

가상 파일 시스템 기반 정보 중심 네트워킹 기술

김태연, 전홍석, 이범철
한국전자통신연구원 스마트노드플랫폼연구실
e-mail:tykim@etri.re.kr

Information-Centric Networking Technology based on Virtual File System

TaeYeon Kim, HongSeok Jeon, BumChul Lee
ETRI

요 약

본 논문은 클라이언트에게 콘텐츠를 서비스하는 스트리밍 서버 등에서 정보 중심 네트워크와 연동하기 위하여 가상 파일 시스템을 이용하는 방법을 설명한다. 특히 콘텐츠의 식별자를 포함하는 파일 오버레이션을 통하여 콘텐츠 서버와 정보 중심 네트워킹 노드와 연동함으로써 콘텐츠 서비스 프로토콜과 정보 중심 네트워킹 프로토콜간의 독립성을 유지할 수 있다.

1. 서론

정보 중심적 네트워킹 기술은 기존 인터넷 기술의 IP 주소의 고갈 이외에도 호스트 이동성을 지원하기 어려운 단점 등을 극복하기 위하여 제안된 기술이다[1-3]. 특히 현재 인터넷 트래픽의 대부분을 콘텐츠가 점유하고 있다는 점에서 중요성을 더해가고 있다. 지금의 인터넷은 전적으로 주소 중심적인 취득방식에 초점을 맞춘다. 즉, 콘텐츠를 취득하기 위해서는 콘텐츠를 제공하는 서버에 접속하여야 한다. 그러나 콘텐츠 소비자는 콘텐츠를 취득할 수만 있으면 그 콘텐츠가 어디로부터 오는지에 대해서는 상관하지 않는다.

따라서 정보 중심적 네트워킹 기술은 IP 주소가 아닌 콘텐츠 식별자에 기반을 두는 전송 구조를 가지며 네트워크에 어떤 식별자를 갖는 콘텐츠를 취득하려 하는지를 표현하면, 네트워크는 해당 콘텐츠를 제공하기만 하면 되는 것이다. 또한 콘텐츠를 어디로부터 전송하는지가 중요하지 않기 때문에, 네트워크에 포설되는 전송 장치에 캐시(cache)를 설치하여 콘텐츠를 서비스한다. 즉, 망 장비는 콘텐츠 요청 패킷에 대한 응답을 보내기 전에 캐시를 조회하여 요청 패킷에 대한 응답을 보내기 적합한 자료가 저장되어 있는 경우, 요청 패킷을 중계(relay)하는 대신 해당 자료를 사용해 응답 패킷을 만들어 전송한다.

본 논문에서는 사용자에게 스트리밍 서비스와 같은 콘텐츠 서비스를 제공하는 콘텐츠 서버와 정보 중심 네트워크에서 콘텐츠를 식별하고 콘텐츠가 있는 위치를 알아내고 해당 노드로 콘텐츠를 전달받기 위한 정보 중심 노드 사이에 가상 파일 시스템을 이용한 인터페이스 방법을 설명한다.

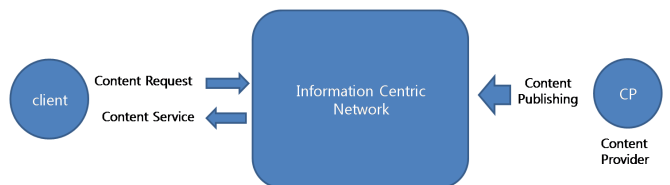
본 논문에서 제안하는 기술은 인터넷을 이용한 콘텐츠

서비스에 적용되며 특히 사용자 요구 기반 동영상(VoD: Video on Demand)과 같은 서비스를 제공하는 스트리밍 프로토콜이나 스트리밍 서버의 종류 등과 무관하게 정보 중심 네트워크에서 효율적이고 독립적인 방법으로 콘텐츠를 제공하는데 적용된다.

2. 연구배경

일반적으로 유통되는 콘텐츠를 제공하는 서버들이 한 사이트에 집중되어 있는 경우 급증하는 콘텐츠의 수와 고화질 고품질에 대한 사용자의 요구 등을 감안할 때 모든 예상되는 콘텐츠를 하나의 사이트에 저장하는 것은 확장성에 문제를 야기시키고 특정 사이트에 집중되는 서비스 요청에 따라서 네트워크 대역의 부족 등으로 서비스 품질의 열화를 초래할 가능성이 높은 문제점을 안고 있다.

