

P2P VOD 서비스를 위한 시간 기반 DHT 피어 탐색 기법

서재두*, 고충효**, 최창열**, 최황규**

요약

일반적으로 P2P VOD 시스템은 잦은 피어의 이탈과 참여로 인하여 빠르게 피어를 탐색하는 기법이 주요 연구 과제이다. 본 논문은 P2P VOD 시스템에서 피어를 빠르게 탐색하기 위한 새로운 기법을 제안한다. 제안된 기법은 DHT 기반의 P2P VOD 시스템에서 피어 탐색 시 시간 및 지역 정보를 해시 키 값으로 하여 인접한 재생 시작시간과 네트워크 위치상 근접한 피어들을 동일한 DHT 노드에 저장, 관리하여 데이터를 전송해 줄 서버피어를 탐색하는 시간을 단축시킨다. 시뮬레이션 실험 결과에서 제안된 기법은 파트너 피어 검색에 필요한 메시지 개수와 피어간 버퍼맵 교환 횟수를 감소시키고, 데이터의 교환이 이루어지는 피어들 사이의 거리를 줄일 수 있음을 확인하였다. 이에 따라 제안하는 기법은 효율적인 라우팅을 할 수 있게 하여 네트워크 트래픽 오버헤드에 따른 자원 낭비를 줄일 수 있다.

키워드 : 분산 해시 테이블, 메시, 피어 투 피어, 시간기반, 비디오 온 디맨드

Time-based DHT Peer Searching Scheme for P2P VOD Service

Chedu Suh*, Choonghyo Ko**, Changyeol Choi**, Hwangkyu Choi**

Abstract

In the typical P2P VOD system, it is very important to develop the fast and efficient peer searching scheme since the peers frequently join and leave to/from P2P system. This paper proposes a new peer searching scheme for P2P VOD system based on DHT network environment. The proposed scheme constructs DHT network by managing the peers having close playback starting times and close network locations into a peer all together. The peer information is mapped onto DHT nodes by hashing the key values each of which consists of the starting time and network location of the peer. From the simulation results, the number of messages required to search the partner peers are decreased, and the number of buffer maps exchanging among the peers are also decreased. The proposed scheme can reduce the average network distances among the partner peers. As a result, the proposed scheme makes routing more efficient and it saves the network resources by decreasing communication traffic overhead.

Keywords : DHT, Mesh, Peer-to-Peer, Time-based, Video on Demand

1. 서론

최근 인터넷을 통하여 사용자가 원하는 시간

에 원하는 콘텐츠를 실시간으로 이용할 수 있는 맞춤형 서비스인 VOD(Video on Demand) 서비스가 급증하고 있다. 하지만 비디오 데이터의 크기와 사용자수가 급증하면서 전통적 방식인 중앙집중식 단일 서버 시스템은 요구하는 대역폭과 비용을 지원하는데 한계가 있다.

이를 해결하기 위한 방법으로 등장한 P2P방식의 VOD 서비스는 콘텐츠를 여러 개의 세그먼트 조각들로 분할하고, 분할된 세그먼트들은 서버만이 아닌 이웃 노드에게서도 전송 받을 수 있도록 동작한다. 하지만 P2P 기반의 VOD 시스템은 피어가 이탈될 경우 비디오 데이터를 전송

※ 교신저자(Corresponding Author): Hwangkyu Choi
접수일:2014년 02월 07일, 수정일:2014년 04월 05일

완료일:2014년 04월 16일

* 정보통신산업진흥원

** 강원대학교 컴퓨터학부

Tel: +82-33-250-6382, Fax: +82-33-252-6390

email: hkchoi@kangwon.ac.kr

▣ 본 연구는 2013년도 강원대학교 학술연구조성비로 연구하였음(과제번호-C1009683-01-01)

받지 못하게 되어 비디오 재생 대기시간이 길어질 수 있다는 단점이 있다. 이에 따라 P2P VOD 시스템을 위한 피어의 위치 탐색 방법, 데이터 전송 방법, 스트림의 저장, 전송 방법 등에 있어 다양한 기법이 연구되었다.

P2P VOD 시스템은 피어의 위치 탐색 방법에 따라 중앙 서버 디렉터리 기법, 분산 해시 테이블(Distributed Hash Table) 기법, Gossip 기법 등으로 구분할 수 있고, 데이터 전송 방법에 따라 트리 또는 메시 기반 기법 등으로 구분할 수 있다. 또한 피어에 캐시된 스트림의 일부분을 저장·전송하는 방법에 따라 버퍼 메모리를 사용하는 동적 캐시와 저장장치를 사용하는 정적 캐시 기법으로 나눌 수 있다[1,2,3,4,5].

피어의 위치 탐색 방법 가운데 DHT 기법은 피어를 찾는데 필요한 쿼리 메시지가 $O(\log N)$ 만큼 소요된다는 장점이 있어 VOD 시스템 확장에 매우 용이하고, 데이터 전송 방법 가운데 메시 기반 기법은 피어가 참여하거나 이탈하더라도 동적으로 이웃관계가 구성되어 P2P 환경에 적합하다. 또한 스트림 저장, 전송 방법 중 동적 캐시 기법은 저장장치의 크기에 영향을 받지 않는 장점이 있다[6,7,8,9,10].

본 논문에서는 DHT 기반의 피어 탐색 방법, 메시 기반의 데이터 전송 방법, 그리고 스트림 저장·전송 방법에 동적 캐시 기법을 기반으로 하는 P2P VOD 시스템에서 새로운 피어 탐색 기법을 제안한다. 제안된 기법은 기존 방법들과 다르게 피어 탐색을 위한 DHT를 구성할 때 시간 및 지역 정보를 키값으로 하여 인접한 재생 시작시간과 네트워크 위치상 근접한 피어들을 동일한 DHT 노드에 저장, 관리하여 파트너 피어 검색을 위한 피어간 메시지 전달 횟수와 버퍼맵 교환 횟수를 감소시킬 수 있다. 이는 동적 캐시 기법을 사용하는 P2P VOD 시스템에서 자신과 같은 재생 구간을 갖는 피어를 찾으면 재생 구간만큼의 비디오 구간을 버퍼에 캐시하고 있으므로 이 피어로부터 자신이 필요로 하는 비디오 구간을 전송 받을 수 있어 가능하다.

