

# 이동 멀티미디어 콘텐츠 전송을 위한 D-MCDN

김동화<sup>○</sup> 차호정  
연세대학교 컴퓨터과학과  
(dhkim, hjcha}@cs.yonsei.ac.kr

## D-MCDN: Distributed session migration framework for Mobile multimedia in CDN

Donghwa Kim<sup>○</sup> Hojung Cha  
Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요 약

무선 이동 환경에서의 멀티미디어 서비스를 안정적으로 제공하기 위해서 CDN을 적용할 경우, 중간 경로에 많은 부하를 주거나 사용자 요구 수준을 저하시키는 등의 문제점이 발생할 수 있다. D-MCDN은 사용자의 이동으로 최적의 서버가 변경되었을 경우, 새로운 서버로 연결을 재설정하는 session migration을 통해 이러한 문제점을 해결한다. 본 논문은 주변 에지 사이트와의 네트워크 지연 시간과 서버의 부하를 참조하는 session migration 알고리즘을 제시하고, 시뮬레이션을 통해 D-MCDN의 성능을 평가한다.

## 1. 서론

무선 이동 통신이 급속하게 발달하면서 모든 생활에서 무선 이동 통신이 활발히 사용되고 있다. 인터넷의 발전과 마찬가지로 텍스트 위주의 서비스에서 멀티미디어 서비스로의 요구의 변화도 같은 맥락으로 진행되고 있다. 또한, 컬러폰과 카메라 폰과 같은 고성능 단말기의 급속한 보급과 높은 화질과 넓은 화면으로의 단말기의 변화는 이를 더욱 활발히 만들고 있다.

이동 통신의 변화는 서비스 범위의 확대로도 이어지고 있다. 무선 랜이나 셀룰러 통신 등의 발달은 사용자에게 하나 이상의 접속 방식을 동시에 제공함으로써, 사용자에게 더 나은 접속 환경을 제공할 수 있는 방향으로 발전하고 있다. 또한, 무선망 개방이 확정됨으로써 제한적이었던 무선 인터넷 환경이 다양하고 양질의 서비스를 제공할 수 있도록 바뀌고 있다. 그러나 무선망 개방은 무선 네트워크 사업자로 한정되었던 무선 사용자의 트래픽을 인터넷으로 끌어내는 역할을 하게 되며, 이는 이미 포화상태인 인터넷에 추가의 부하를 주게 되는 것을 의미한다. 멀티미디어 서비스로의 사용자 요구의 변화는 이러한 문제를 더욱 심각하게 만들게 될 것이다.

CDN[1]은 인터넷의 이러한 문제점을 해결하기 위해 제안되었으며, 사용자의 요구수준에 맞는 서비스를 제공이 중요시 되고 있는 멀티미디어 서비스의 경우에서 더욱 활발히 사용되고 있다. 그러나 무선 이동 통신에서 더 나은 서비스를 제공하기 위해 CDN을 적용하는 것은 또 다른 문제점을 야기할 수 있다. CDN은 유선 환경에 맞도록 설계되었으므로 사용자의 이동에 적응적이지 못하여 중간 경로에 많은 부하를 주거나 사용자 요구 수준을 저하시키는 등의 문제를 야기한다. 지금까지의 CDN에 대한 연구[3][4]는 유선 환경을 바탕으로 전개되어 왔으며,

이동환경에서의 스트리밍 서비스를 위한 CDN 구조를 제시한 [5]는 사용자 이동에 따른 세션의 이동 방법만을 제시하였다. 본 논문에서는 세션의 이동뿐만 아니라 올바른 동작에 필요한 session migration 결정 알고리즘을 제시하고, 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 지난 논문에서 제시한 D-MCDN (Distributed session migration framework for Mobile multimedia in CDN) [2]의 동작에 대해 살펴보고, 동작에 필요한 서버 선택 알고리즘을 보인다. 3장에서는 시뮬레이션을 통해 그 성능을 분석하고, 4장에서 결론을 맺는다.

## 2. D-MCDN

CDN은 지연과 손실이 빈번히 발생하는 인터넷의 중간경로를 거치지 않고 사용자와 가까운 에지 사이트에서 서비스를 제공함으로써 중간경로의 영향을 최소화하고 사용자의 요구수준을 만족시킬 수 있도록 한다. 그러나 이동 환경에 CDN을 적용할 경우, 사용자의 이동에 따라 데이터의 전송경로가 바뀌게 되며, 이는 다시 중간경로를 경유하도록 하여 CDN의 사용 목적에 위배된다. 즉, 중간 경로의 영향으로 인한 데이터의 손실과 지연이 발생하게 되며, 서비스를 제공하는 에지 사이트는 사용자가 이동하여 더 이상 최적의 환경을 제공할 수 없음에도 서비스를 제공해야 한다. D-MCDN은 사용자의 이동에 따라 최적의 서버를 변경함으로써 이러한 문제점을 해결할 수 있다.