로컬 저장소가 아닌 외부의 저장소에 콘텐츠가 있다고 하더라도 콘텐츠 요구가 집중되고 중복되는 문제를 여전히 안고 있으며 이를 해결하기 위한 방안의 하나로 CCN(Content-Centric Networking) 기술이 제안된 바 있다. CCN에서는 계층적 식별자(hierarchical identifier)를 사용하고 있다. 하지만 CCN에서 사용하는 계층적 식별자는 그 길이에 제한이 없어서 전송 장비가 패킷 전송을 위해 사용하기에는 부적절하다는 문제점 등을 안고 있다.



<그림 1> 정보 중심 네트워크 서비스 개념도

이러한 문제에 대한 방안으로 콘텐츠에 대해서 계층정보가 없는 ID를 사용하고 이러한 ID를 기반으로 네트워크에서 청크된 콘텐츠 조각들을 효율적으로 찾아서 서비스하기 위한 ID 기반의 정보 중심 네트워킹 방안이 제기된 바 있다[4]. 하지만 콘텐츠 서비스노드로 요청되는 사용자의 콘텐츠 서비스 프로토콜을 통하여 콘텐츠 ID가 추출된다 하더라도 정보 중심 네트워킹에서 필요로 하는 콘텐츠 전달 프로토콜(콘텐츠 라우팅 및 전달 프로토콜)과 연동되기 위해서는 프로토콜 변환 작업이 필요하다. 하지만 사용자 서비스 스트리밍 프로토콜은 다양한 서비스와 방식으로 진화되고 있는 가운데 모든 프로토콜별로 변환을 하는 것은 오버헤드를 발생시킨다. 따라서 이들간에 서로 독립적인 인터페이스가 요구된다.

또한 콘텐츠 네트워크를 구성하는 서버, 스토리지, 네트워킹 자원(예: 스위치 또는 라우터)의 최적화와 효율성 증대를 위하여 콘텐츠 네트워크가 여러 서비스 제공자에 의해 공유되어 사용이 가능하여야 한다. 이 때 각 서비스 제공자는 고유한 자신의 콘텐츠 전달 프로토콜을 사용할 수 있어야 한다. 따라서 콘텐츠 네트워크에서는 다양한 콘텐츠 전달 프로토콜을 지원하기 위한 인터페이스와 구조를 갖추어야 한다.

3. 정보 중심 네트워크와 서비스 프로토콜

정보 중심 네트워크는 사용자가 요구하는 콘텐츠를 네트워크 외부의 서버가 아닌 네트워크 내부에서 사용자 요청에 따라 원하는 콘텐츠를 사용자에게 전달 및 서비스하는 형태의 모든 네트워크를 통칭한다. 따라서 사용자 즉, 클라이언트와의 인터페이스가 필수적이며 또한 콘텐츠가 네트워크 내에서 유통되기 위해서는 콘텐츠를 보유하고 있는 콘텐츠 제공자와의 인터페이스를 통하여 네트워크 내부에 콘텐츠를 발행하는 인터페이스 또한 필수적이라고 볼 수 있다. 정보 중심 네트워크에서는 발행된 콘텐츠를 네트워크를 구성하는 노드에 최적화된 형태로 분산 저장하고 있으며 사용자가 서비스를 요청하는 시점에서 원하는 콘텐츠를 발견하고 이를 최적의 노드에서 콘텐츠 서비스를 제공하기 위한 기능을 수행한다.

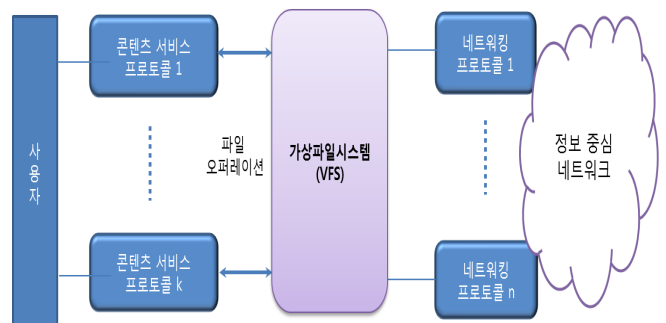
정보 중심 네트워크를 구성하는 네트워크 노드는 스위치나 라우터와 같은 네트워크 장비로만 구성되지 않고 네트워크 장비와 함께 콘텐츠 제공을 위한 서버와 스토리지 등이 함께 구비되어 있다. 따라서 이와 같은 정보 중심 네트워크 노드에서는 사용자 쪽으로 콘텐츠 서비스 제공을 위한 콘텐츠 서버가 동작되어 사용자에게 비디오 스트리밍과 같은 서비스를 제공하며, 네트워크 쪽으로는 스위치나 라우터 등의 네트워크 장비와 서버나 스토리지를 이용한 정보 중심 네트워킹 서버가 동작이 되어 네트워크에 분산되어 있는 콘텐츠를 찾고 네트워크를 통해서 전달하는 기능을 수행한다.

