

# 동적 위상 복제를 이용한 P2P 네트워크 설계

구태원<sup>o</sup> 김은규 이성룡 정연진\* 이광모  
한림대학교 컴퓨터공학과  
\*춘천정보대학 멀티미디어과  
{taewani<sup>o</sup>, ekkim, srlee, kmlee}@hallym.ac.kr  
yjjung@ccic.ac.kr

## A P2P Network Design with Dynamic Topology Cloning

TaeWan Gu<sup>o</sup> EunKyu Kim SeongRyong Lee YeonJin Jung\* KwangMo Lee  
Dept. of Computer Engineering, Hallym University

\*Dept. of Multimedia, Chuncheon College of Information and Technology

### 요 약

Peer-To-Peer(P2P) 네트워크 모델은 기존의 클라이언트/서버(Client/Server:C/S) 네트워크 모델에 비해 중앙 네트워크상의 트래픽 회피라는 측면에서 현재 활발히 연구되고 있는 분야이다. 그러나 P2P 네트워크 모델은 확장성, 네트워크에 참여하는 노드들의 수에 대한 제약, 구성된 네트워크 모델 기반에서 정보 및 공유 가능한 자원들의 검색에 대한 어려움 등의 많은 문제점들이 있다. 본 논문에서는 효과적인 정보 및 자원의 검색을 위해 정형화된 P2P 네트워크 모델을 기반으로 하여 P2P 네트워크 모델이 가지고 있는 특성들을 고려하여 동적으로 구성 가능한 위상 구조를 제시한다.

### 1. 서 론

Peer-To-Peer(P2P) 네트워크는 기존의 클라이언트/서버(C/S) 네트워크 모델과 같은 중앙 집중형 모델과는 달리 각 노드들이 서버의 역할과 동시에 클라이언트의 역할을 담당하여 상호 작용에 의존하는 모델을 의미한다. 이러한 P2P 네트워크 모델의 장점은 서버에 대한 의존도가 매우 낮거나 혹은 거의 없기 때문에 서버의 부하를 네트워크 말단으로 옮겨 네트워크 성능을 향상 할 수 있다는 것이다[1]. 뿐만 아니라 서버에 의존적인 자원들만을 사용할 수 있다는 제한을 개선하여 분산 컴퓨팅 환경에서 각 자원들(파일, 장치, 프로세스 등)을 효과적으로 활용하고, 여러 사용자에게 다양한 서비스를 제공할 수 있게 된다.

그러나 P2P 네트워크 모델은 네트워크에 참여하는 노드들의 증가에 따른 오버헤드, 정보 및 자원의 검색에 대한 어려움 등의 문제가 해결해야 할 과제로 제시되고 있는데, 그 중 특히 분산된 자원으로의 효과적인 접근 및 검색이 중요한 문제중의 하나이다[2]. 이러한 문제의 해결을 위하여 현재 많은 연구가 진행되고 있는데 대표적인 예로는 첫째, 정형적인 네트워크 모델 즉, 결정적(deterministic) 네트워크 모델 기반의 효과적인 검색 알고리즘을 적용하는 방법[3]과 둘째, 지능형 지식 기반(Intelligent Knowledge-based) 모델을 사용하여 자원 검색을 이용하는 방법[2] 그리고 통계적 모델에 근거한 자원 검색[4] 등이 있다.

본 논문에서는 효과적인 정보 검색을 위하여 결정적(deterministic) 네트워크 모델을 기반으로 하여 새로운 개념을 도입하였다. 이 네트워크는 결정적 네트워크 모델이 갖는 단점을 보완하기 위해 형성된 모델의 정보를 캐

싱하여 동적으로 각 노드에 의해 갱신 가능하도록 설계하고, 일관성(consistency)을 유지하기 위해 네트워크 모델 정보를 인접 노드들로 병렬적인 복제기법을 사용하여 전송 하도록 방법을 제시한다. 이 네트워크의 자원 공유 및 전송을 위해서는 기본적으로 Gnutella 스타일[5]을 적용하였다. 끝으로 이 논문은 제시한 네트워크 모델과 기존의 정형화된 네트워크 모델 기반의 P2P 네트워크 모델과의 성능을 비교하였다.

