

CCN에서의 콘텐츠 생산자 이동성 지원 방안

장성만, 홍충선*, 이성원
 경희대학교 컴퓨터 공학과
 {smjang, cshong*, drsungwon}@khu.ac.kr

Supporting Content Producer Mobility in CCN

Sungman Jang, Choong Seon Hong and Sungwon Lee
 Department of Computer Engineering, Kyung Hee University

요 약

인터넷 문화의 번영과 다양한 기기의 보급으로 누구나 콘텐츠 생성자가 될 수 있게 되었으며, 이는 무선 인터넷 환경의 발전과 함께하여 트래픽의 폭증을 야기하였다. 이러한 상황에서 콘텐츠의 효과적인 배포와 기존 IP 네트워크의 약점을 개선하기 위한 노력의 결과로 콘텐츠 중심 네트워크(Content Centric Network, CCN)가 주목받고 있다. CCN의 기본 설계상 콘텐츠 소비자의 이동성이 보장되지만, 콘텐츠 생성자의 이동성 문제는 여전히 도전적인 연구과제이다. 이 논문에서는 변화되는 무선 인터넷 접속양상을 고려하여 콘텐츠 생성자의 이동성을 지원하고자 하며, 특히 DS(Directory Service)를 사용하고 PT(PID Table)을 도입함으로써 라우팅시의 부하를 최소화 하고자 하였다. 또한 성능 평가를 통해 본 논문에서 제안한 방안의 유효성을 검증하였다.

1. 서 론

인터넷 문화가 발달함에 따라, 개인의 콘텐츠 제작과 (User Created Contents) 배포를 위한 다양한 프레임워크가 활성화 되었다. 또한 스마트폰과 같은 고성능 개인장비의 보급 및 발전으로 인하여 누구나 어디서든 쉽게 데이터를 생산하는 주체가 될 수 있게 되었다. 이와 더불어 4G 네트워크와 802.11ac 등의 고속 무선통신망의 도입으로 전체 인터넷 망에서 기대되는 처리용량은 지속적으로 증가하고 있다.

현재 널리 사용 중인 IP(Internet Protocol) 기반 네트워크에서는 일대일 통신으로 데이터의 배포가 이루어지며, 이에 따라 콘텐츠 생산자와 회선에 접속자 수만큼의 처리능력을 요구하였다. 이와 같은 배포에 대한 문제와, 그리고 기존에 제기되어왔던 여러 한계점들을 극복하기 위해 다양한 네트워크 모델이 제안되고 있으며, 그중에서 CCN(Content Centric Network)[1]에서는 콘텐츠의 위치보다 콘텐츠 그 자체에 초점을 두고 설계되었다. 특히 CCN의 각 라우터 내에는 콘텐츠를 보관가능한 CS(Content Store)가 존재하여, 전체 트래픽의 감소 효과 또한 기대할 수 있다.

CCN에서는 콘텐츠 소비자가 Interest 패킷을 발신하면 Data 패킷을 그에 대한 응답으로 전송하는 단순한 연결형태를 사용하며, 따라서 콘텐츠 생산자와 소비자간의 연결세션을 유지할 필요가 없으므로, CCN은 단말의 이동을 기본적으로 지원한다고 평가된다. 하지만 다른 여러 네트워크 구조에서와 마찬가지로, 콘텐츠 생산자가 연결을 끊고 다른 네트워크에 접속할 경우에 대한 지원이 미흡하여 이에 대한 연구가 이루어지고 있으며, 특히 서문에서 밝힌 개인 이

동 사용자의 콘텐츠 생산자화라는 시대의 흐름을 고려한다면 이 문제는 조속히 해결되어야 할 문제이다.

이 논문에서는 더 나아가, 점차 무선 인터넷망이 공공재화로 인식되고, 이동 단말이 광범위하게 보급되는 현상을 고려하여, 특정 네트워크에 국한되지 않는 콘텐츠 생산자의 관점에서 이동성을 지원할 방안을 분석하고 제시하고자 한다.