따라서 정보 중심 네트워크의 노드 내에 함께 존재하는 콘텐츠 서버와 정보 중심 네트워킹 서버 간에 인터페

이스가 필요하다. 콘텐츠 서비스는 대표적인 비디오 서비스를 포함해서 대용량 데이터 서비스와 같은 다양한 서비스 등이 있으며 각 서비스마다 다양한 프로토콜이 있으며 정보 중심 네트워킹 프로토콜과 연동되어 사용자에게 서비스를 제공하여야 한다. 이를 위해서 본 논문에서는 가상 파일 시스템을 이용해서 콘텐츠 제공서비스를 위한 콘텐츠 서버와 정보 중심 네트워킹 서버간의 연동방안을 제시한다. 사용자는 다양한 콘텐츠 서비스 프로토콜을 통해서 다양한 서비스를 요청한다. 예를 들어서 실시간 스트리밍을 위한 RTSP(Real-Time Streaming Protocol)이나 Http 방식을 이용한 HAS(Http Adaptive Streaming) 방식 등이 많이 사용되며, 단순히 파일 전송을 위한 FTP 등의 프로토콜이나 P2P 프로토콜 등이 사용되기도 한다. 이러한 콘텐츠 서비스 프로토콜은 다양하게 진화되고 있다.

또한 정보 중심 네트워크는 하나의 콘텐츠 제공자나 네트워크 사업자에 의해서 전용되기보다는 다양한 서비스 제공자에 의해서 공유가 가능하여야 한다. 이는 네트워크 자원의 효율적 이용과 함께 서비스를 네트워크 내에서 최적의 방식으로 제공함에 따라서 사용자의 서비스 품질을 고도화 하기 위한 목적이다. 따라서 정보 중심 네트워크는 다양한 서비스 제공자들에 의해서 공유될 수 있으며 이들은 자신만의 고유한 정보 중심 네트워킹 프로토콜을 사용할 수 있다. 예를 들어 P2P 전달 프로토콜을 사용하거나 Http 혹은 전통적인 TCP나 UDP를 이용하기도 하고 어떠한 경우에는 CCN이나 그 밖의 고유한 정보 중심 네트워킹 프로토콜을 이용할 수도 있다.

이와 같이 다양한 콘텐츠 서비스 프로토콜과 다양한 콘텐츠 전달을 위한 정보 중심 네트워킹 프로토콜 사이에 일관된 표준 인터페이스 없이는 복잡한 프로토콜의 변환이 계속적으로 이루어져야 하는 문제점이 있으므로 그림 2와 같이 파일 오퍼레이션을 통해서 콘텐츠 서비스 프로토콜은 마치 파일 오퍼레이션을 통해서 콘텐츠 파일을 액세스하게 되면 서로 다른 프로토콜 간의 동일한 인터페이스를 제공하게 된다. 파일 오퍼레이션은 File_open, File_read 등과 같은 사용자 공간의 파일 처리 오퍼레이션과 동일하다.



<그림 2> 가상 파일 시스템 프로토콜 연동

4. 가상 파일 시스템

4.1 가상 파일 시스템 구조

그림 3에서 보는 바와 같이 정보 중심 네트워크 가상 파일시스템은 크게 네 개의 기능 블록으로 구성이 된다. 파일시스템 함수 처리부는 콘텐츠 서비스 프로토콜과 연동되어 요구하는 파일에 대한 오퍼레이션을 처리한다. 콘텐츠 서비스 프로토콜을 통해서 파일 오퍼레이션이 콜백 함수와 매핑이 되며, 파일 오퍼레이션이 수행되는 시점에 관련된 콜백 함수가 호출되어 수행된다.