따라서 동일한 재생 구간을 갖는 피어를 한번의 DHT 해싱만으로 찾을 수 있어 피어 이탈에 따른 빠른 파트너 피어 검색을 실현할 수 있고, 결과적으로 파트너 피어 검색에 필요한 시간을 단축시키고 사용자의 비디오 재생 대기시간을

단축시킨다. 또한 지역 정보에 따른 데이터 송수신 피어들 사이의 거리를 단축시킴으로써 효율적인 라우팅을 할 수 있게 하여 네트워크 트래픽 오버헤드를 감소시킨다.

본 논문의 2장에서는 P2P VOD 시스템과 관련된 관련 연구에 대해 소개하고, 3장에서는 시간 기반의 가상 메시 오버레이 네트워크의 구성 방법과 일련의 동작 과정에 대해 설명한다. 4장에서는 제안하는 기법을 시뮬레이션을 통해 실험 및 성능을 분석하고, 마지막으로 5장에서 결론으로 맺는다.

2. 관련 연구

전통적인 중앙집중식 단일 서버 기반의 비디오 스트리밍은 서버-클라이언트 간 소스 파일을 전송하는 형태로써 사용자가 많아지면 서버 부하가 기하급수적으로 증가하고 대역폭이 제한된다. 네트워크 하단에 여러 대의 캐시서버를 설치하여 소스서버로부터 미리 옮겨 놓고 수요가 있을 때 해당 콘텐츠를 사용자에게 전달해 주는 Content Delivery Network 방식[2]은 설치비용이 매우 크다. Peer-to-Peer(P2P) 네트워크 방식은 사용자 각각이 서버-클라이언트가 되어 사용자가 많아지더라도 서버 부하가 크게 증가하지 않고 대역폭의 제한에도 문제가 되지 않으며 설치비용 또한 저렴하여 비디오 스트리밍에서도 다양하게 채택되고 있다[6,11].

P2P VOD 시스템은 피어의 위치 탐색 방법, 데이터 전송 방법 그리고 피어의 스트림 캐시 방법에 따라 구분된다. 피어의 위치 탐색 기법은 중앙집중식 단일 서버 기반, DHT 기반, Gossip 기반으로 분류되고 피어간 데이터 전송 기법은 트리 기반, 메시 기반으로 분류된다. 그리고 스트림의 저장·전송 방법은 정적 캐시와 동적 캐시 기법이 있다.

중앙집중식 단일 서버 기반의 피어 위치 탐색은 디렉터리 서버 내에 모든 피어들의 디렉터리를 유지하여 요청피어의 요청이 있을 때마다 디렉터리 서버로 이동하여 디렉터리 서버에 저장된 피어목록 중 가장 적합한 공급 피어를 제공함으로써 시스템 설계가 쉽지만 디렉터리 서버에서 모든 피어의 상태를 유지해야하고 사용자가

많아지면 서버 과부하가 발생하고 디렉터리 서버가 연결 해제되면 그 시간동안 시스템의 조인이 불가능하다.

P2P 검색에 많이 사용하는 DHT 기반 시스템은 SHA-1과 같은 알려진 해시 함수로 동일한 키값을 가진 피어들을 특정 타깃노드에서 관리하여 위치를 저장한다. 요청이 있을 때 피어를 찾는 쿼리 메시지는 $O(\log N)$ 이 소요되고 각 노드들이 라우팅 테이블에서 상태를 유지하는데에도 $O(\log N)$ 이 소요된다[12]. 여기서 N 은 DHT에 참여하는 피어의 수이다. DHT 프로토콜을 사용하면 시스템의 설계와 구현이 단순화되고 시스템에서 복잡한 피어 관리를 다룰 필요가 없다.

Gossip 기법은 각 노드가 임의의 피어들을 그룹으로 관리하여 피어가 스트림을 요청할 때 그룹 내 피어들을 임의로 선택하여 버퍼맵 상태를 교환하고 필요한 스트림을 제공받는다[2]. 이 경우 비디오의 재생시점을 알기 위해 임의로 선택된 그룹 내의 모든 피어들과 버퍼맵을 교환해야 하므로 쿼리 메시지 수가 DHT 기법보다 많아져 피어 검색 시간이 증가한다. 본 논문에서는 P2P 환경에 적합하며 확장성, 안정성 그리고 피어간 연결이 많은 메시 기반 기법의 특성을 고려하여 DHT 기반 시스템을 채택한다.

트리 기반의 데이터 기법은 조인한 피어들을 트리 구조의 오버레이 네트워크에 배치하여 구축된 트리의 경로에 따라 스트림을 전송한다. 트리가 구축된 이후부터는 피어간의 추가적인 정보 교환이 없이 스트림을 전송하므로 효율적인 스트리밍이 가능하고 지연시간이 줄어든다. 하지만 피어가 이탈되면 트리 구조상 이탈 피어의 자식 피어들이 스트림을 받지 못해 트리의 재구축이 필요하다. 피어의 참여와 이탈이 빈번한 P2P 환경에서는 큰 단점이다.

