

# 컨텐츠 중심 네트워크에서의 관심 기반 컨텐츠 라우팅

이문영<sup>o</sup>, 조기덕, 권태경, 최양희

서울대학교 전기컴퓨터 공학부

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

## An Interest-based Content Routing in Content-centric Networks

Munyoung Lee<sup>o</sup>, Kideok Cho, Ted "Taekyoung" Kwon and Yanghee Choi

School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

### 요 약

인터넷이 등장하고 TCP/IP, 월드와이드웹(WWW)이 개발된 이후 다양한 인터넷 응용 프로그램이 등장하여 많은 사용자가 이용하고 있다. 하지만 현재의 인터넷은 수십 년 전에 설계된 종단간(end-to-end) 패러다임을 기반으로 하고 있기 때문에 실제의 인터넷 사용 패턴을 효과적으로 반영할 수 없는 한계를 가지고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 새로운 형태의 컨텐츠 중심의 네트워크가 등장하게 되었다. 본 논문에서는 컨텐츠 중심의 네트워크 패러다임을 만족시키는 관심 기반의 컨텐츠 중심 라우팅(Interest based Content Routing, IBCR)을 제안한다. IBCR 기법은 기존에 제안된 대표적인 컨텐츠 라우팅 기법인 Content-Centric Routing(CCR)기법과 비교했을 때 컨텐츠 요청 당 사용된 제어 패킷의 숫자를 줄여서 불필요한 대역폭 사용량을 절약한다.

## 1. 서론

인터넷이 등장하고 TCP/IP, 월드와이드웹(WWW)이 개발된 이후 e-mail, 웹 서핑, 파일 전송과 같이 전통적인 종단간(end-to-end) 통신의 응용 프로그램은 물론 Peer-to-Peer(P2P) 기반의 파일 공유 프로그램, IPTV(IP Television), VoIP(Voice over Internet Protocol) 등과 같은 다양한 인터넷 응용 프로그램이 등장하여 현재 전 세계 10억 명 이상의 사용자가 이용하고 있다.

하지만 현재의 인터넷은 수십 년 전에 설계된 종단간(end-to-end) 패러다임 기반의 아키텍처 및 프로토콜 구조를 유지하고 있기 때문에 다양한 인터넷 응용 프로그램의 변화된 환경을 효과적으로 지원할 수 없는 한계를 가지고 있다. P2P 트래픽이 인터넷 트래픽의 대부분을 차지하고 있다는 연구결과[1]는 이러한 한계의 좋은 예이다.

지금까지는 현재 인터넷의 핵심을 그대로 유지하면서 부분적으로 수정 및 보완을 통해 인터넷의 성능을 개선시키는 방향으로 연구가 진행되어왔지만 이러한 연구들로는 인터넷이 가지고 있는 근본적인 문제점을 해결할 수 없다. 따라서 현재 인터넷의 한계를 근본적으로 해결할 수 있는 새로운 형태의 인터넷인 미래인터넷에 대한 연구[2]가 진행되고 있고, 데이터 분배(dissemination) 중심의 패러다임을 반영한 컨텐츠 중심의 네트워크가 등장하게 되었다. 하지만 컨텐츠 중심의 네트워크 연구는 아직 초기 단계이며 개선해야

할 점이 많다.

따라서 본 논문에서는 컨텐츠 중심의 네트워크 패러다임을 만족시키면서 과도한 제어 패킷 사용 문제와 저장 공간의 사용 방법을 개선한 관심 기반의 컨텐츠 중심 라우팅(Interest based Content Routing, IBCR)을 제안한다. 본 논문은 다음과 같이 구성된다. 우선 IBCR을 설명하기에 앞서 2장에서는 대표적인 컨텐츠 라우팅 기법인 Combined Broadcast and Content Based(CBCB) 라우팅과 Content-Centric Routing(CCR)을 비교 설명한다. 3장에서는 CCR 기법의 문제였던 과도한 제어 패킷 사용 문제를 해결하고, 저장 공간의 사용 방법을 향상시키기 위해 본 논문에서 제안하는 관심 기반의 컨텐츠 중심 라우팅, IBCR에 대해서 설명한다. 4장에서는 IBCR의 성능을 분석한 결과를 제시한 뒤에, 5장에서 본 논문을 정리하고 향후 연구 주제를 제안하며 본 논문을 마친다.