2. 관련연구

2.1 Mobile IPv6

IPv4의 주소고갈 문제와 데이터 보안 문제등을 개선하기 위해 고안된 IPv6에서는 확장된 Option Field를 사용하여 IPv4에서보다 더욱 효율적이고 안정적으로 이동성을 지원한다. IPv6을 위해 규정된 대표적인 이동성 프로토콜로 Mobile IPv6[2]가 있으며 이에 대해 FMIPv6, PMIPv6, DSMIPv6 등의 다양한 확장이 존재한다. 하지만 이들은 특정 HA(Home Agent)를 거쳐 통신이 이루어지므로 HA에 대한 트래픽 집중 현상이 발생한다. 최근에는 이와 같은 트래픽의 밀집을 분산시키고자 IETF의 DMM(Distributed Mobility Management) Working Group이 결성되어 이동노드에 가까이 위치한 라우터에서 단말 이동성을 처리하는 방안을 모색하고 있다.

2.2 CCN(Content Centric Network)

기존 IP네트워크에서 데이터를 받기 위해서는 상대 호스트의 IP를 알고, 라우팅 과정을 통해 호스트까지의 연결을 수립한 후 1:1 방식으로 통신을 수행해야 한다. 하지만 PARC의 Van Jacobson이 처음으로 주창한 콘텐츠 중심 네트워크(Content Centric Network, CCN)[1]에서는 콘텐츠의

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

위치보다는 어떤 콘텐츠를 받을 것인가에 초점을 두며, 이를 위해 Interest와 Data패킷의 상호 교환으로 통신이 이루어진다. 또한 라우터 내의 일종의 캐시인 Content Store를 사용함으로써 콘텐츠의 배포를 빠르고 효율적으로 수행할 수 있다. CCN의 대표적인 구현체로써 CCNx 프로젝트가 있으며, 이 프로젝트에서는 콘텐츠의 이름을 표현하는데에 RFC 3986(URI Generic Syntax)를 따른다.

3. 제안사항

콘텐츠 생산자의 이동성에 관한 문제는 콘텐츠 소비자의 이동성과 비교할 때 더욱 도전적이다. CCN 환경에서 콘텐츠 소비자는 원하는 콘텐츠에 대한 Interest를 발송함으로써 통신이 시작된다. 통신 도중에 다른 네트워크로 이동하는 경우, CCN에서는 통신상에서 세션에 대한 고려와 위치에 대한 의존성을 배제하였기 때문에, 콘텐츠 소비자는 단순히 Interest를 재발송하는 것으로 통신을 재개할 수 있다. 하지만 콘텐츠 생산자가 이동하는 경우, 콘텐츠 생산자의 위치정보가 네트워크 전역으로 갱신되어야 하며, 이 과정에서 얼마나 효율적이고 빠르게 해당 정보가 갱신되느냐가 콘텐츠 생산자 이동성 연구의 핵심이라 할 수 있다.

아래에 제시되는 연구에서는, 콘텐츠 생산자가 특정 네트워크에 고정되어 속하지 않고 다양한 네트워크에 자유롭게 빈번하게 방문하는 디지털 유목민(digital nomad)의 형태를 가진다고 가정한다. 또한 콘텐츠 생산자가 제공하는 콘텐츠는 방송 및 화상회의와 같은 라이브 스트리밍형태의 비디오로써, 콘텐츠를 받아오기 위해 콘텐츠 생산자에 해당 콘텐츠를 요청하는 Interest가 도달해야 하는 제한적인 CCN 환경을 고려한다.

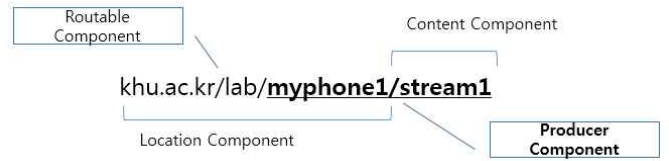
CCN에서 Interest 패킷의 전달은 FIB(Forwarding Information Base)의 정보를 기반으로 이루어진다. 콘텐츠 생산자가 네트워크에 접속할 때, 네트워크에 자신의 Prefix 정보를 등록하는 Register 동작을 수행한다. 이 과정을 통하여 해당 콘텐츠 생산자의 Prefix와, 생산자에 연결 가능한 인터페이스 정보가 FIB 내에 추가되고, 이 정보는 다른 라우터로도 전파된다. 이 과정 이후 Interest가 수신되는 경우, Interest내에 포함되는 콘텐츠 이름과 FIB 기록을 비교하여 최대한 일치하는(longest prefix matching) 기록상의 Interface로 Interest를 Forward한다.

