레임워크를 활용할 수 있을 것이다. 또한 복잡도를 줄이기 위해 근사 알고리즘을 적용할 수도 있을 것이다.

사실 기지국 간의 협력적 전송에 관한 연구는 수년간 진행 되었지만, 이들 연구는 기본적으로 IP 기반 인터넷을 대상으로 하고 있다. 지금부터는 협력적 전송 기법이 구현되었을 때 콘텐츠의 전송에 있어서 실제로 어떻게 활용될 수 있는지에 대해 논하고자 한다. 총 네 가지의 협력적 전송 시나리오를 고려할 수

있다. 즉 중복 전송, 분할 전송, 캐쉬 공유, 협력적 핸드오버 서비스가 그것이다.

- 중복 전송은 무선 NDN 호스트가 두 개 이상의 링크를 사용할 수 있는 경우 활용 될 수 있다. 무선 링크는 오류가 많고 패킷 손실 확률이 크기 때문에 여러 링크를 통해 중복되게 전송을 하면 신뢰성이 향상 될 수 있다[6].
- 분할 전송은 두 개 이상의 링크가 사용 가능하고 쓰루풋 성능이 중요할 때 유용하다. 콘텐츠를 여러 개의 단위(Chunk)로 나누어지고 이 전송 단위의 전달 순서가 중요하지 않은 경우, 여러 개의 무선 링크를 통해 여러 개의 서로 다른 전송 단위를 동시에 전송하면 전반적인 쓰루풋이 크게 향상 될 수 있다[4][5].
- 콘텐츠를 캐싱하고 있는 콘텐츠 라우터와 해당 콘텐츠를 즉시 필요로 하거나 가까운 미래에 필요로 하게 될 것으로 예측되는 콘텐츠 라우터 간에는 캐쉬 공유를 활용할 수 있다. 이 시나리오는 캐쉬 정보를 전파하고 일종의 pre-fetching 기법을 제공하기 때문에 NDN 아키텍처의 기본 특성의 확장으로 간주할 수 있다.
- 수직적 핸드오버[3] 또한 무선 NDN 노드의 성능을 향상시킬 수 있다. 하나의 이동 NDN 노드를 두 개 이상의 인접한 이종 NDN 액세스 스테이션을 통해 협력적으로 서비스 함으로써 보다 안정적인 콘텐츠의 전달이 가능하게 된다.

IV. 협력적 전송 기법의 다른 이슈들

제한된 무선 NDN 아키텍처의 효율적인 작동을 위해서 몇 가지 이슈가 발생한다. 첫 번째는 정보 공유의 범위에 관한 것이다. 즉 어떤 NDN 개체가 무선 정보를 공유하게 될 것인가를 결정하는 문제이다. 이전 장에서 언급된 바와 같이 클러스터를 생성함으로써 정보 전달의 범위를 제한하도록 한다. 클러스터의 크기는 콘텐츠 요청의 패턴, 시그널링 오버헤드 등에 따라 달라질 수 있다. 클러스터의 크기와 클러스터의 멤버를 관리하는 구체적인 방법에 관해서는 앞으로 더 연구할 것이다.

두 번째 이슈는 어떤 개체가 협력적 전송 기법의 과정을 시작하는가 하는 것이다. NDN 액세스 스테이션이 시작하는 접근법과 클라이언트가 시작하는 접근법의 두 가지가 가능할 것이다. NDN 액세스 포인트와 기지국이 동일한 ISP 에 의해 배치 된 경우 NDN 액세스 포인트, 기지국, 콘텐츠 라우터 간의 프로액티브(Proactive) 협력이 가능하기 때문에 첫 번째 접근법을 이용할 수 있다. 이 기법은 낮은 시그널링 오버헤드, 보다 긴밀한 협력, 낮은 사용자 장치 오버헤드 등의 장점을 제공한다. NDN 액세스 포인트와 기지국이 서로 다른 ISP 에 의해 설치된 환경에서는 협력적 전송을 위해서 각 NDN 클라이언트에 보다 적극적인 역할이 요구된다. 이 경우 NDN 클라이언트가 여러 NDN 액세스 포인트 혹은 기지국에 접속할 때 무선정보 공유 과정이 시작되어야 한다. 이 접근법은 일반적인 이종 무선 환경에서 적용 가능하지만 높은 시그널링 오버헤드, 높은 사용자 장치 오버헤드 등의 단점이 있다.

V. 브로드캐스트를 활용한 프로액티브 캐싱

무선은 기본적으로 브로드캐스트 특성을 가진 전송 매체를 활용한다. [7]에서 웹 페이지에 대한 요청의 분포가 일반적으로 엄격한 Zipf 분포를 따르지는 않지만 Zipf-like 분포를 따른다는 것을 보였다. 따라서 공통된

컨텐츠에 대한 요청에 대해 컨텐츠 트래픽을 유니캐스트가 아닌 브로드캐스트를 사용하여 전송하면 공유된 자원을 효율적으로 사용할 수 있다. 이를 위하여 다음과 같은 기법을 제안한다.