캐시 제어부는 노드 내에 저장되어 있는 저장소인 캐시를 관리한다. 파일 오퍼레이션을 통해서 특정 콘텐츠에 대한 처리 요청이 있는 경우 노드 내의 캐시 관리를 통해서 해당 콘텐츠 파일을 처리한다. 예를 들어서 콘텐츠에 대한 파일의 Read 요청이 있는 경우 콘텐츠 서비스 프로토콜이 요구하는 파일이 시스템의 캐시에 저장되어 있는지의 여부가 우선적으로 확인되어야 한다. 만일 요구하는 파일이 시스템의 캐시에 저장되어 있는 경우라면 캐시에 저장되어 있는 파일을 추출하고 이를 파일시스템 함수 처리부에 전달해서 파일 시스템 함수에 대한 응답으로 처리되어 콘텐츠 서비스 프로토콜에 이용되어야 한다.

만일 노드 내의 캐시에 저장되어 있지 않은 경우에는 콘텐츠 네트워크에 분산되어 있는 또 다른 노드를 통해서 해당 콘텐츠를 찾아서 전달받아야 한다. 프로토콜 정합부에서는 파일시스템의 함수 처리부에서 요구하는 파일에 대해서 캐시에서 발견할 수 없는 경우에 콘텐츠 전달 프로토콜을 통해서 해당 콘텐츠의 위치를 찾고 이에 대한 경로를 통해서 최적의 콘텐츠 전달이 이루어질 수 있도록 콘텐츠 전달 프로토콜과의 인터페이스를 담당하게 된다.

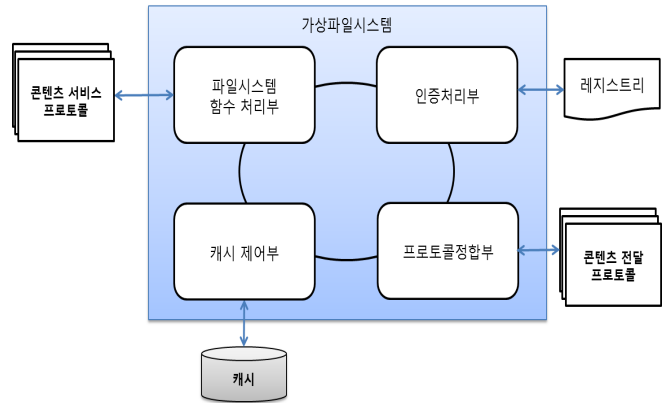
그림 3에서 콘텐츠 전달 프로토콜이 하나 이상이 가능하도록 도식되어 있는 이유는 하나의 콘텐츠 네트워크가 여러 서비스제공자에 의해서 그들의 고유한 프로토콜을 통해서 콘텐츠 전달이 이루어지는 경우에 상기의 복수 서비스제공자에 따르는 복수의 콘텐츠 프로토콜과의 연동이 가능하며 복수의 콘텐츠 프로토콜에 따라서 분기하는 기능이 프로토콜 정합부의 기능에 포함되어 있음을 나타낸다.

인증처리부는 가상파일시스템과 콘텐츠의 관리를 위한 Registry간에 이루어진다. 콘텐츠의 위치를 관리하는 Registry는 콘텐츠가 정보 중심 네트워크에 발행되는 시점에서 해당하는 노드와 콘텐츠 식별자와 연관관계를 기록하고 있는 저장소를 말한다. 인증처리부에서는 파일이 Open되는 시점에서 해당 콘텐츠가 유효한 콘텐츠인지 즉, 정보 중심 네트워크에 배포된 콘텐츠인지 아닌지를 확인하고 배포된 콘텐츠인 경우에는 해당 콘텐츠가 위치한 노드의 주소정보를 읽어들이는다.

4.2 가상 파일 시스템 연동

콘텐츠 서비스 프로토콜을 처리하는 콘텐츠 서버에서

파일 오퍼레이션을 통해서 사용자에게 콘텐츠 서비스를 제공하는 절차는 다음과 같다.



<그림 3> 정보 중심 네트워크 가상파일시스템 구조도

사용자 단말에서 HTTP 프로토콜 등을 통해서 접근이 되는 경우에 콘텐츠 서버의 파일 오퍼레이션인 Open(File_Name) 명령은 정보 중심 네트워킹 서버에서 파일의 인증(authentication)에 해당한다. 즉 콘텐츠의 유효성 확인이 Open 명령어와 함께 수행이 된다.