### 2. 관련 연구

P2P 네트워크 모델에서 효과적인 정보 검색을 위해 주로 사용되는 방법으로 도메인 지식 관리(Domain knowledge management)를 기반으로 하는 방법이 있다[6, 7]. 이것은 계층구조를 이용하여 상위레벨과 하위 레벨간의 정보 교환을 이용한 검색 방법을 사용하고 있다.

메타 데이터를 기반으로 하는 검색은 각각의 데이터베이스와 관계구조를 최적화하여 검색하는 기법으로 웹 검색엔진에서 많이 사용된다[8].

가상 이진 검색트리(Virtual Binary search tree)를 이용하는 방법은 Gridella[9]에서 사용된 P-Grid 구조로서 복사본들을 각 노드로 전송하여 각 노드로 하여금 필요한 자원을 검색하도록 하는 방법으로 Gridella, IFS[2], Plaxton[10] 등에서 사용하는 방법이다.

Chord[11]에서 사용하는 방법으로 분산된 키/값의 쌍으로 구성된 정보를 네트워크에서 검색하는 방법으로 최근 CAN(Content Addressable Network)[12]에서 사용하는 해시 테이블을 이용한 검색 기법과 함께 최근 활발히 연구되고 있다.

계층 캐싱(Caching Hierarchy)[13] 구조는 계층 디렉

트리 트리를 구성하고 검색을 위해 인덱싱된 단일 결정 파일을 구성 한 후 정보의 검색이 이루어 지므로 서버의 부하를 낮출 수 있는 장점이 있다.

본 논문에서는 이러한 계층 캐싱 구조를 위해 계층형 네트워크 모델을 사용하였으며, 모든 노드들은 네트워크 모델을 캐싱함으로써 네트워크에서 필요한 자원의 검색을 용이하게 하고, 이때 네트워크 위상의 동적인 변화에 대처하기 위해 캐싱된 단일 결정 파일을 인접 노드들로 병렬적 복제기법을 사용하여 전송함으로써 캐싱이 이루어 지도록 한다.

3. 본론

3.1 수정 스레드 이진 트리

본 논문에서 사용될 계층형 네트워크 모델로서 수정 스레드 이진 트리(Modified Thread Binary Tree) 구조[14]를 사용한다. 우선 스레드를 고려하지 않고 이진 트리가 완전성을 갖는다고 가정하고 네트워크에 참여하는 노드의 수를  $n$ , 트리의 깊이를  $d$ 라고 한다면 최대 참여 노드의 수  $\sum n$ 은  $2^d - 1$ 이 된다. 그리고 각 노드에서 통신을 위한 프로세스의 개수  $p$ 는 이진트리의 특성상  $p \leq 2$ 가 되기 때문에 위상의 구성이 매우 쉬워 진다는 장점을 갖는다[15].

위와 같은 구조에서 각 노드간의 위상 구조는 전송가능한 스트림으로 변환되어 최상위 노드(root)에서부터 순차적으로 다음 레벨의 하위 노드로 전송된다. 이때 변환되는 스트림에는 자신의 위상 정보와 하위 노드의 연결 정보를 담고 있으며, 하위 노드로의 전송은 동일 시점에 병렬적으로 전송된다. 전체 참여 노드의 수가  $N$ 이라면 최하위 노드로의 전송이 완료되기까지의 시간 복잡도는  $O(\log N)$ 이 되며, 이 과정이 완료되면 모든 노드는 전송된 위상정보를 갖게 된다. 여기서 전송된 위상정보를 단일 정보 파일이라 하고 이것은 각 노드별로 동일한 형태로 캐싱되어야 한다. 하지만 노드에 캐싱되는 단일 정보 파일의 내용이 전체 위상정보를 완벽하게 묘사 할 필요는 없다. 이것은 위상 유지를 위해 네트워크에 많은 오버헤드가 발생하는 것을 방지 하기 위함이다.