기존의 이동성 연구에서는 콘텐츠 생산자가 이동 할 때마다 생산자의 정보를 가지는 모든 라우터에 대해 FIB 정보를 갱신해 주어야 하는 부담이 있었다. 그 결과로 최적의 경로를 탐색하는 과정이 수행되어야 할 뿐 아니라, FIB 갱신이 즉각적으로 이루어지지 않는 경우, 해당 노드에 대해 오래된 잘못된 기록이 그대로 남아있게 되는 Pollution 문제를 야기하여 통신상의 혼란을 초래할 수도 있다.

하지만 [그림 2] 와 같이, Interest에 대한 이름을 개념적으로 두 부분으로 나누어 라우팅에 사용되는 이름과 콘텐츠 생산자 관점에서의 콘텐츠 이름으로 구분하게 된다면, 콘텐츠 생산자 일정 시간동안 Convergence를 이룬 FIB에 대한 변경이 없이도 이동성을 지원할 수 있으며, 또한 위치 변경에 더욱 능동적으로 대처할 수 있다.

또한 콘텐츠 생산자의 네트워크 위치를 고려할 필요 없

이 생산자의 이름과 콘텐츠의 이름만으로 콘텐츠를 받을 수 있다는 점은 더욱 CCN 구조에 적합하다 할 수 있다.

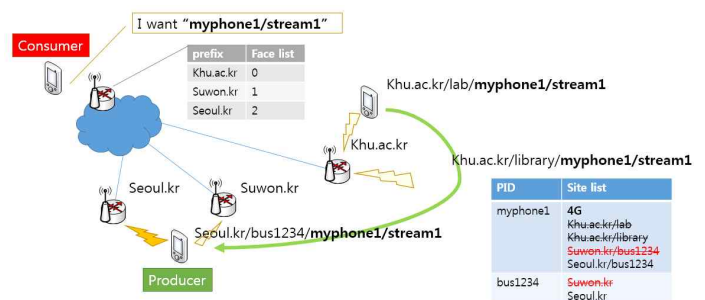


[그림 2] CCN의 이름 컴포넌트

이 연구의 시나리오로, [그림 3]에서의 이동 시나리오가 제시될 수 있다. 콘텐츠 소비자는 콘텐츠 생산자 myphone1이 생성하는 stream1을 받고자 한다. 정보 수신에 앞서, 콘텐츠 생산자가 속한 네트워크의 정보를 알아내기 위해 콘텐츠 소비자는 Inquiry Interest를 로컬/원격 DS(Directory Service)에 전송한다. DS에서는 myphone1에 해당하는 정보를 PT(Producer-ID Table)에서 검색하여, 해당 콘텐츠 생산자의 페이스들이 연결되어있는 네트워크 정보(도메인)를 가지는 Data 패킷을 반환한다. 그리고, 콘텐츠 생산자의 단말이 WiFi 와 3G/LTE망에 연결 가능한, 스마트폰과 같은 Multi-homed기기일 경우 연결된 다수의 네트워크 정보가 반환되므로, CCN의 Multipath기능을 통하여 더욱 안정적이고 빠른 콘텐츠 전송이 가능해진다.