## 2. 관련 연구

인터넷의 디자인과 실제 사용 패턴 사이의 불일치를 해결하기 위하여 대화 방식이 아닌 데이터 분배(dissemination)에 초점을 맞추는 새로운 네트워크에 대한 개념이 제안되었다[2, 3]. 이러한 개념에 기반하여 컨텐츠 기반의 네트워크(Content-Based Networking)가 제안되었고[4], 컨텐츠 기반 네트워크에서의 라우팅 기법에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 장에서는

대표적인 콘텐츠 라우팅 기법인 Combined Broadcast and Content Based (CBCB) 라우팅[5]과 Content-Centric Routing (CCR)[6]을 소개한다.

## 2.1. Combined Broadcast and Content Based Routing (CBCB) 라우팅

CBCB 라우팅은 목적지 노드의 IP주소를 사용해 콘텐츠를 주고 받는 대신 소스 노드가 자신의 관심을 나타내는 predicate 메시지를 전파함으로써 콘텐츠를 전달받게 된다. 콘텐츠의 전달을 위해 브로드캐스트 계층 (broadcast layer)과 콘텐츠 기반 계층 (content based layer)이라는 두 개의 오버레이 트리 계층을 구성한다. 브로드캐스트 계층에서는 각 노드로부터 모든 목적지까지 가는 브로드캐스트 트리를 구성하여 특정 노드로부터 다른 모든 노드로 가는 경로를 미리 설정해두고, 콘텐츠 기반 계층에서는 브로드캐스트 트리 중 일부분을 콘텐츠를 전송하는 트리로 사용하여 실제로 콘텐츠를 전송하게 된다.

CBCB 라우팅의 동작 방법은 콘텐츠를 원하는 노드가 미래의 잠재적인 전송자(Sender)들에게 자신의 관심을 나타내는 predicate이 포함된 Receiver Advertisements (RA)를 뿌리게 되고, RA메시지는 브로드캐스트 트리를 통해 오버레이 상의 모든 노드에게 전달된다. 이 때 중간에 있는 노드들은 predicate을 받은 인터페이스 정보를 테이블에 저장/유지하며, 추후 전송자가 해당 콘텐츠를 배포 시 이 테이블을 참고하여 데이터를 전달하게 된다. 예를 들어 노드 A가 워싱턴 타임즈에 관심 있다는 RA를 뿌리게 되면 이를 받은 중간 노드의 테이블에 워싱턴 타임즈에 관한 내용이 저장되어, 나중에 전송자가 워싱턴 타임즈를 배포하면 테이블을 참고하여 노드 A까지 전달되게 되는 방식이다.

하지만 CBCB기법은 네트워크를 구성하는 노드의 실패가 발생시 브로드캐스트 트리를 재구성 해야 하는 오버헤드가 매우 커서 노드 실패가 빈번히 발생하는 실제의 네트워크에서는 적용하기 어렵다는 단점이 있고, 일정한 시간마다 뉴스 등의 정보를 제공하는 주기적인 데이터 (periodic data)를 지원하는 경우에만 적합한 방식이라는 한계가 있다.