메시 기반 기법은 피어들의 이웃관계를 동적으로 구성하고 피어들은 이웃관계에 있는 다수의 피어들과 관계를 맺어 동시에 스트림을 교환한다. 이 기법은 피어가 참여하거나 이탈하더라도 동적으로 이웃관계가 구성되어 P2P환경에 적합하지만 이웃 피어들과 버퍼맵 정보를 지속적으로 교환해야하므로 완전한 스트림 데이터를 획득하는데 많은 시간이 소요될 수 있어 지연시간이 커진다. 제안하는 기법은 P2P환경에 적합

한 메시 기반 기법을 사용한다. 메시 기법에서 발생하는 피어간의 동적 연결 시 발생하는 시간 지연을 완화시키기 위해 버퍼맵을 교환해야 할 피어들을 네트워크상에서 근접한 피어들로 선택할 수 있게 한다.

정적 스트림 캐시 방법은 저장장치에 캐시된 스트림을 모두 저장하며 VMesh[8]에서 각 피어는 전후방 및 동일구간을 재생하는 피어의 링크를 항상 유지함으로써 비디오의 임의지점으로 위치를 변경하는 VCR 요청이 있을 때 부모 링크를 통해 유연하게 대처할 수 있지만 링크를 구성하는데 필요한 피어 탐색 횟수가 많다. 동적 캐시 방법은 윈도우 슬라이딩의 크기만큼을 버퍼 메모리로 사용하여 저장장치의 용량에 상관없이 비디오를 재생할 수 있고 순차 재생의 경우 정적 캐시 기법보다 효율적이지만 VCR 요청이 발생하였을 때 피어 자신이 저장하고 있는 스트림은 윈도우 슬라이딩을 제외하곤 존재하지 않으므로 비효율적이다. 본 논문에서는 메인 메모리의 용량에 관계없는 동적 캐시 방법을 사용하며 VCR 요청 시 비효율적인 면을 빠른 피어 탐색을 통해 보완하였다.

본 논문에서는 DHT-메시-동적 캐시 버퍼 기법을 기반으로 구성한다. 시간 정보와 지역 정보를 DHT 네트워크 구성 시 사용하여 비디오 재생 위치와 네트워크상에서의 위치가 유사한 피어들을 특정 타깃 노드에서 관리하도록 하여 피어 탐색 시 소요되는 쿼리 메시지의 수와 버퍼맵 교환 횟수를 감소시켰다. 따라서 사용자가 많아지거나 VCR 요청 시에 비디오 재생 대기시간을 감소시킬 수 있고 효율적인 라우팅을 할 수 있게 한다.

3. 시간 기반 DHT 메시 오버레이 네트워크 구성

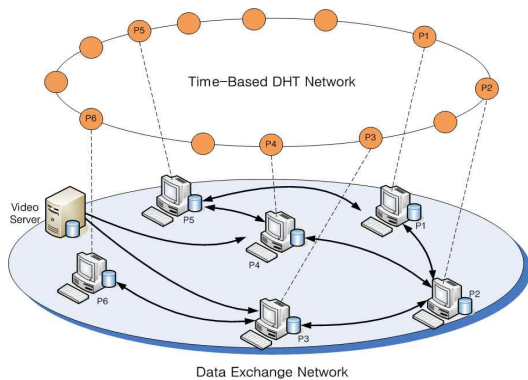
3.1 시스템 구성 및 동작

본 논문에서 제안하는 P2P VOD 시스템은 (그림 1)과 같이 시간 기반의 DHT 네트워크와 데이터 교환 네트워크로 구성된다. 시간 기반의 DHT 네트워크 레이어는 시간 정보와 지역 정보를 키값으로 하는 각 피어들을 DHT 기반으로 저장, 관리하고 재생 피어가 데이터를 전송받기

위해 서버 피어를 검색할 때 동일한 재생시점과 인접한 위치정보를 갖고 있는 서버 피어들의 정보를 제공한다. 하단의 데이터 저장·전송 네트워크 레이어는 비디오 재생에 필요한 세그먼트를 가진 서버 피어 정보를 상층의 DHT 네트워크로부터 가져와 파트너 피어들과 버퍼맵(buffer map)을 교환하고 데이터를 송·수신한다.

시스템의 동작과정은 다음과 같다. 비디오를 재생하기 위해 시스템에 참여하는 피어는 DHT에 등록된다. 피어는 시청하려는 비디오 정보와 지역 구간 정보(LID: Location Identifier), 시간 구간 정보(TID: Time Identifier)를 SHA-1과 같은 해시 알고리즘을 이용해 키값을 갖고 DHT의 PUT 함수로 타깃 노드를 찾는다. 타깃 노드에서는 현재의 해시 키값과 일치하는 모든 피어들의 정보를 리스트로 저장·관리한다. DHT에 등록된 피어는 비디오 재생에 필요한 데이터를 전송할 파트너 피어를 검색한다. 검색은 피어의 키값을 인자로 하는 DHT의 GET 함수를 사용하여 동일한 키값을 가진 파트너 피어를 리스트로 관리하고 있는 타깃 노드를 찾아낸다. 이렇게 획득한 파트너 리스트들과 버퍼맵을 교환한 후 필요한 세그먼트 블록의 데이터를 송·수신한다.

(그림 1) 시간 기반 메시 오버레이 네트워크 전체 구성



(Figure 1) The overall configuration of time-based mesh overlay network

3.2 시간 기반 DHT 구성

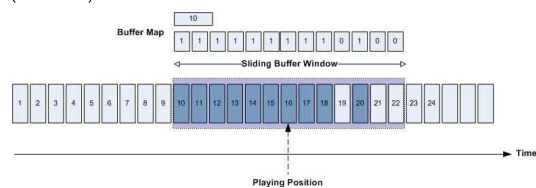
데이터 스트림은 (그림 2)와 같은 동적 캐시 버퍼를 사용하여 저장·전송한다. 캐시 버퍼는

Sliding Buffer Window에 따라 이동하는 일정 구간의 비디오 블록을 유지한다. 캐시 버퍼에 저장된 블록들은 버퍼맵으로 관리하며, 버퍼맵은 Sliding Buffer Window의 시작 위치와 각 캐시 버퍼에 저장된 비디오 블록의 유무를 {0,1}로 표현한다. (그림 2)에서 Playing Position인 16번 블록의 앞뒤 여섯 개 블록을 캐시 버퍼로 설정하였고, 버퍼맵은 시작위치인 10번 블록부터 13개의 블록으로 이루어진 캐시 버퍼에서 이미 채워진 블록은 1로, 그렇지 않은 블록은 0으로 표기하여 관리한다.