이름	동작
/Directory/Register/PID	자신을 현재 도메인에 등록
/Directory/Inquiry/PID	해당 PID의 도메인 조회
/Directory/Update/PID	PID 정보 업데이트

[표 1] Directory가 지원하는 동작



[그림 3] 이동성 지원 시나리오

단말의 등록과 조회 과정을 [표 1]과 [그림 3]에 근거하여 상세히 서술하자면 다음과 같다. 우선 이동단말은 자신의 prefix상에 자신의 네트워크 정보가 수시로 변할 수 있다는 것을 명시할 수 있다. 이를 통해 DS의 활성화 뿐 아니라 CCN 네트워크의 Registration 과정에서의 의도치 않은 FIB 엔트리 변경을 방지할 수 있다. CCNx의 구현에서 CCNx URI Scheme의 준수를 위하여, 자신의 prefix 앞에 ‘_’ 기호를 첨가하는 방법을 사용할 수 있다. 예를 들어 [그림 2]에서의 이름을 이에 적용하는 경우 다음과 같이 표현할 수 있다. khu.ac.kr/lab/_myphone1/stream1

기본적으로 단말은 CCN 네트워크에 접속하면 Register Interest를 발송하여 현재 네트워크에 자신의 prefix를 등록한다. 본 제안에서는 Register Interest 처리를 위해

Interest 처리기의 동작을 수정한다. ‘_’가 앞에 붙은 prefix를 가지는 Register Interest가 라우터에 수신되는 경우, 해당 FIB의 확산을 방지하기 위해 해당 Interest를 forward하지 않고, 대신 DS에 정보를 등록하기 위하여 /Directory/Register/_myphone1 의 이름을 가지는 Directory Register Interest를 생성하여 forward한다. forward 과정에서 해당 PID에 대한 정보가 확산되며, 로컬 DS에 도달한 이 정보는 저장되고 원격의 DS와 동기화가 이루어진다. 정보 전달의 효율성을 위하여 원격 DS는 계층적인 구조를 취할 수 있다.

컨텐츠 생성자와 분리된 네트워크에 위치한 컨텐츠 소비자는 컨텐츠 생성자의 네트워크 정보(도메인)에 대해 인지하지 못할 수 있다. 이러한 경우, 컨텐츠 소비자는 로컬 DS에 컨텐츠 생성자에 대한 도메인 정보를 다음 형태의 Inquiry Interest를 사용하여 요청할 수 있다. /Directory/Inquiry/_myphone1

이에 대한 응답으로 DS는 4G와 khu.ac.kr/lab이라는 도메인 정보를 반환하며(이는 현재 컨텐츠 생성자가 4G 네트워크와 khu.ac.kr/lab 네트워크에 연결되어 있다는 것을 의미한다), 역시 이 과정에서 컨텐츠 생성자의 네트워크 정보가 확산된다.

따라서 이 정보를 바탕으로 컨텐츠 소비자는 [그림 2]에서와 같이, 컨텐츠 생성자의 네트워크 정보와(Location Component)와 컨텐츠 정보(Content Component)를 결합한 형태의 이름을 갖는 Interest들을 발송할 수 있으며, 위의 경우에는 다음과 같은 이름을 가지게 된다.

4G/_myphone1/stream1, khu.ac.kr/lab/_myphone1/stream.

이때, 어느 face에 Interest를 보낼 것인지, 혹은 어떤 face으로부터, 어떤 기준으로 들어오는 Data를 처리할 것인지에 대해서는 네트워크상의 변화 없이 CCN이 규정하는 Policy layer에서 정의할 수 있으므로 네트워크에 상황에 맞는 Policy를 설정하면 더욱 능동적인 이동성 처리로 안정성과 성능향상을 꾀할 수 있다.

또한, 컨텐츠 생산자가 현재 네트워크에서 접속이 해제되고 다른 네트워크로 이동을 준비하는 과정에, 컨텐츠 소비자가 이전 네트워크 정보를 기반으로 Interest 패킷을 보내는 경우를 생각할 수 있다. 만약 Interest 패킷이 이전 네트워크 내부에 도달하는 경우, Interest 패킷을 받은 네트워크의 각 라우터에서는 컨텐츠 생산자가 머물렀던 경로를 향하여 PIT 항목이 생성된다. 그리고 CCN의 기본 설계에 의하여 timeout 이전까지는 PIT 내에 Interest 정보가 남아있게 된다.