- NDN 액세스 스테이션은 사용자들의 컨텐츠 요청에 대한 통계, 컨텐츠 트래픽에 관한 통계를 유지한다. 새로운 컨텐츠가 도달한 경우 기존 컨텐츠와의 유사성을 평가하여 컨텐츠의 인기를 계산 혹은 예측한다. 컨텐츠의 인기도, 컨텐츠의 변동주기, 컨텐츠의 크기, 기지국의 셀 범위 내에 있는 단말의 개수, 컨텐츠의 종류, 프라이버시 여부 등을 종합적으로 고려하여 브로드캐스트 혹은 유니캐스트로 전송한다. 브로드캐스트의 경우 셀룰라, WiMAX 네트워크는 브로드캐스트 채널을 활용할 수 있고 WiFi 는 브로드캐스트 주소를 사용할 수 있다.
- 각 단말은 자신의 컨텐츠 요청에 대한 통계를 유지한다. 컨텐츠가 브로드캐스트 되는 경우 단말은 자신이 유지하고 있는 통계 정보를 바탕으로 컨텐츠가 단시간 내에 사용자에게 의해 요청될지 여부를 판단한다. 일정 시간 내에 컨텐츠가 요청될 것으로 판단되는 경우 캐쉬 공간을 고려하여 브로드캐스트 되는 컨텐츠를 캐싱할 지 여부를 결정한다.
- 캐싱된 컨텐츠가 사용자에게 의해 요청되는 경우 컨텐츠 요청 패킷을 보내지 않고 저장된 컨텐츠를 사용자에게 직접 전달한다. 단 컨텐츠를 전달하기 전에 컨텐츠 서버에 컨텐츠에 대한 정보를 요청하여 컨텐츠의 변동 여부를 조사한다. 변동이 안된 경우 캐싱된 컨텐츠를 이용하고 변동 된 경우 새로 컨텐츠를 컨텐츠 서버에 요청하여 사용자에게 전달한다. 컨텐츠의 크기가 비교적 크다고 가정하면 컨텐츠 변동 여부를 조사하는 과정은 상대적인 오버헤드가 그리 크지 않을 것으로 판단된다.

VI. 결론

최근의 데이터 폭발 문제를 해결하고 인터넷을 보다 확장성 있게 만들기 위한 대안 아키텍처로서 NDN 아키텍처가 상당한 주목을 받고 있다. 이 논문에서는 무선의 특성을 고려하고 이를 최대한 활용함으로써 NDN 아키텍처를 확장하고, 이를 통해 무선환경에서 NDN 의 성능을 향상시킬 수 있는 기법을 제시하였다. 현재, 무선정보 공유 범위인 클러스터의 관리와 전송 결정 문제의 수학적 프레임워크로의 정형화에 연구의 초점을 두고 있다. 제안된 기법이 무선 NDN 아키텍처를 위한 첫걸음이 되고 NDN 연구자들에게 많은 영감을 줄 수 있을 것으로 기대한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 기초기술연구회의 NAP 과제 지원으로 수행되었음.
이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한
서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] V. Jacobson, D. K. Smetters, J. D. Thornton, M. F. Plass, N. H. Briggs, R. L. Braynard (PARC) " Networking named Content" , CoNEXT 2009, Rome, December, 2009.
- [2] Named Data Networking (NDN) Project.
<http://www.named-data.net/ndn-proj.pdf>
- [3] J. McNair, Fang Zhu, University of Florida, " Vertical Handoffs in Fourth-Generation Multinetwork Environments" , IEEE Wireless Communications, Jun 2004
- [4] Bohacek, S.; , "Performance Improvements Provided by Route Diversity in Multihop Wireless Networks," Mobile Computing, IEEE Transactions, March 2008
- [5] Tsigros, A.; Haas, Z.J.; , "Analysis of multipath Routing- Part I: the effect on the packet delivery ratio," Wireless Communications, IEEE Transactions on, Jan. 2004
- [6] Hao Wen, Chuang Lin, Fengyuan Ren, Yao Yue, Xiaomeng Huang, "Retransmission or Redundancy: Transmission Reliability in Wireless Sensor Networks," IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems Conference, 2007 IEEE International Conference on Mobile Adhoc and Sensor Systems, 2007
- [7] L. Breslau, P. Cao, L. Fan, G. Phillips, and S. Shenker, "Web caching and Zipf-like distributions: Evidence and implications," in Proc. IEEE INFOCOM, Mar. 1999, pp. 126-134.