그리고 root 노드를 제외한 각 노드를 기준으로 상위 노드로의 스레드 포인터의 수정이 필요한데 이것은 이진 트리를 기반으로 네트워크 모델 구성시 노드의 수가 증가함에 따라 불필요한 스레드 포인터의 발생을 방지 하기 위함인데, 네트워크 모델의 규모가 최악의 경우  $2^d - 1$  개로 증가 하기 때문에 모든 노드에서 스레드 포인터를 갖는다면, 이를 유지하기 위한 오버헤드가 무시할 수 없는 수준으로 이르게 된다. 때문에 각 노드들은 캐싱되는 위상 정보를 근거로 자신의 형제(Sibling) 노드로만 스레드 하도록 한다. 이것은 불필요한 스레드 포인터의 사용을 방지하여 위상 구조를 단순화 할 수 있다는 장점을 가지며, 상위 노드에 결함 발생시 네트워크 분할을 방지하는 장점도 갖게 된다.

3.2 캐싱을 위한 단일 정보파일의 구성

단일 정보파일은 앞에서 언급되었다시피, 구성된 네트워크 위상을 묘사하는 정보 파일이다. 단일 정보 파일은 단일 정보 파일의 전송 비용을 나타내는 그림 1

은 네트워크에 참여하는 모든 노드들이 각자 가지고 있는 것으로서 참여된 네트워크의 위상 구조를 나타낸다. 단일 정보 파일을 캐싱함으로써 얻을 수 있는 장점으로는 첫째, 각 노드간 위상을 유지 함에 있어 지속적인 연결을 유지 할 필요가 없고 사용자의 요청이 있을 경우에만 연결을 재 설정 하면 된다. 둘째, 상위노드에서 결함이 발생할 경우 스레드 되는 형제 노드의 위치를 캐싱된 정보를 근거로 알아낼 수 있다.

단일 정보 파일을 구성하기 위해 필요한 정보는 다음과 같이 요약할 수 있다.

항목	설명
isRoot	최상위 노드 여부
Depth	트리에 속한 노드 깊이 (자신/전체)
Parent	상위노드 정보
LChild, RChild	좌, 우측 하위 노드 정보
ThreadSibling	스레드되는 형제 노드 정보

[표 1] 단일 정보 파일의 구성

[표 1]과 같이 구성된 단일 정보 파일은 전송을 위해 스트림화 된 후 자신의 하위 노드로 전송된다. 이 경우 네트워크 상에서 발생하는 최대 전송 비용은  $O(\log N)$ 이 되지만, root 노드에서 단일 정보 파일의 전송은 병렬적으로 이루어 지며, root 노드를 제외한 하위 노드간 형제 노드간의 연결은 하위 노드로 데이터 전송과 함께 형제 노드에 대한 캐싱 정보를 갱신하게 되므로 스레드 노드 연결 비용을  $t$ 라고 할 경우  $t \leq 2^d - 1$ 이 된다. 하지만 전체 네트워크 모델의 성능을 고려하면  $2^d - 1 < \log N$ 이 되도록 구성되어야 하므로 단일 정보 파일을 캐싱하기 위한 최대 전송 비용은  $O(\log N)$ 이 된다.