## 2.2. 콘텐츠 중심 라우팅 (Content-Centric Routing, CCR)

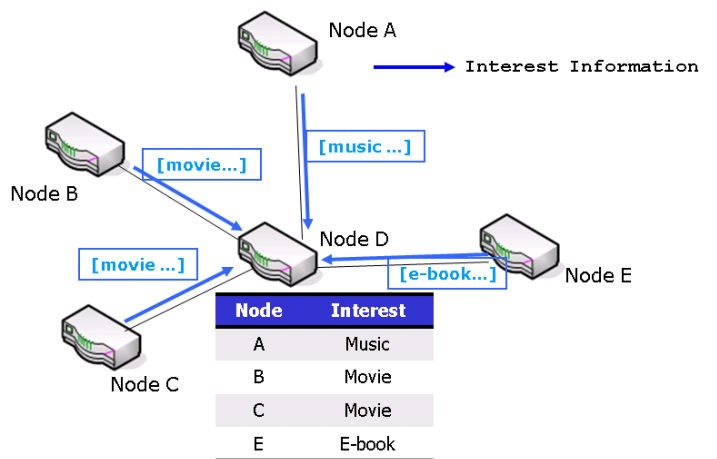
CBCB 라우팅 기법의 문제점을 해결하기 위하여 콘텐츠 중심의 라우팅 (Content Centric Routing) 기법이 제안되었다 [6]. CCR 라우팅은 크게 데이터를 요청하는 단계와 데이터를 받아오는 단계로 구성되어 있다. 먼저 특정 노드가 자신이 원하는 콘텐츠의 정보를 데이터

요청 (data request) 패킷에 담아 보내면 해당 패킷은 Reverse Path Forwarding (RPF) 방식을 사용하여 목적지 노드까지 전달된다. RPF 방식을 사용하면 별도의 브로드캐스트 트리를 구성하는 대신 제한된 플러딩을 통해 데이터 요청을 목적지 노드까지 전달할 수 있기 때문에 브로드캐스트 트리를 유지하는 등의 오버헤드가 발생하지 않고, 노드 실패에 유연하게 대처할 수 있다는 장점이 있다.

RPF를 통해 전달된 데이터 요청이 해당 콘텐츠를 가진 노드에 도착하면 데이터 요청이 전달되는 과정에서 생긴 역방향 경로 (reverse path)를 이용하여 콘텐츠를 전달하게 된다. 이 때 역방향 경로에 존재하는 중간 노드들은 전달 중인 콘텐츠를 자신의 로컬 저장소에 저장한 후, 다음 노드로 전달하게 된다. 이렇게 저장된 콘텐츠는 추후 같은 콘텐츠에 대한 요청이 올 경우 소스 노드까지 요청이 전달되지 않고 중간에서 바로 콘텐츠를 전달하므로 네트워크 대역폭 (bandwidth)을 절약할 수 있다는 장점이 있다.

하지만 CCR기법은 제한된 플러딩 방식을 사용함으로써 과도한 제어 패킷을 발생시킨다는 문제가 있으며, 중간 노드에서 콘텐츠를 저장할 때의 캐시 정책 (cache policy)이 정의되지 않아 이에 대한 해결책이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 관심 기반의 콘텐츠 중심 라우팅 (Interest based Content Routing) 기법을 제안한다.

## 3. 관심 기반의 콘텐츠 중심 라우팅 (Interest based Content Routing, IBCR)



[그림 1] 자신의 가지고 있는 콘텐츠 종류에 대한 정보를 interest 메시지를 통해 알리는 과정

본 장에서는 본 논문에서 제안하는 관심 기반 콘텐츠 중심 라우팅 (IBCR)에 대해서 설명한다. 관심 기반의 콘텐츠 중심 라우팅은 각 노드가 자신의 관심(interest)을 주변 노드에게 알리는 부분, 콘텐츠를 요청하고

전달받는 부분, 그리고 중간 노드에서 이러한 콘텐츠를 저장하고 관리하는 캐시 정책의 세부부분으로 이루어진다.

각 노드의 관심은 노드가 가지고 있는 콘텐츠의 종류와 양을 기반으로 정해진다. 먼저 각 노드는 자신이 소유한 콘텐츠 중 상위 K개의 콘텐츠의 종류를 자신의 관심으로 정의한다. [그림 1]에는 K=1 인 경우에 노드 D의 주위 노드가 자신의 관심을 노드 D에게 전달하는 과정이 나타나 있다. [그림 1]에서 노드 A, B, C, E는 각각 Music, Movie, Movie, e-book 형태의 콘텐츠를 가장 많이 가지고 있으며, 이 값들이 각 노드의 관심으로 정의된다.