버퍼맵은 DHT를 검색하여 얻은 피어 정보로부터 일정 개수의 파트너 피어를 선정하여 데이터 스트림을 상호 교환하고, 버퍼맵을 교환하여 비어있는 버퍼 블록을 확인한다. 그리고 비디오 블록 데이터를 교환하여 빈 버퍼 블록을 채운다. 각 피어는 메시 기반의 오버레이 네트워크로 구성되며 인접 시간대에 재생을 시작하였는지 그리고 네트워크상의 인접 위치에 존재하는지를 기준으로 해서 피어들 사이에 비디오 블록들을 교환한다.

P2P VOD 시스템의 근본 문제 중의 하나는 피어가 예기치 못하게 시스템을 자주 이탈한다는 점이고, 피어가 필요로 하는 비디오 구간을 공급할 파트너 피어를 빨리 찾아 이를 해소한다 [2]. 본 논문은 피어들의 시간 정보와 지역 정보를 DHT의 해시 키값으로 사용하여 인접한 재생시점과 가까이 위치한 피어들을 파트너 리스트로 관리하기 때문에 파트너 피어를 빠르게 검색한다[8][17].

(그림 2) 각 피어 내의 버퍼맵과 동적 캐시 버퍼



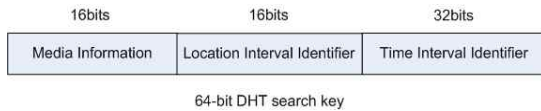
(Figure 2) Buffer map and dynamic caching buffer in each peer

DHT 해시 키값은 (그림 3)과 같이 16비트의 비디오 정보, 피어의 네트워크 위치구간 정보 (LID), 32비트의 비디오 시작시간 구간정보

(TID)로 구성된다. DHT 검색 키 중 하나인 TID는 비디오의 시작시간 t 를 상수 V 로 나눈 몫이며, V 크기 이내에 있는 재생구간을 시청하는 피어들은 같은 TID를 가져 동일한 재생구간을 시청하는 파트너 피어들을 찾는데 사용된다. 즉, 시작시간과 현재 재생시간의 오프셋을 확인하여 피어가 현재 어떤 구간을 재생하는지 알 수 있다.

그러므로 자신과 같은 재생 구간을 갖는 피어를 찾으려면 재생 구간 V 만큼의 비디오 구간을 버퍼에 캐시하고 있으므로 이 피어로부터 자신이 필요로 하는 비디오 구간을 전송 받을 수 있다. 따라서 동일한 TID를 갖는 피어를 한번의 DHT 해싱만으로 찾을 수 있어 피어 이탈에 따른 빠른 파트너 피어 검색을 실현할 수 있다.

(그림 3) DHT 해시 키



(Figure 3) DHT hash key

한편 피어들 사이의 잦은 연결이 필요한 메시 방식에서는 비효율적인 라우팅과 네트워크를 연결할 때 발생하는 오버헤드 때문에 네트워크 자원이 많이 낭비된다. DHT에 모든 피어들의 네트워크 위치정보를 유지하여 특정 피어가 파트너 피어들을 검색할 때 네트워크 위치상 가까운 피어들을 찾게 하여 오버헤드를 감소시킨다. 피어들은 DHT에 등록할 때 2차원 위치정보 (x, y)를 1차원 위치정보로 변환하고 이를 지역 구간을 분할하는 개수인 상수 L 로 나눈 몫인 LID를 해시키로 등록한다. 즉, 네트워크 위치상 인접한 노드들은 파트너 리스트로 구성되고, 이때 (x, y)의 2차원 좌표에 Hilbert curve[13]와 같은 Space Filling Curve (SFC)[14]를 적용하여 1차원 좌표로 변환하여 해시키의 구성요소로 만든다. TID와 마찬가지로 L 크기 이내에 있는 노드들은 동일한 LID 값을 갖게 된다.

DHT 해시키를 위와 같이 구성함으로써 피어가 파트너를 검색할 때 비디오를 동일한 구간의 재생하면서 네트워크 위치상 좀 더 가까이에 위치한 피어를 찾게 하여 파트너 피어를 찾는데

소요되는 시간을 단축하고 네트워크 자원을 효율적으로 사용할 수 있게 한다.

3.3 피어 탐색 및 데이터 교환

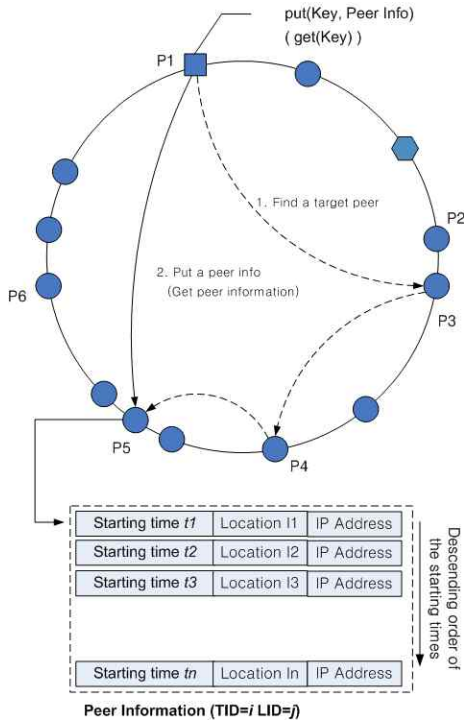
피어가 DHT 네트워크에 등록되는 시나리오는 (그림 4)와 같으며 모든 피어는 DHT 네트워크의 특정 노드에서 비디오 정보, LID, TID로 구성된 해시 키값을 이용해 관리되고, 오버레이 네트워크에 참가한 피어는 비디오 정보, LID, TID의 키값을 가지고 DHT에 추가된다. 노드의 참여와 관리는 Chord[12] DHT를 따르며, 노드가 DHT에 참여할 때는 $put(key, peer\ information)$ 함수를 통해 등록되고, 해당 피어가 저장·관리될 타깃 노드를 지정한다. 해시 키값이 동일한, 즉 같은 비디오 정보, LID, TID를 갖는 피어들은 하나의 타깃 노드에 파트너 리스트로 저장·관리되고 파트너 리스트는 재생시간과 IP 주소 쌍을 정보로 저장한다.