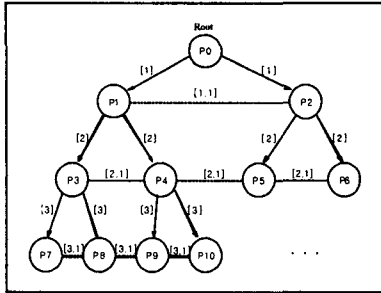
3.3 병렬 복제 기법

네트워크의 위상을 결정하고 이 정보를 단일 정보 파일로 구성 한 후, 각 노드로의 전송은 root 노드로부터 하위 노드로 병렬적 복제 기법을 사용한다. 각 노드로의 전송 기법으로 고려되는 사항은 크게 3 가지로 구분할 수 있다. 첫째, 단일 스레드에 의한 순차적 전송과 둘째, 미리 결정된 정해진 수의 스레드를 생성한 후, 그것을 풀(pool)로 구성하여 스레드풀을 사용하는 방법과 마지막으로 프로세스 복제를 이용한 병렬적 전송방법이 그것이다[16]. [16]에 의하면 전송 효율의 측면에서 스레드풀을 이용한 전송이 단일 스레드에 의한 순차적 전송에 비해 약 30%~50%정도 성능이 향상되었으며 또한 프로세스 복제를 이용한 경우에 비해서도 약 5%~10% 정도의 성능이 향상되었음을 알 수 있다. 하지만 전송 어려움을 고려 할 때 스레드풀을 이용한 경우보다 복제를 이용한 전송이 약 20% 정도의 나은 성능을 보이고 있다[16].

본 논문에서는 이러한 성능 평가를 기반으로, root 노드에서 하위 노드로의 단일 정보 파일 전송 기법으로 프로세스 복제 기법을 사용하며 아울러 이를 각 레벨별로 동시에 하위노드로 전송하도록 한다. 이때 같은 레벨에 존재하는 노드들은 각각 동일한 상위노드에 의해 정보 전송이 이루어 지므로, 노드의 레벨이 같을 경우 각 노드들은 동일한 내용의 단일 정보 파일을 공유 하게 된다.

다음 [그림 1]은 구성된 네트워크 위상에서 하위 노드

로의 단일 정보 파일 전송 방법을 나타내는 그림으로 root 노드에서 하위 노드로의 전송이 각 레벨에서 병렬적으로 수행됨을 나타내며, 결합허용을 위한 쓰레드는 상위 노드가 결정됨에 따라, 형제(Sibling)노드로 연결됨을 나타낸다.

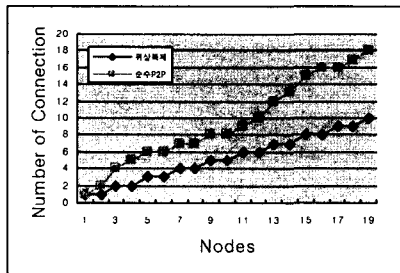


[그림 1] 병렬 복제 기법

4. 성능 평가

4.1 성능 측정

본 논문에서는 네트워크의 성능을 이론적으로 평가 하기 위해 우선 네트워크에 참여하는 각 노드들의 성능의 편차가 크지 않음을 가정한다. 때문에 노드간의 연결 및 단일 정보 파일의 전송에 따른 지연시간은 일정하다. 아울러 네트워크 상에서 발생하는 의미없는 트래픽은 고려하지 않음을 가정하고 노드 크기의 증가는 쓰레드 트리를 구성하기 위해 순차적으로 증가 된다. 그리고 평가 대상으로 순수 P2P 모델을 이용한 그래프 형식의 네트워크 모델을 사용한다.



[표 2] 노드 증가에 따른 트래픽 발생 빈도

4.2 분석

[표 2]는 네트워크 위상을 트리 형태로 구성하고, Gnutella 방식의 P2P 구조를 따름에 따라, 각 노드간 통신을 위해 필요한 연결이 증가하는 것을 의미한다. 하지만 Gnutella 방식의 순수 P2P 구조에서 발생하는 연결 오버헤드를 줄이기 위해 단일 정보 파일을 공유하며, 이를 위해 각 노드간 병렬 복제 기법을 사용함으로써 연결에 따른 오버헤드를 줄일 수 있었다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구 과제