### 2.1 D-MCDN의 구성

D-MCDN은 session migration의 필요 여부를 판단하는 부분과 session migration을 수행하는 부분으로 크게 나눌 수 있다. 판단 부분은 사용자 이동의 감지와 주변 에지 사이트의 지역 콘텐츠 라우터와의 정보 교환, 그리고 취합된 정보로부터의

<sup>○</sup> 본 연구는 한국과학재단에서 지원하는 특정기초연구사업으로 수행하였음 (과제번호 : R01-2002-000-00141-0)

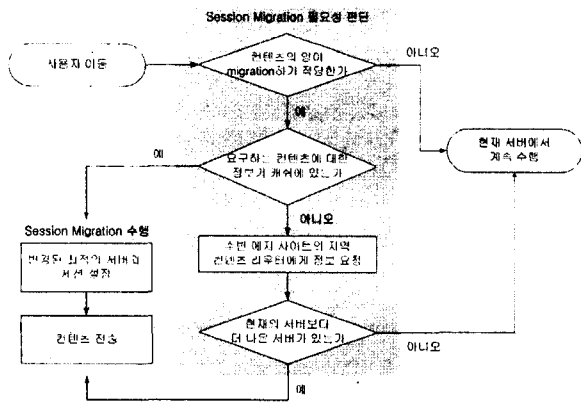


그림 1 D-MCDN의 구성과 동작 과정

session migration 필요성 여부의 판단을 포함한다. 수행 부분은 판단 부분에서 session migration이 필요하다는 결과가 나오면 사용자에게 RTSP REDIRECT 메시지를 보내어 변경된 최적의 서버로 session migration을 수행하도록 하며, 현재의 콘텐츠 서버는 변경된 최적의 서버에게 사용자 세션의 정보를 전송하여 빠르게 세션 설정이 되도록 돕는다. 그림 1은 D-MCDN의 구성과 동작 과정을 보인다.

### 2.2 Session Migration 결정 알고리즘

사용자의 이동으로 최적의 서버가 변경되었는지 여부와 어느 서버가 최적인지를 판단하기 위해서 D-MCDN은 주변의 에지사이트로부터 서버의 부하 정도와 네트워크 전송 지연 정도를 참조한다.

서버의 부하는 콘텐츠를 전송하는 서버의 부하( $f(t)$ )와 그 서버가 속해 있는 에지 사이트의 부하( $h(t)$ )로 나눌 수 있다. 서버의 성능은 현재 서비스하고 있는 세션의 수와 최대 수용할 수 있는 세션 수의 비율을 비교함으로써 얻는다. 또한 일정기간동안의 세션 수의 변화량을 반영함으로써 보다 안정적으로 서비스를 할 수 있는 서버에게 우선권을 주도록 한다. 식 1과 2는 각각 서버에서의 서비스 세션 수의 변화량( $L_s$ )과 에지 사이트에서의 트래픽 양의 변화량( $L_E$ )을 나타낸다. 변화량을 구하기 위해 각 값의 기울기의 평균을 참조하였다.

$$L_s = Avg \left( \sum_{t=a}^n \frac{f(t+\Delta t) - f(t)}{\Delta t} \right) \quad \text{식 (1)}$$

(단,  $f(t)$ 는 현재 세션 수 / 총 수용 가능한 세션 수)

$$L_E = Avg \left( \sum_{t=a}^n \frac{h(t+\Delta t) - h(t)}{\Delta t} \right) \quad \text{식 (2)}$$

(단,  $h(t)$ 는 사용 중인 대역폭 / 최대 수용 대역폭)

이와 같은 서버의 부하에 대한 변화량은 주기적으로 갱신이 되며, 사용자가 이동하여 최적의 서버가 변경되었는지를 알아보기 위해 이 누적 값과 현재의 서버의 부하 값을 합하여 서버 부하에 대한 값을 구한다. 식 3은 누적 값과 현재의 값( $x_{cur}$ )

을 통해 서버 부하 값을 구하는 공식을 나타낸다.

$$L = (\alpha \cdot L_s + \beta \cdot f(x_{cur})) + (\alpha \cdot L_E + \beta \cdot h(x_{cur})) \quad \text{식 (3)}$$

(단,  $\alpha + \beta = 1$ )