(그림 4)에서 P1이 시스템에 참여할 때, DHT에 등록되기 위한 PUT 함수를 통해 타깃노드인 P5를 검색하고 P5는 P1을 포함한 피어들을 재생 시작시간 순으로 정렬하여 저장·관리한다. 시스템은 피어가 참여하거나 이탈할 때마다 DHT 네트워크가 자동으로 갱신되도록 관리한다.

3.4 시스템 구성 및 동작

이렇게 구성된 DHT 네트워크는 피어 자신에게 데이터를 제공할 파트너 피어들을 검색하는데 이용되며 파트너 리스트 정보를 얻기 위한 DHT 검색과정은 DHT 등록 과정과 유사하게 진행된다. 재생하려는 시간 정보와 지역 정보를 키값으로 변환하여 DHT 검색 GET 함수를 요청하면, 타깃 노드로부터 파트너 피어 리스트 정보를 얻는다. (그림 4)에서 P1은 파트너 피어를 검색하기 위해 GET 함수를 사용해 타깃 노드인 P5를 검색하고 P5가 저장·관리하고 있는 파트너 리스트의 정보를 얻는다.

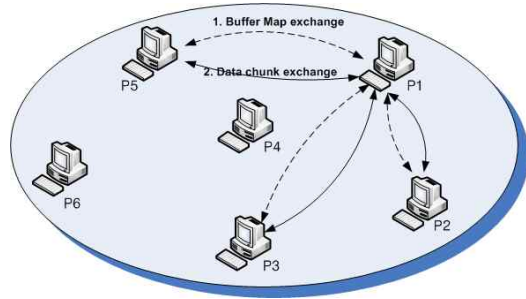
(그림 4) DHT 등록 및 검색 시나리오



(Figure 4) DHT registration and searching scenario

데이터를 교환하는데 이 파트너 리스트 정보를 사용하며, 비디오 블록의 교환 과정은 (그림 5)와 같다. DHT를 검색하여 얻은 파트너 피어 리스트는 동일한 재생시작 시간과 해당 피어의 IP 주소 쌍을 제공하므로 IP 주소를 이용하여 파트너 피어들과 버퍼맵을 교환한다. 버퍼맵을 교환하면서 각 피어들은 서로에게 필요한 세그먼트를 확인할 수 있고 그 후 비디오 블록들을 교환하게 된다. 비디오 블록을 교환한 후 지속적으로 파트너 피어들과 버퍼맵을 교환하며 버퍼맵 상태를 확인하고 비디오 블록들을 채운다. (그림 5)에서처럼 파트너 리스트들과 버퍼맵을 교환하고 필요한 버퍼 블록의 데이터를 교환한다.

(그림 5) 데이터 교환 시나리오



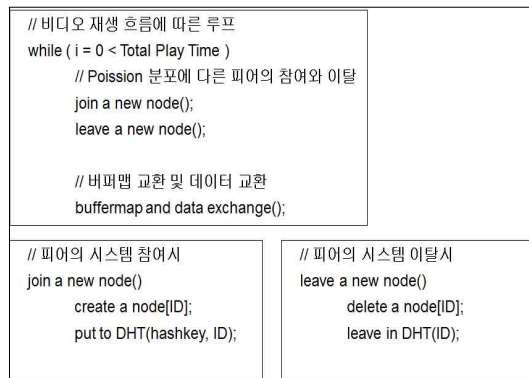
(Figure 5) Data interchanging scenario

4. 실험 및 분석

4.1 실험 환경 및 방법

비디오 재생 시간의 흐름에 따른 시간 구동 (time-driven) 방식의 시뮬레이션을 (그림 6)과 같이 수행하였다. 비디오 재생이 진전되면서 노드의 참여와 이탈이 동적으로 이루어지고 루프마다 버퍼맵과 데이터의 교환이 모든 피어에서 진행된다. 피어가 참여할 때에는 특정 ID를 가진 노드가 생성되어 즉시 DHT 네트워크에 등록되고 피어가 이탈되면 임의의 ID를 가진 노드가 제거됨과 동시에 DHT 네트워크로부터도 제거된다. Sliding Buffer Window는 2초로 설정하였고 피어의 업로드 대역폭을 1Mbps로 가정하였다. 동적 노드의 참여는 Poisson distribution[15]으로 모델링 하였다.

(그림 6) 시뮬레이션 절차



(Figure 6) Simulation procedure

DHT 알고리즘은 Chord 오픈 소스 라이브러리를 사용하여 구현하였고, DHT 해시 키값으로 사용하기 위한 각 노드들의 위치정보는 네트워크 토폴로지 구성 자료인 GT-ITM[16]을 따랐다. 그리고 Hilbert Curve 차원 변환 알고리즘을 사용해 (x, y)의 2차원 좌표를 1차원 값으로 변환하여 DHT 키값의 구성요소로 하고 노드간 거리 계산에 이용하였다.