각 노드는 자신의 관심을 노드 D에게 알리기 위해 관심(interest) 메시지를 만들어서 노드 D에 전달한다. 관심 메시지를 받은 노드 D는 주위 노드가 어떤 콘텐츠에 관심을 가지고 있는지를 관심 테이블(interest table)을 통해 관리하게 된다. 모든 노드는 위와 같이 관심 메시지의 교환을 통해 주변 노드의 관심 정보를 저장하게 된다.

[표 1] interest 메시지 전송 결정 조건

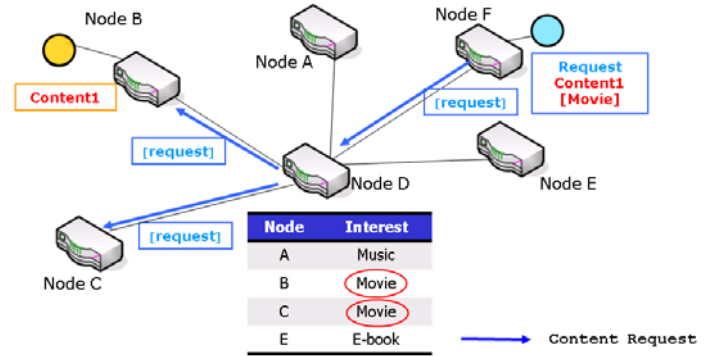
Algorithm.	
1.	노드가 오버레이 네트워크에 처음 들어옴
2.	상위 K개의 관심 있는 콘텐츠 종류가 바뀔
3.	최근 period 시간 동안 interest 메시지를 전송하지 않음

각 노드가 주위 노드에게 관심 메시지를 보내는 이벤트는 [표 1]의 조건 중 어느 한가지라도 만족할 경우에 발생하게 된다. 또한 노드가 콘텐츠를 가지고 있지 않은 경우에도 자신이 관심있는 콘텐츠의 종류를 주변 노드에 알려서 콘텐츠 전달 과정에 참여할 수 있다.

[그림 2]는 노드 F가 Content1을 요청하는 과정을 나타낸다. 먼저 노드 F는 자신이 원하는 콘텐츠에 대한 정보(예를 들어 검색어)를 요청 (request) 메시지에 담아서 콘텐츠 네트워크에 보내게 된다. 이 때, 자신이 원하는 콘텐츠의 종류 정보(movie)를 요청 메시지에 함께 담아서 보내게 된다. 이러한 콘텐츠 요청 메시지는 CCR과 같이 Reverse Path Forwarding(RPF) 방식을 사용하여 전달된다. 하지만 IBCR에서는 관심 테이블을 참조하여 요청자가 원하는 콘텐츠 종류에 관심을 가지고 있는 노드에게만 콘텐츠 요청을 전달하게 된다. 즉, 콘텐츠 요청자인 노드 F가 movie 종류의 콘텐츠를 요청했기 때문에 노드 D는 movie에 관심을 가지고 있는 노드 B와 노드 C에만 콘텐츠 요청을 전달하게 된다.

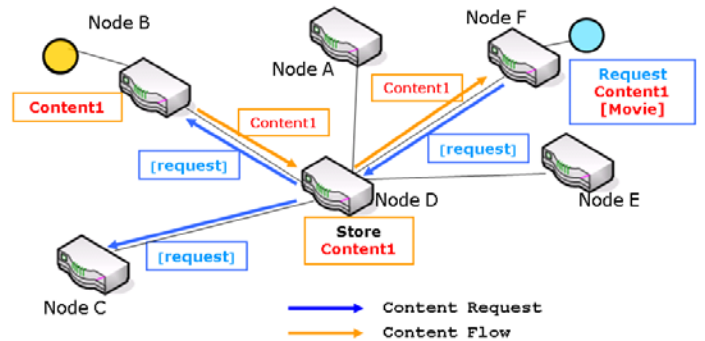
이러한 기법은 해당 콘텐츠가 없을 것으로 예상되는 노드에게 불필요한 콘텐츠 요청을 전달하는 것을 방지하기 때문에 기존 CCR에서 문제가 되었던 콘텐츠

요청 당 사용된 제어 패킷의 숫자를 줄일 수 있다.