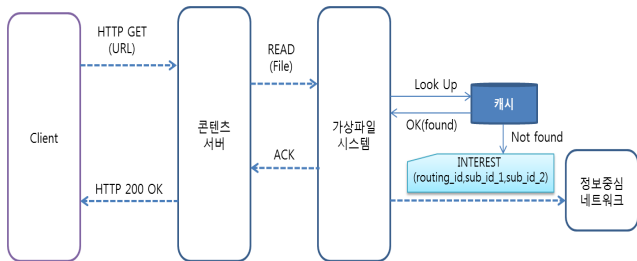
우선 File_Name으로부터 콘텐츠 전송식별자를 추출하게 되고 이어서 콘텐츠 전송식별자를 통해서 해당 콘텐츠가 네트워크에 발행된 콘텐츠인지 여부와 해당 콘텐츠의 발간 정보를 얻기 위해 Registry로 질의한다. Registry에서는 콘텐츠의 식별자가 유효한 식별자인지 즉, 발행된 콘텐츠인지를 확인한다. 정보 중심 네트워크에서 정상적으로 발행, 배포된 유효한 콘텐츠인 경우에 해당 콘텐츠의 위치 정보(예: 콘텐츠 서비스 노드의 IP 주소)를 반환하게 된다. 가상파일시스템에서는 반환된 결과와 콘텐츠의 위치 정보를 기억하고 이후 정보 중심 네트워킹 프로토콜에 이용한다. 이상의 절차를 거쳐서 파일의 Open에 대한 처리가 이루어진다.

파일 Open에 이어서 파일 정보를 실제로 읽어들이기 위한 파일의 Read 오퍼레이션과 이에 따르는 가상파일시스템 동작은 그림 4와 같다. 콘텐츠 서버에서 파일을 Read() 하게 되면, 가상파일시스템에서는 자신의 노드에 있는 캐시에 해당하는 정보가 있는지 확인을 하게 된다. 캐시에 해당 정보가 있을 경우에는 정보 중심 네트워크를 통해서 데이터를 가지고 올 필요가 없으므로 해당하는 콘텐츠 정보를 Read 명령에 대한 응답으로 전달해 주면 된다.

만일 캐시가 원하는 콘텐츠 정보를 가지고 있지 않은 경우에는 해당하는 콘텐츠 정보를 획득하기 위한 INTEREST 패킷을 구성하여 정보 중심 네트워킹 프로토콜에 의해서 전송하고 이에 대한 응답으로 콘텐츠 데이터를 수신하여 해당하는 파일을 찾는다. INTEREST 패킷은 정보 중심 네트워크에서 정의한 프로토콜에 의해서 일정한 크기의 데이터 조각 단위로 운용되며 이를 청크

(chunk)라 한다. 따라서 콘텐츠 서버의 Read 명령에 따라서 일련의 청크 단위의 INTEREST 패킷이 생성이 되어야 한다. 이러한 청크 단위의 INTEREST 패킷을 구성하기 위해서는 다음의 정보들이 필요하다.

- 콘텐츠가 배포된 노드의 주소정보
- 콘텐츠의 전송식별자 정보
- 콘텐츠의 하위식별자 정보



<그림 4> File Read에 따른 가상 파일 시스템 연동

콘텐츠 서버에서 파일을 Read 할때 File_Name, Offset, Size 가 명시된다. File_Name은 특정한 콘텐츠 파일을 가리키며 File_Name에는 파일의 유일성 확인이 가능한 정보를 포함하고 있어야 한다. 즉 File_Name에 포함되어 있는 식별자 정보를 조합하여 유일한 콘텐츠의 식별이 가능하여야 하는데, 예를 들어서 하나의 FTP와 같은 특정 파일이 하나의 식별자로 구분이 가능한 경우에는 File_Name에 하나의 식별자 정보만 있으면 정보 중심 네트워크에서 식별되어 콘텐츠에 대한 접근이 가능하다.