DHT를 사용한 메시 기반 P2P VOD 시스템에서 DHT 네트워크를 구성할 때, 비디오 정보만을 이용하는 단순 DHT(S-DHT), VMesh[8]에서 비디오 정보와 지역 정보를 해시 키값으로 이용하는 DHT(L-DHT), 그리고 시간과 지역 정보를 이용하는 DHT(LT-DHT)의 성능을 분석한다. S-DHT는 DHT 해시 키값으로 비디오 정보만 사용하므로 재생시점과 지역정보에 무관하게 DHT와 파트너 리스트가 구성된다. L-DHT는 지역정보를 사용하지만 각 노드들의 재생시점에 무관한 DHT가 구성되므로 파트너 리스트의 수가 많아지거나 피어탐색 횟수가 늘어난다.

제안된 기법은 TID와 LID를 DHT 구성에 사용하므로 특정 노드가 관리하는 파트너 리스트의 일관성이 높고 피어를 탐색할 때 검색과 버퍼맵의 교환 횟수가 줄어든다. 세 기법을 대상으로 파트너 피어를 찾기 위한 메시지 수, DHT 해시 키값에 사용되는 지역 구간의 분할에 따른 메시지 수, 시간 흐름과 피어의 증가에 따른 버퍼맵 교환이 이루어진 횟수, 그리고 파트너 리스트들의 평균 거리를 측정, 비교하였다.

4.2 결과 및 분석

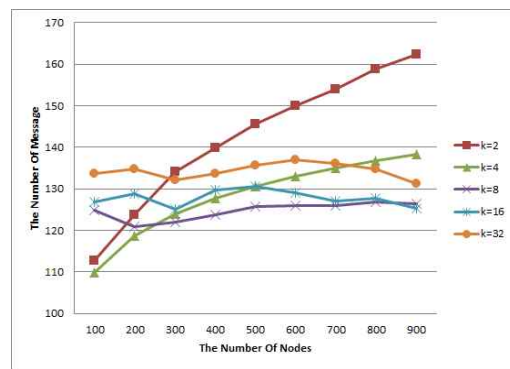
4.2.1 지역 구간의 분할에 따른 메시지 수

제안하는 기법은 피어의 위치정보에 따라 구간을 분할한 개수에 따라 메시지의 수가 달라진다. 위치정보를 이용한 구간 분할의 개수가 적으면 동일한 DHT 해시 키값을 갖는 노드가 많고 타깃 노드에서 관리하는 파트너 리스트의 수도 늘어나 파트너 리스트에 속한 모든 피어들과 메시지를 교환해야 한다. 반면에 구간 분할이 많을 경우 DHT 해시 키값이 동일한 노드가 적어지고 타깃 노드에서 관리하는 파트너 리스트의 수가 줄어들어 파트너 리스트내 피어들과의 메시지 교환 횟수는 줄어들지만 필요한 데이터 블록을 찾지 못할 확률이 증가된다. 이렇게 되면

현재의 $LID \pm 1$ 에 해당하는 키값을 담당하는 타깃 노드의 파트너 리스트들과 메시지를 교환하게 되어 메시지 교환이 많아지게 된다.

(그림 7)은 지역구간 분할 개수(k)별로 노드 수와 메시지 수의 관계를 보인다. 노드 수가 적을 경우에는 2분할과 4분할일 때 메시지 수가 작았지만 노드 수가 많아지면 지역 구간 분할 개수가 많을 때 메시지 수가 작아지는 양상을 보인다. 평균적으로 지역 구간을 8개로 분할했을 때 메시지 수를 줄일 수 있다.

(그림 7) 지역 구간의 분할 개수에 따른 평균 메시지 수

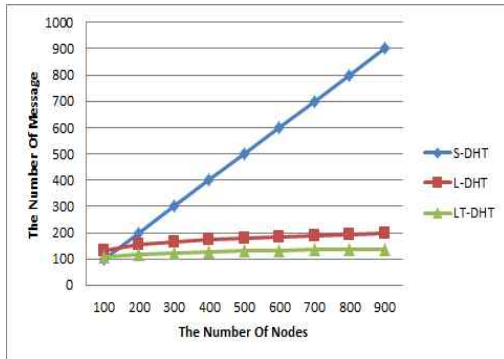


(Figure 7) The average number of messages vs. the number of location intervals

4.2.2 파트너 피어를 찾기 위한 쿼리 메시지 개수

(그림 8)은 각 피어가 파트너 피어를 찾는 데 필요한 메시지의 평균 개수로서 x축은 노드수이고, y축은 메시지 개수이다.

(그림 8) 파트너 피어를 찾기 위한 메시지 수



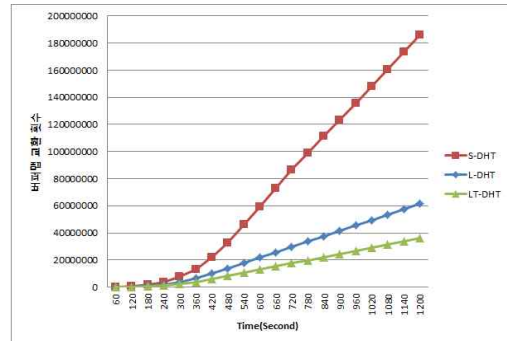
(Figure 8) The number of messages to find partner peers

노드의 개수가 증가함에 따라 메시지 개수 n 은 LT-DHT와 L-DHT에서 $\log_2 n$ 의 관계로 증가하고 S-DHT는 비례 관계를 보인다. 파트너 리스트에 저장되는 노드 수에 따라 쿼리 메시지의 수가 달라지는데, LT-DHT가 L-DHT에 비해 파트너 리스트가 관리하는 노드 수가 적었기에 따른 쿼리 메시지 개수는 평균 40여개 가량 감소하였다.