[그림 2] IBCR에서의 콘텐츠 요청 과정

IBC에서 콘텐츠를 받아오는 과정은 [그림 3]에 나타나 있다. [그림 2]와 같은 과정을 통해 해당 콘텐츠(content1)를 가진 소스 노드 B가 요청 메시지를 받게 되면 콘텐츠 요청이 전달되는 과정에서 생성된 역방향 경로(reverse path)를 이용하여 콘텐츠를 전달하게 된다. 또한, CCR과 마찬가지로 역방향 경로에 존재하는 중간 노드들은 전달 중인 콘텐츠를 자신의 로컬 저장소에 저장하여, 추후 요청이 있을 시 이를 전달하게 된다.



[그림 3] IBCR에서의 콘텐츠 전달 과정

IBC에서는 중간 노드에서 효율적으로 콘텐츠를 저장하기 위해서 콘텐츠 요청 기록을 활용한다. 즉, 중간 노드가 콘텐츠 요청을 받아서 다음 노드로 전달할 때 콘텐츠 요청에 대한 기록을 최대 K개까지 저장하여 유지하게 된다. 이렇게 유지되는 정보를 캐시 정책에 반영하여 중간 노드에서 저장하고 있는 콘텐츠를 관리한다. 최근 K번의 요청에 대해 콘텐츠 요청에 대한 빈도수에 따라 우선 순위를 주게 되고, 우선 순위가 낮은 콘텐츠가 삭제 대상이 된다. 그러나 생성된 지 얼마 되지 않아서 요청 빈도가 낮은 콘텐츠의 삭제를 방지하기 위하여 저장된 시간을 우선 순위 결정 시 함께 고려한다. 이러한 캐시 정책을 사용하면 드물게 요청되는 콘텐츠가 무분별하게 저장되는 것을 방지할 수 있기 때문에 인기 있는 콘텐츠를 더 많이 저장할 수 있다.

## 4. 실험 결과

### 4.1. 실험 설정

본 논문에서 제안한 IBCR 기법의 성능을 평가하기 위해 JAVA를 이용하여 콘텐츠 오버레이 네트워크를 구현하였고, 그 위에서 CCR과 IBCR의 성능 비교를 위한 시뮬레이션을 수행하였다. 실험을 위해 임의의 편평한 (flat) 토폴로지를 생성하였고, 노드 수에 따른 다양한 토폴로지를 구성하여 실험을 진행하였다.

실험에 필요한 콘텐츠의 정보를 얻기 위해 Amazon Web Services[7]을 사용하여 Amazon.com에서 인기 있는 100가지 콘텐츠의 정보를 얻었고, 실제 콘텐츠가 배포되는 상황을 고려하여 사람들이 이용한 콘텐츠 인기도에 따라 100가지의 콘텐츠를 초기 네트워크에 배포하였다. 배포된 100가지 콘텐츠는 movie, music, news, e-book 네 가지 종류로 분류되고, 네트워크 내에 각 콘텐츠가 최소 1개씩은 반드시 존재하는 것을 기본값으로 설정하였다. 또한, 여러 상황에서 발생하는 콘텐츠 요청을 고려하기 위해 무작위로 선택된 노드가 임의의 시간에 임의의 콘텐츠를 요청하도록 하였고, 노드가 관심 있는 콘텐츠의 종류를 나타내는 파라미터 (Parameter) K 값을 바꿔가면서 실험을 하였다.