등록한 경우, DS는 Update Interest 메시지를 통하여 로컬 및 원격 DS에서 PT상에 남아있는 이전 네트워크 기록을 갱신한다. 컨텐츠 소비자가 속한 네트워크와 컨텐츠 생산자가 속했던 네트워크상에서 PT 갱신작업이 이루어지는 과정에서 더 이상 유효하지 않은 도메인 정보를 갖는 PIT를 항목이 검색되는 경우, 새로운 도메인 정보를 기반으로 유효한 Interest 패킷을 생성하여 다시 요청할 수 있다. 이 과정을 통하여 끊김없는(Seamless) 통신이 가능하며, 또한 Multipath로 Interest가 전송됨에 따라 컨텐츠 생산자로 향하는 최적 경로로 컨텐츠가 전송될 수 있다.

3. 성능평가

[그림 4]에서의 시나리오대로, 컨텐츠 생산자와 소비자는 무선으로 네트워크에 연결되고 그 사이는 3개의 유선 라우터로 서로 연결한 토폴로지를 구성하였다. ndnSIM 프로젝트[4]를 기반으로 성능평가를 진행하였으며, 제안된 기법과의 비교를 위하여 Mobile IP에서의 HA의 기능을 수행하는 라우터가 추가된 네트워크를 대조군으로 설정하였다. 이미 데이터를 얻기위해 Interest 발송하거나 혹은 UDP 요청을 한 상황에서 핸드오버가 발생하고, 그 후 다시 한 번 데이터 전송을 시도하는 과정을 시뮬레이션 한 결과, 컨텐츠의 크기가 1kb일 때 11%의 지연시간 단축이 이뤄졌으며, 컨텐츠의 크기가 증가할수록 지연시간은 더욱 단축되었다.

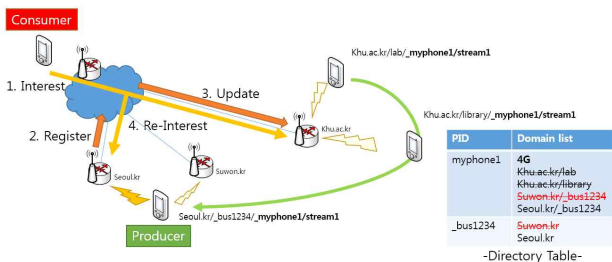
4. 결론 및 향후연구

CCN은 기존 IP 네트워크가 중시하던 컨텐츠의 위치인 “Where” 보다 “What” 에 초점을 두어 설계되었다. 제안한 구조에서는 현재 컨텐츠 생산자가 접속한 위치와 생산자 자체를 분리함으로써 컨텐츠에 더욱 집중된 형태를 보여준다. 또한 CCN 라우팅의 기반이 되는 FIB를 수정하지 않은 채 컨텐츠 생산자의 네트워크 정보를 사용하여 패킷을 전송함으로써 FIB 변경에 따른 오버헤드를 줄이고 Convergence를 보장한다.

본 연구를 더욱 확장하여, 현재 단말 상에서 이뤄지는 (Host-based) DS 사용 요청을 네트워크상에서 (Network-based) 처리하도록 변경하여, 단말에서의 연산을 줄일 뿐 아니라 네트워크상의 시그널링을 감소하도록 개선할 수 있다. 그리고 이동 단말과 고정 단말에 대한 처리를 통합하는 방안과, 또한 수년간 연구가 이루어진 Mobile IPv6 등에서의 기법을 적극 활용한다면, 더욱 최적화된 이동성 지원이 가능할 것이다.

참고 문헌

[1] Van Jacobson et. al., “Networking Named Content“, CoNEXT '09, 2009
 [2] Charles E. Perkins et. al., RFC6275, Mobility Support in IPv6, 2011
 [3] CCNx Basic Name Conventions, ccnx.org
 [4] Named Data Networking (NDN) simulator, ndnsim.net
 [5] Van Jacobson et. al., “VoCCN: Voice Over Content-Centric Networks” , ACM ReArch' 09, 2009



[그림 4] 핸드오버 시나리오

이 도중에 컨텐츠 생산자가 다른 네트워크에 성공적으로