4.2.3 시간 및 노드 수에 따른 버퍼맵 교환 횟수

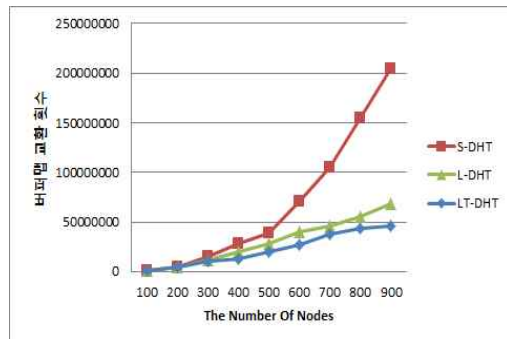
(그림 9)와 (그림 10)은 시간 및 노드 수 증가에 따른 버퍼맵의 교환 횟수를 보인다. S-DHT는 비디오 정보만을 DHT의 해시 키값으로 사용하기 때문에 각 피어가 자신과 동일한 재생시점을 갖는 피어를 찾기 위해 모든 노드들과 버퍼맵을 교환해야 한다. L-DHT는 DHT의 해시 키값에 시작 시간정보가 이용되지 않으므로 파트너 리스트의 수가 많아져 버퍼맵의 교환 횟수가 LT-DHT에 비해 많다.

(그림 9) 시간의 흐름에 따른 버퍼맵 교환 횟수



(Figure 9) The number of buffer map exchanges vs. the passage of time

(그림 10) 노드 수에 따른 버퍼맵 교환 횟수



(Figure 10) The number of buffer map exchanges vs. the number of nodes

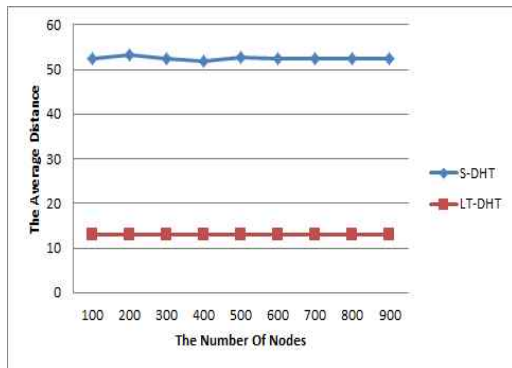
하지만 LT-DHT는 DHT의 해시 키값이 비디오 정보, 시간 정보, 그리고 지역 정보로 구성되므로 특정 노드에서 관리되는 노드 리스트는 동일 시간대 구간을 시청하는 피어들로만 이루어져 있어 리스트 내의 노드들과 버퍼맵을 교환하면 되므로 그 횟수가 줄어든다. 즉, 기존의 기법들에 비해 제안하는 기법의 버퍼맵 교환 횟수가 크게 감소하여 파트너 피어와의 잦은 연결에서 발생하는 불필요한 네트워크 연결을 줄일 수 있어 재생 대기시간을 단축시킬 수 있다.

4.2.4 파트너 리스트 내 피어간 평균 거리

네트워크 토폴로지를 실제와 유사하게 구성하고 GT-ITM 프로그램을 이용하여 구성된 모든 노드의 좌표를 이용해 S-DHT와, LT-DHT의 피어간 평균거리를 비교 측정하였다. S-DHT에

서는 노드간의 거리에 관계없이 DHT 네트워크가 구성되므로 파트너 리스트 내 노드들의 거리는 (그림 11)과 같이 평균 50 이상을 보인다. 한편 노드들의 좌표를 반영시키기 위하여 LID를 해시키 구성요소로 적용한 LT-DHT의 경우에는 근접한 위치의 노드들로 파트너 리스트가 구성되므로 10초 초반의 평균값을 보인다. 즉, L-DHT와 LT-DHT가 S-DHT에 비해 더 근접한 위치의 노드들과 데이터를 교환하여 피어 사이의 효율적인 라우팅을 할 수 있어 네트워크 연결 시 발생하는 오버헤드로 낭비되는 자원을 감소시킬 수 있다.

(그림 11) 파트너 리스트 내 노드 간 네트워크 평균 거리



(Figure 11) The average network distance between nodes in the list of partners

여기에서 L-DHT의 경우는 해시키에 시간 정보가 들어있지 않아 버퍼맵 교환 횟수가 증가하여 효율이 떨어지지만 지역 정보는 LT-DHT와 동일하게 들어 있어 노드 간 네트워크 평균거리 는 같게 나타나므로 실험 대상에서 제외하였다.

5. 결론

본 논문은 P2P VOD 시스템에서 재생 피어에게 데이터를 전송할 서버 피어를 빠르게 탐색하는 새로운 기법을 제안하였다. 제안된 시간 및 지역기반의 가상 메시 오버레이 네트워크는 인접한 위치의 피어들 중 동일한 재생시점을 갖는 피어들을 하나의 DHT 노드에 저장·관리한다. 비디오 재생에 필요한 세그먼트를 갖고 있는 피어를 찾기 위해 모든 노드에게 메시지를