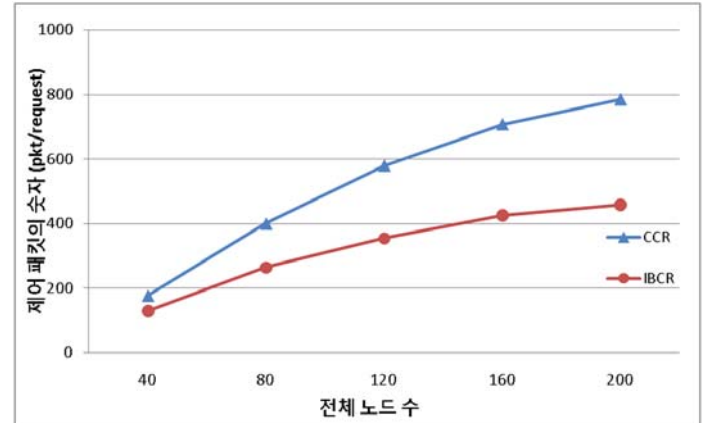
IBCR의 성능을 확인하기 위한 평가 기준으로는 콘텐츠 요청 당 사용된 제어 패킷의 숫자인 오버헤드와 요청한 콘텐츠를 제대로 얻지 못하는 비율을 나타내는 요청 실패 비율을 사용하였다.

### 4.2. 오버헤드 (Overhead)

이 실험에서는 IBCR과 CCR 라우팅에서 하나의 콘텐츠를 받아오기 위해 발생하는 오버헤드를 비교하였다. 하나의 콘텐츠 요청 당 발생하는 제어 패킷의 숫자를 오버헤드라고 정의하였으며, 네트워크 내의 전체 노드 수에 따른 오버헤드를 측정하였다. 실험에서 사용한 관심의 종류를 나타내는 파라미터 K 값은 1이다. 이 값은 각 노드가 자신이 가장 관심 있는 1개의 콘텐츠 종류만을 주변에 알리는 상황을 나타낸다.

[그림 4]는 전체 노드 숫자에 따른 콘텐츠 요청 당 제어 패킷의 숫자가 나타나 있다. [그림 4]의 결과를 살펴보면 전체적으로 IBCR이 CCR 라우팅 기법에 비해 오버헤드가 작은 것을 확인할 수 있다. 네트워크 내의 노드 숫자가 40일 때는 IBCR이 CCR의 약 70%의 오버헤드를 보이며 전체 노드 숫자가 200일 때는 CCR의 약 50%에 해당하는 오버헤드를 발생시킨다. 이는 IBCR에서는 주변 노드가 어떤 콘텐츠에 관심을 가지고 있는지 여부를 테이블을 통해 관리하여 요청자가 원하는 콘텐츠 종류에 관심을 가지고 있는

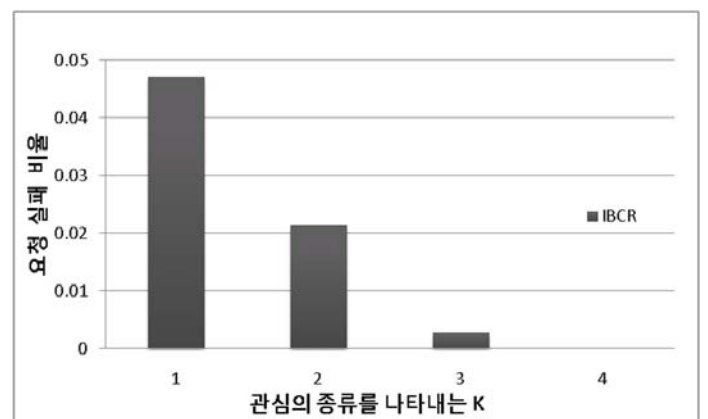
노드에게만 콘텐츠 요청을 전달하기 때문이다. 따라서 제한된 플러딩을 사용하는 CCR 라우팅에 비해 더 적은 제어 패킷을 발생시킨다는 것을 확인할 수 있다.



[그림 4] 전체 노드 수에 따른 콘텐츠 요청 당 제어 패킷 수

### 4.3. 요청 실패 비율(Request Loss Ratio)

제한된 플러딩을 사용하여 주변 모든 노드에게 요청 메시지를 전달하는 대신 특정 콘텐츠의 종류에 관심을 가지고 있는 일부 노드에게만 요청 메시지를 전달하게 되면 요청이 실패할 수 있다. 즉, 요청 메시지가 중간에서 손실되어서 해당 콘텐츠를 가지고 있는 소스 노드까지 전달 되지 못할 가능성이 있다. 따라서 본 실험에서는 요청한 콘텐츠를 성공적으로 받지 못한 비율을 나타내는 요청 실패 비율을 측정하였다.