네트워크의 전송 지연 시간은 Ping 메시지를 통해 RTT를 측정함으로써 구할 수 있다. 네트워크의 전송 지연 시간의 경우 그 값이 변화가 심하므로, TCP에서 사용되는 smoothed RTT[6] 값을 통해서 네트워크의 부하를 결정한다. 지역 콘텐츠 라우터는 자신이 서비스를 제공하는 무선 영역과의 전송 지연 시간을 주기적으로 갱신함으로써 변화가 급격한 네트워크의 상태를 안정적으로 반영할 수 있도록 한다. 식 4는 네트워크의 smoothed RTT 값을 구하는 공식을 나타내며, 식 5는 그 값을 통해 부하를 결정하기 위해 현재 smoothed RTT값과  $RTT_{BASE}$  값의 차이와 현재 smoothed RTT값과의 비율을 구하는 공식이다. 식 6은 전체의 부하 계수를 결정하는 식이며 부하 계수의 값이 작을수록 사용자에게 좋은 서비스를 제공할 수 있다.

$$RTT_s = \alpha RTT_b + (1 - \alpha) RTT_c \quad \text{식 (4)}$$

(단,  $RTT_b$ 는 이전의 smoothed RTT,  $RTT_c$  현재의 RTT)

$$N = \frac{RTT_s - RTT_{BASE}}{RTT_s} \quad \text{식 (5)}$$

(단,  $RTT_{BASE}$ 는 모든 주변 에지사이트에 공통)

$$V = \gamma \cdot L + (1 - \gamma) \cdot N \quad \text{식 (6)}$$

이와 같이 측정된 부하 계수를 바탕으로 현재의 콘텐츠 서버와 주변 에지 사이트의 콘텐츠 서버를 비교하여 현재보다 나은 서버가 존재한다면 해당 콘텐츠 서버로 session migration을 수행하고, 그렇지 않다면 현재의 서버에서 계속 서비스를 제공하도록 한다.

### 3. 성능분석

이 장에서는 기존의 CDN을 이동환경에 적용하였을 경우 발생할 수 있는 문제점을 보이고, D-MCDN으로 그 문제점을 해결할 수 있음을 NS-2[7]를 이용한 시뮬레이션을 통해 보인다. 시뮬레이션에 사용된 네트워크의 구성은 그림 2와 같다. 각

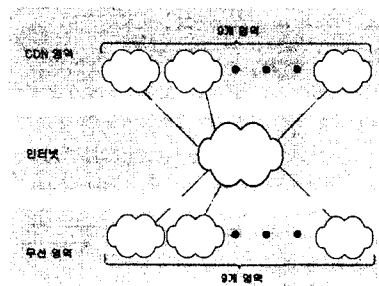


그림 2 시뮬레이션 네트워크 구성

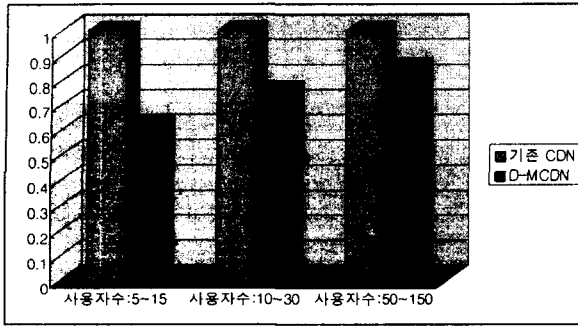


그림 3 기존 CDN과 D-MCDN의 네트워크 부하 비교

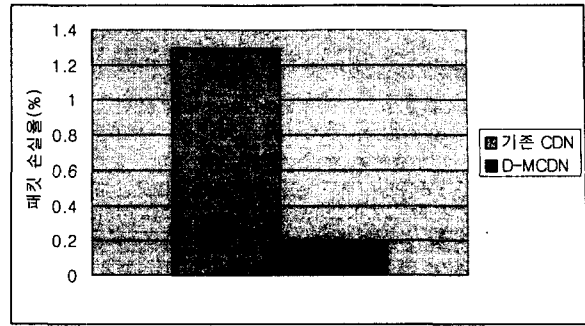


그림 4 D-MCDN과 기존 CDN의 패킷 손실률 비교

CDN 영역의 에지 사이트는 한 개의 지역 콘텐츠 라우터와 세 개의 콘텐츠 서버로 구성하였다. 인터넷의 경우 34개의 노드를 통해 구성하였다. NS-2에서 제공하지 않는 이동 환경은 에뮬레이션을 통해 구현하였다. 실험은 네트워크의 혼잡 증가 정도와 패킷 손실 부분에 대하여 진행되었다. 네트워크의 혼잡 정도를 측정하기 위해 각 무선 영역의 사용자 수가 30초 동안 10초 간격으로 5, 10, 50명의 2배씩으로 증가시켜, 중간 경로의 부하정도를 측정하였다. 콘텐츠 전송은 NS-2에서 제공하는 무작위 CBR 트래픽 생성기를 사용하여 15초 길이의 1.5Mbps의 트래픽을 생성하였다. 손실 부분은 전체 네트워크에 큰 부하를 주도록 전체 무선 영역에 10초 간격으로 130명의 사용자가 발생하도록 하였으며, 콘텐츠는 전과 동일하다.