본 논문에서는 Peer-To-Peer(P2P) 네트워크를 구성함에 있어 전통적 모델인 결정적 위상(Deterministic

Topology)을 이용하여 네트워크 모델을 설계하였으며 이 때 발생할 수 있는 문제점들을 해결할 수 있는 구조를 제시하였다. 이를 위해 계층 캐싱 기법을 이용하여 각 노드들은 전체 네트워크 위상을 캐싱 할 수 있는 단일 정보 파일을 구성하였다. 또한 단일 정보 파일의 효과적인 전송을 위해 병렬 복제를 이용한 전송을 사용하였으며 이것을 기존의 결정적 네트워크 모델과 비교 해 볼 때 네트워크의 성능이 개선 될 수 있음을 보였다.

참고 문헌

- [1] B. Yang, H. Garcia-Molina, "Comparing Hybrid Peer-To-Peer Systems", 27<sup>th</sup> VLDB Conference, Roma, Italy, 2001.
- [2] Y. Lee, C.Oh, E.K. Park, "Intelligent Knowledge Discovery in Peer-To-Peer File Sharing", CIKM'02, Nov. 4-9, 2002.
- [3] M. Schlosser, M. Sintek, S. Decker, W. Nejdl, "A Scalable and Ontology-Based P2P Infrastructure for Semantic Web Service", P2P02, September 2002.
- [4] D.A.Menasce, L.Kanchanapalli, "Probabilistic Scalable P2P Resource Location Services", ACM SPER, Vol. 30, No. 2, September 2002.
- [5] Gnutella website. [www.gnutella.com](http://www.gnutella.com)
- [6] Greiner, R., Grove, A., Roth, D., "Learning Active Classifiers", ICML '96, 1996 pp. 207 - 215.
- [7] Lee, Y. and Geller, J., "Parallel Transitive Reasoning in Mixed Relational Hierarchy", KR-96, pp. 576 - 587.
- [8] Yu, C. T., Meng, W, Liu, K., Wu, W. and Rishe, N. "Efficient and Effective Metasearch for a Large Number of Text Databases", CIKM99, 1999 pp. 217 - 224.
- [9] Aberer, K., Puceva M., Hauswirth, M., and Schmidh, R., "Improving Data Access in P2P Systems", IEEE Internet Computing Journal, JAN., 2002, pp.58 - 67
- [10] Plaxton, C. G., Rajaraman, R., and Richa, A.W. "Accessing Nearby Copies of Replicated Objects in a Distributed Environment", ACM Symposium on Parallel Algorithms and Architectures, ACM Press, June 1997.
- [11] Stoica, I., Morris, R., Karger D., Kaashoek, M. F. and Balakrishnan, H., "Chord: A scalable peer-to-peer lookup service for Internet applications", Technical Report TR-819, MIT, March 2001.
- [12] Ratnasamy, S., Francis, P., Handley, M., Karp, R., and Schenker, S., "Scalable Content-Addressable Network", In Proceedings of the 2001 Conference on Applications, Technologies, Architectures, and Protocols for Computer Communications August 2001.
- [13] Huffaker, B., Jung, J., Wessels, D., and Claiffy K., "Analysis of the Growth And Topology of the NLNRR Caching Hierarchy", In Proceedings of the Third International WWW Caching Workshop, June 1998.
- [14] 김은규, "메시지 기반 Peer-To-Peer 네트워크 토폴로지 형성에 관한 연구", 한림대학교 석사학위 논문, 2002.
- [15] 조수현, 김영학, "바이노미얼 트리를 이용한 이동 에이전트의 빠른 전송", 정보처리학회 논문지 A 제 9-A 권 제 3 호, 2002. 9.
- [16] 전상현, 정연진, 구태완, 이광모, "자바 쓰레드 풀을 이용한 웹서버의 구현 및 성능 분석", 한국 정보처리학회 추계 학술대회, 2000.