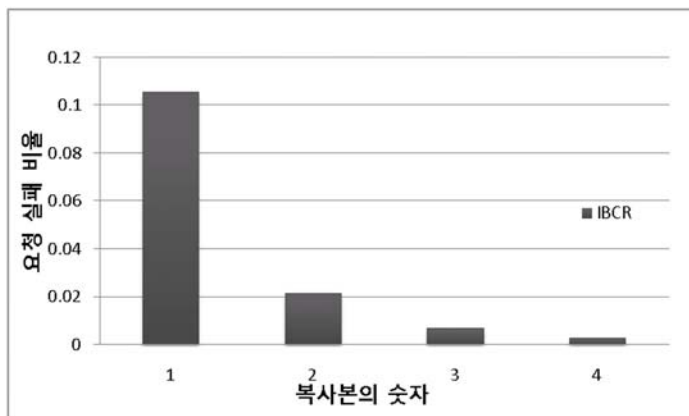


[그림 5] 파라미터 K 값에 따른 평균 요청 실패 비율

[그림 5]는 관심의 종류를 나타내는 파라미터 K 값에 따른 평균 요청 실패 비율을 나타낸다. K의 값이 1이면 각 노드가 가장 관심 있는 1개의 콘텐츠 종류를 주변 노드에게 알리게 되고, 값이 N인 경우는 관심 있는 N개의 콘텐츠 종류를 주변 노드에게 알리게 된다.

실험에서는 네트워크 내에 각 콘텐츠가 최소 2개씩은 반드시 존재하는 것으로 설정하였다. [그림 5]의 결과를 살펴보면 주변 노드가 알려주는 관심 있는 콘텐츠의 종류가 늘어남에 따라 요청 실패가 줄어드는 것을 확인할 수 있다. 즉, 주변 노드가 관심 있는 1가지 콘텐츠의 종류만을 알려줄 때는 약 4.5%의 요청 실패가 발생한다. 하지만 관심 있는 2개의 콘텐츠 종류를 알려줄 때는 약 2%의 요청 실패가 발생하고, 알려주는 관심의 종류가 3개 이상이 되면 요청 실패가 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 주변 노드가 관심 있는 1가지의 콘텐츠 종류만을 알려줄 때, 인기도가 낮은 콘텐츠 종류에 대한 요청이 들어온다면 이 콘텐츠 종류에 관심을 가지고 있는 주변 노드가 없어서 전달을 못하는 경우가 생길 수 있지만 한 노드가 알려 주는 관심 있는 콘텐츠의 종류가 많아질수록 주변 노드에 요청을 전달 할 수 있는 가능성이 높아지기 때문이다.

이 실험을 통해 주변 노드가 알려주는 관심의 종류를 2~3개 정도로 유지한다면 거의 모든 요청 메시지를 성공적으로 전달할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.



[그림 6] 네트워크 내에 존재하는 각 콘텐츠의 개수에 따른 평균 요청 실패 비율

[그림 6]은 네트워크 내에 존재하는 각 콘텐츠의 복사본 개수에 따른 평균 요청 실패 비율을 나타낸다. 복사본의 개수가 1일 때는 모든 콘텐츠가 네트워크 내에 최소한 1개씩은 반드시 존재하는 것을 의미하고, N인 경우는 최소 N개는 반드시 존재하는 것을 나타낸다. 실험에서는 주변 노드가 관심 있는 1가지의 콘텐츠 종류만을 알려주도록 설정하여(K=1) 네트워크에 존재하는 각 콘텐츠의 최소 개수가 IBCR의 성능에 미치는 영향을 알아보았다.