이동환경에 기존의 CDN을 그대로 적용할 경우, 사용자의 이동으로 인해 전송 경로가 불필요하게 길어지는 경우가 발생할 수 있으며, 이는 인터넷의 부하를 증가시키는 결과를 가져온다. 그림 3은 무선 이동 서비스에서 기존 CDN을 적용하였을 경우와 D-MCDN을 적용한 경우의 의 중간 경로(인터넷)의 트래픽 부하를 보인다. D-MCDN을 적용했을 경우, 중간 대역의 트래픽은 기존의 CDN을 그대로 적용했을 경우보다 현저히 낮음을 알 수 있다. 사용자가 적은 경우 기존 CDN의 40%, 사용자가 많은 경우 기존 CDN의 15%의 네트워크 부하가 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 사용자의 이동으로 최적의 서버가 변경된 경우, D-MCDN은 변경된 최적의 서버에서 서비스를 받게 함으로써 사용자의 이동으로 전송 경로가 불필요하게 길어지는 것을 막기 때문이다. 사용자가 늘어날수록 네트워크 부하 감소가 줄어드는 것은 사용자가 이동하더라도 변경된 최적의 서버에서 서비스 가능한 사용자 수가 초과된 경우, 사용자를 다른 서버에서 서비스를 하는 경우가 많이 발생하기 때문이다. 콘텐츠의 크기가 클수록, 그리고 사용자의 이동이 빈번할수록 더 큰 성능향상을 기대할 수 있다. 또한, 사용자가 무선 영역을 변경하였을 때에만 동작하고, 부하 측정을 사용자 단위가 아닌 무선 영역 단위로 하므로 적은 추가 패킷 전송으로 동작이 가능하다.

그림 4는 네트워크의 사용자가 많을 경우 사용자 단에서의 패킷 손실률 보인다. 기존 CDN의 경우 D-MCDN보다 7배 정도의 손실률을 보인다. 이는 혼잡한 중간 경로의 경우가 많아

짐으로써 패킷 손실률이 증가하기 때문이다. 패킷 손실이 늘어나면 서비스의 질 저하로 이어지므로, 사용자에게 안정적인 서비스 수준을 유지하기 어려워진다. 반면, D-MCDN의 경우 중간대역의 혼잡과 관계없이 안정적인 서비스를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

#### 4. 결론

본 논문에서는 이동환경에서 높아지는 멀티미디어 서비스를 사용자의 요구 수준에 맞추어 제공할 수 있도록 하는 D-MCDN의 session migration 결정 알고리즘을 제시하였다. 또한, 시뮬레이션을 통해 D-MCDN이 이동환경에서 기존의 CDN을 적용하였을 경우 발생하는 문제점을 해결함을 보였다.

무선 이동 통신을 통한 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 커지고 있고, 사용자의 서비스에 대한 요구 수준도 높아지는 흐름을 볼 때, 사용자에게 안정적인 서비스를 제공할 수 있는 방법에 대한 많은 연구가 필요하다. D-MCDN은 적은 부하로 사용자에게 이동에 적응적으로 동작함으로써 사용자의 요구 수준에 맞게 서비스를 안정적으로 제공할 수 있다.

#### 참고문헌

- [1] 최승락, 양철용, 이종식, "CDN의 핵심 구성 기술들과 경향", 정보과학회지, 제20권, 제9호, pp. 5-11, 9월, 2002.
- [2] 김동화, 차호정, "이동 멀티미디어 서비스를 위한 콘텐츠 전송 프레임워크", 정보과학회 춘계 학술대회, April 2003.
- [3] Venkata N. Padmanabhan, Helen J. Wang, Philip A. Chou, K. Sripanidkulchai, "Distributing Streaming Media Content Using Cooperative Networking", ACM NOSSDAV, May 2002.
- [4] H. Miura, M. Yamamoto, "Content Routing with Network Support Using Passive Measurement in content Distribution Networks", IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E86-B, No. 6, June 2003.
- [5] T. Yoshimura, Y. Yonemoto, T. Ohya, M. Etoh, S. Wee, "Content Delivery Network Architecture for Mobile Streaming Service Enabled by SMIL Modification", IEICE TRANS. COMMUN., Vol. E86-B, No. 6, June 2003
- [6] Postel, J. Transmission Control Protocol. RFC 793, Sept. 1981
- [7] Network Simulator-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>.