하지만 HAS(Http Adaptive Streaming)과 같은 동일한 콘텐츠가 여러 품질의 비트레이트(bitrate)로 인코딩되어 있는 경우에는 하나의 전송식별자를 통해서 콘텐츠 구분이 되지 않으며, 필요한 경우에 사용자 단말의 요구에 따라서 비트레이트를 변경하여 전송하여야 하는 경우가 발생한다. 이러한 경우에는 전송식별자 정보와 비트레이트 정보가 함께 File_Name에 지정되어 파일이 구분되어야 한다. 이 때 INTEREST 패킷의 구성에 필요한 청크 단위의 콘텐츠 식별자의 구성 방법은 다음과 같다.

- (1) File_Read 함수에서 명시된 File_Name에서 콘텐츠의 전송식별자(routing_id)를 추출한다.
- (2) File_Read 함수에서 명시된 File_Name에서 콘텐츠의 하위식별자_1(sub_id_1)을 추출한다. 이 때 하위식별자_1은 콘텐츠의 품질에 해당하는 비트레이트 정보가 될 수 있다.
- (3) File_Read 함수에서 명시된 File_Name에서 콘텐츠의 하위식별자_2(sub_id_2)를 추출한다. 하위식별자_2는 청크 단위의 식별자에 해당하며 다음과 같은 방법으로 추출이 가능하다.
- (4) $sub_id_2 = \text{floor}(x/M) \text{ to } \text{floor}((x+sz)/M)$
- (5) 이 때 x는 파일의 offset 정보에 해당하며 sz는 읽어들이고자 하는 파일의 크기이다. M은 정보 중심 네트워크의 청크 크기(chunk size)를 나타낸다.

결국 정보 중심 네트워크에서 정보를 찾기 위한 INTEREST 패킷에 기록되어 프로토콜로 전송이 되는 콘텐츠의 식별자는 전송식별자, 하위식별자_1, 하위식별자_2 이상 세 가지 정보의 조합으로 구성된다.

5. 결론

정보 중심 네트워크에서는 콘텐츠를 이용하는 다양한 사용자의 서비스 프로토콜을 지원하여야 한다. 또한 정보 중심 네트워크는 다수의 서비스 제공자가 공유 가능한 구조적 특징을 가지므로 콘텐츠 서비스를 위해서 서로 다른 네트워킹 프로토콜이 수용되어야 한다. 이와 같이 서로 다른 복수의 콘텐츠 프로토콜과 정보 중심 네트워킹 프로토콜 상호간에 복잡한 프로토콜 연동을 하기 위해서는 별도의 프로토콜 연동 방안이 요구되며 이러한 복잡성을 피하고 일관된 인터페이스를 제공하기 위해서 정보 중심 네트워킹 가상파일시스템이 제안되었다.

정보중심네트워킹 가상파일시스템을 통해서 다양한 사용자의 프로토콜을 수용하고 네트워크를 여러 서비스제공자가 공유하면서도 동일한 인터페이스를 통해서 연동되므로 새로운 서비스 프로토콜이나 서비스 제공자가 네트워크를 공유하는 경우에도 파일시스템을 통해서 접속이 되므로 별도의 프로토콜 변환 등이 필요없는 높은 확장성을 제공한다.

또한 본 논문에서는 정보중심네트워크 프로토콜에서 사용자가 원하는 콘텐츠 정보를 획득하기 위한 콘텐츠 식별, 검색, 전달 등의 일련의 작업들이 파일시스템을 통해서 연동하는 절차를 제시하였다.

감사의 글

본 연구는 방송통신위원회의 방송통신기술개발사업의 연구결과로 수행되었음(12-921-05-001: 고화질 영상 서비스 지원을 위한 컴퓨팅 내재형 미디어 융합 전달 시스템 기술 개발)

참고문헌

- [1] V. Jacobson, D.K. Smetters, J.D. Thornton, M.F. Plass, N.H. Briggs, and R.L. Braynard, "Networking named content," Proc. CoNEXT'09, 2009, p. 1.
- [2] Publish-Subscribe Internet Technology, <http://www.fp7-pursuit.eu/PursuitWeb/>
- [3] T. Koponen, M. Chawla, B. Chun, A. Ermolinskiy, K.H. Kim, S. Shenker, and I. Stoica, "A data-oriented (and beyond) network architecture," SIGCOMM Comput. Commun. Review, vol. 37, no. 4, Aug. 2007, pp. 181-192.
- [4] 이병준 외, "정보중심적 Operator-CDN 구조", SKT Telecom. Review 22권 5호, 2012