[그림 6]의 결과를 살펴 보면 복사본의 숫자 값이 1일 때 약 10%의 요청 실패가 발생하는 것을 알 수 있다. 이는 특정 콘텐츠가 네트워크에 1개만 존재하는 상황에서 주변 노드가 알려주는 1가지의 관심만으로는 콘텐츠가 존재하는 노드까지 데이터 요청이 전달되지

않고 중간에 요청 메시지가 손실될 확률이 높기 때문이다. 하지만 복사본의 숫자가 두 개로 특정 콘텐츠가 다른 노드에도 존재 하면 다른 경로를 통해 요청 메시지가 전달 될 수 있어서 요청 실패 비율이 약 2%로 줄어들게 되고, 복사본의 숫자가 3이상이면 특정 콘텐츠가 여러 노드에 존재하게 되어 요청 실패가 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다.

이 실험을 통해 주변 노드가 한 개의 관심만 알려주는 상황에서도 초기에 배포되는 콘텐츠의 양을 적당히 조절하면 요청 실패가 거의 발생하지 않는다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 실제 인터넷의 경우 하나의 콘텐츠의 많은 복사본이 네트워크 내에 존재하므로, 더욱 많은 수의 콘텐츠가 존재할 것으로 기대되는 미래인터넷에서 IBCR은 요청 실패 없이 효율적으로 콘텐츠를 전달할 수 있을 것으로 기대된다.

## 5. 결론

현재 인터넷이 가진 근본적인 문제점을 해결하고, 인터넷의 디자인과 실제 사용 사이의 불일치를 해결하기 위해서 콘텐츠 중심의 네트워크에 대한 연구가 진행되고 있다. 본 논문에서는 콘텐츠 중심의 네트워크 패러다임을 효과적으로 지원하면서 컨트롤 오버헤드 문제와 저장 공간의 사용 방법을 개선한 관심 기반의 콘텐츠 중심 라우팅 기법(IBCER)을 제안하였다. IBCER은 기존에 제안된 CCR 기법과 비교했을 때 콘텐츠 요청 당 사용된 제어 패킷의 숫자를 줄여서 불필요한 대역폭 사용량을 절감하였다. 또한 다양한 실험을 통해 네트워크 내에 적절한 숫자의 복사본이 확보되면 IBCER의 요청 실패가 발생하지 않는 것을 확인하였다. 앞으로 우리는 네트워크 내에 존재하는 콘텐츠 양과 최적의 위치에 콘텐츠를 배치하는 연구를 수행할 예정이다.

## 감사의 글

본 연구는 기초기술연구회의 지원으로 수행되었음.

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

## 참고 문헌

- [1] Ipoque - internet study 2008/2009 The Impact of P2P File Sharing, Voice over IP, Instant Messaging, One-Click Hosting and Media Streaming on the Internet.

- [http://www.ipoque.com/resources/internet-studies/internet-study-2008\\_2009](http://www.ipoque.com/resources/internet-studies/internet-study-2008_2009) [2009.4.10.].
- [2] Kideok Cho, Jaeyoung Choi, Dong-il Diko Ko, Taekyoung Kwon, and Yanghee Choi, " Content-Oriented Networking as a Future Internet Infrastructure: Concepts, Strengths, and Application Scenarios," in Proc. of International Conference on Future Internet Technologies (CFI) 2008, Seoul, Korea, June 2008
- [3] Van Jacobson, A New Way to look at Networking.  
<http://video.google.com/videoplay?docid=-6972678839686672840> [2009.4.10.].
- [4] Content-Based Networking in University of Colorado  
<http://serl.cs.colorado.edu/serl/cbn>[2009.4.10.].
- [5] A. Carzaniga, M.J. Rutherford, and A.L. Wolf, "A Routing Scheme for Content-Based Networking". Proceedings of IEEE INFOCOM 2004. Hong Kong, China. March, 2004.
- [6] 이문영, 고통일, 조기덕, 권태경, 최양희, "오버레이 네트워크 상에서의 콘텐츠 중심의 라우팅," Korea Computer Congress (KCC) 2008, Phoenix Park, Gangwon-Do, June 2008
- [7] Amazon.com, Inc. Amazon web services.  
<http://aws.amazon.com> [2009.4.10.].