보내는 대신 DHT상 특정 노드가 관리하게 되는 파트너 리스트 노드들에게만 메시지를 보낸다. 또한 버퍼맵 교환에 있어서도 동일한 비디오를 시청하는 모든 노드와 버퍼맵을 교환하는 것이 아닌 시간 및 지역 기반으로 관리되는 파트너 리스트 내의 노드들과 버퍼맵을 교환한다. 실험을 통해 파트너 피어를 검색하는데 필요한 메시지 개수와 버퍼맵 교환횟수가 기존의 기법들에 비해 향상되었고, 파트너 리스트 내의 노드간 거리 측정 결과에서도 S-DHT에 비해 근접한 거리에 있음을 확인하였다. 따라서 파트너 피어 검색을 위한 피어간 메시지 전달 횟수와 피어간의 버퍼맵 교환 횟수를 감소시켜 파트너 피어 검색에 필요한 시간을 단축한다. 즉, 순차적으로 시청하는 선형 콘텐츠 패턴 시 피어의 재생 대기시간을 줄여줄 뿐만 아니라 비디오의 전후방 임의의 지점으로 이동하거나 재생 속도 조절 등의 기능적 측면에서도 빠른 응답시간을 기대할 수 있다. 그리고 네트워크 위치가 근접한 피어들 사이에 버퍼맵 교환 및 데이터의 교환이 이루어지기 때문에 피어간 연결이 잦은 메시 기반 기법에서 피어 사이의 효율적인 라우팅을 통해 네트워크 연결 시 발생하는 오버헤드로 낭비되는 자원을 줄일 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] Y. Huang, T. Z. Fu, D.-M. Chiu, J. C. Lui, and C. Huang, "Challenges, Design and Analysis of a Large-Scale P2P-VOD System," SIGCOMM '08, pp.375 - 388, 2008.
- [2] Y. Lin, Y. Guo, and C. Liang, "A Survey on Peer-to-Peer Video Streaming Systems," Peer-to-Peer Networking and Applications, Vol. 1, No. 1, pp.18-28, Mar. 2008.
- [3] H. K. Choi, Y. Q. Gui, S. H. Seo, C. H. Ko, J. H. Seo, "TDM: Time-Driven Mesh Overlay Network for Peer-to-Peer Video-on-Demand Services," 2011 Int. Conf. on Cyber-Enabled Distributed Computing and Knowledge Discovery, pp.100-106, Oct. 2011.
- [4] A. Vlavianos, M. Iliofotou, and M. Faloutsos, "Bitos: Enhancing Bittorrent for Supporting Streaming Applications," 9th IEEE Global Internet Symposium, Apr. 2006.

- [5] C. P. Hong, J. G. Kim and S. D. Kim, "An Adaptive Buffering Scheme for P2P Live Streaming Systems," Journal of Digital Contents Society, Vol. 13, No. 4, Dec. 2012.
- [6] X. Zhang, J. Liu, and B. Li, "CoolStreaming: a Data-driven Overlay Network for Live Media Streaming," Proc. of IEEE INFOCOM, 2005.
- [7] A. Rowstron and P. Druschel, "Pastry: Scalable, Distributed Object Location and Routing for Large-Scale Peer-to-Peer Systems," Proc. of IFIP/ ACM Int'l Conf. Distributed Systems Platforms (Middleware), pp. 329-350, 2001.
- [8] W. P. Yiu, X. Jin, and S. H. Chan. "Vmesh: Distributed Segment Storage for Peer-to-Peer Interactive Video Streaming," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 25, No. 5, pp.1717-1731, Dec. 2007.
- [9] T.T. Do, K.A. Hua, and M.A. Tantaoui, "P2VoD: Providing Fault Tolerant Video-on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment," Proc. of IEEE Int'l Conf. on Comm., pp.1467-1472, 2004.
- [10] C. H. Ko, "Time-based DHT Peer Searching Scheme for P2P VoD Service on Mesh Overlay Network," Master Thesis, Kangwon National Univ., 2012.
- [11] M. Zhang, L. Zhao, J. Tang, and S. Yang, "A Peer-to-Peer Network for Streaming Multicast through the Internet," Proc. of ACM multimedia, 2005.
- [12] I. Stoica et al, "Chord: A Scalable Peer-to-Peer Lookup Protocol for Internet Applications," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol. 11, No. 1, pp.17-32, 2003.
- [13] T. Asano, D. Ranjan, T. Roos, E. Welzl, and P. Widmaier, "Space Filling Curves and Their Use in Geometric Data Structures," Theoretical Computer Science, Vol. 181, No. 1, pp.3-15, July 1997.
- [14] AR Butz, "Alternative Algorithm for Hilbert's Space Filling Curve," IEEE Trans. on Computers, Vol. 20, No. 4, pp.24-42, Apr. 1971.
- [15] E. Y. Hwang, "Adaptive Anchor Point Overlay to Support User Interactivity for Peer-to-Peer VoD Streaming," Master Thesis, Hanyang Univ., Aug. 2011.
- [16] E. W. Zegura, K. Calvent, and S. Bhattacharjee, "How to Model an Internet," Proc. of IEEE INFOCOM, San Francisco, CA, 1996.
- [17] C. P. Hong, J. G. Kim and S. D. Kim, "A Locality based Resource Management Scheme for Hierarchical P2P Overlay Network in Ubiquitous Computing," Journal of Digital Contents Society, Vol. 14, No. 1, Mar. 2013.

서재두



1984년 : 경북대학교 전자공학과 (학사)
 2004년 : 숭실대학교 지식정보학과 (공학석사)
 2009년 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학박사 수료)

1987년 ~ 1999년 : 대우정보시스템 MIS부, 컨설팅사업부 책임컨설턴트
 1999년 ~ 현재 : 정보통신산업진흥원 소프트웨어공학센터 팀장/수석연구원
 관심분야 : 멀티미디어시스템, 소프트웨어품질

고충효



2011년 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (학사)
 2013년 : 강원대학교 컴퓨터정보통신공학과 (공학석사)

관심분야 : 데이터베이스시스템, 멀티미디어시스템



최창열

1979년 : 경북대학교 전자공학과
(학사)
1981년 : 경북대학교 전자공학과
(공학석사)
1995년 : 서울대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1984년 ~ 1996년 : ETRI 컴퓨터연구단 책임연구원 /
연구실장
1996년 ~ 현 재 : 강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학
전공 교수
관심분야 : 컴퓨터아키텍처, 임베디드시스템, 모바일컴
퓨팅



최황규

1984년 : 경북대학교 전자공학과
(학사)
1986년 : KAIST 전기및전자공학과
(공학석사)
1989년 : KAIST 전기및전자공학과
(공학박사)

1990년 ~ 현 재 : 강원대학교 IT대학 컴퓨터정보통신공학
전공 교수
관심분야 : 데이터베이스시스템, 멀티미디어시스템,
클라우드컴퓨팅