

단계별 OK 기법 기반 효과적 P2P 검색 알고리즘

김분희*, 이준연**

An Effective P2P Searching Algorithm Based on Leveled OK Mechanism

Boon-Hee Kim*, Jun-Yeon Lee**

요 약

P2P 시스템의 연구와 활용이 다양화 되면서 피어들의 자원 검색과정에서 발생하는 트래픽의 네트워크 대역폭에 주는 과도한 영향은 더 이상 간과할 수 있는 일이 아니다. P2P 응용 프로그램이 이러한 트래픽 발생의 양을 줄이지 않으면, 다양한 네트워크 응용 프로그램들이 산재해 있는 인터넷 환경에서 원활한 대역폭 사용에 큰 영향을 줄 수 있으며, 많은 네트워크 이용자의 관련 응용프로그램 사용에 불편함을 초래할 수 있다. 본 논문에서는 P2P 시스템을 이용하는 피어의 연결과 종료의 시점이 모호한 약결합 환경을 기반으로 하는 P2P 시스템에서 효과적인 검색 성공률과 트래픽 양을 발생하는 순수한 P2P 모델 기반의 브로드캐스팅 검색 기법에 대해 제안한다. 제안한 검색 기법은 관련 시스템에 내재된 문제점을 개선하는 방향으로 설계 및 구현되었으며, 기존의 브로드캐스팅 기반 검색기법과 비교 실험을 통해 제안된 검색 기법의 성능을 평가하였다.

Abstract

As the study and use of P2P systems are diversified, the effect of excessive amount of traffic, which occurs in searching peers' resource and is considered as a network bandwidth problem, cannot let the matter pass without making a protest. In case P2P application doesn't reduce network traffic, it can be much effected to use bandwidth smoothly in the internet environment where various network applications lie scattered and there will be inconvenience when many network users makes use of related applications. In this paper, we propose a pure P2P model based-broadcasting technique for producing successful hit ratio and traffic amount in the weakly connected environment based-P2P system where situation of peers' connection and exit is ambiguous. The proposed searching technique is designed/implemented to improve a resident problem in the related system and we have estimated the performance of the proposed searching technique comparing our technique with the existing broadcasting based-searching technique.

▶ Keyword : P2P(Peer-to-Peer), 검색 알고리즘(Search Algorithm), 트래픽(Traffic)

• 제1저자 : 김분희

• 접수일 : 2005.04.06, 심사완료일 : 2005.05.16

• 동명정보대학교 멀티미디어공학과 전임강사, ** 동명정보대학교 멀티미디어공학과 조교수

1. 서론

최근 고속 네트워크 기반시설을 근간으로 인터넷 사용자가 전 세계적으로 급증하고, 네트워크 기반의 응용 프로그램이 다양하게 개발되고 있다. 특히 웹이나 FTP, TELNET 등 네트워크 응용프로그램들이 한정적인 과거 환경에서와는 달리 P2P(Peer-to-Peer) 응용 프로그램과 같은 네트워크 기반 응용프로그램들이 다양하게 분포되어 있다. 이와 관련하여 최근 P2P 응용프로그램의 네트워크 트래픽이 압도적으로 증가하고 있다. KT는 18일 초고속인터넷인 메가패스와 기업전용회선의 지난 2004년 2월 국내 트래픽을 분석한 결과 P2P 트래픽의 비중이 88.8%로 집계됐다고 밝혔다. 이 가운데 소리바다 파일구리 등 파일 공유 프로그램을 통한 트래픽은 33.4%, 메신저를 통한 메시지, 파일 교환 트래픽은 55.3%였다. 이에 비해 인터넷 사이트 검색을 포함하는 월드와이드웹 관련 트래픽의 비중은 4.5%에 불과했다. 개인이 서버에 저장된 동영상 스트리밍 방식으로 내려받아 볼 때 발생하는 트래픽도 0.3%에 그쳤다. 우리나라와 외국 간에 발생하는 인터넷 트래픽 중에서도 e당나귀, 냅스터 소리바다 등 P2P 프로그램을 통한 파일 교환 트래픽이 전체의 33.7%, 메신저를 통한 P2P 트래픽이 42.7%로 집계됐다(1). 이러한 P2P 시스템은 각 피어(Peer, P2P 네트워크를 구성하는 개별적 노드)들이 가지고 있는 자원에 대해서 그 자원을 요구하는 피어와 자원을 가진 피어 상호 간의 직접적인 연결을 통하여 교환할 수 있도록 지원하는 네트워크 환경으로 서버의 직접적인 개입 없이 자원을 공유하는 기술로써 정의될 수 있다. 현존하는 P2P 모델은 피어 간의 네트워크링 방법과 역할에 따라 순수한 P2P, 간단한 조회 기능 서버를 가진 P2P(15), 조회 서버와 룩업 서버를 가진 P2P, 조회/룩업/컨텐츠 제공 기능의 서버를 가진 P2P로 분류할 수 있다(2). 순수한 P2P 모델은 중앙 서버 개념이 배제된 순수 클라이언트 대 클라이언트 간 네트워크링으로써 이루어진다. P2P 시스템의 탄생 배경에서 볼 수 있듯이 사용자 피어들이 각각 P2P 시스템에서 독립된 자원 제공 및 제공 받는 작업의 주체로써 하나의 피어의 기능 마비가 전체의 P2P 시스템에 영향을 주지 않는 순수 P2P 시스템이 궁극적인 P2P 시스템의 모델이다.

P2P 관련 연구 분야로 크게 자원 검색, 그룹 통신, 협업, 분산 컴퓨팅 분야로 나눌 수 있다. P2P의 기술 발전 방향도 이러한 연구 분야를 바탕으로 검색서비스 기반 연구에서 그룹 통신, 협업, 분산 컴퓨팅 쪽으로 발전되고 있다(4). 이러한 방향성은 시간의 흐름에 따라 새로이 등장한 분야를 기반으로 나타낸 기준이다. P2P 검색 기법으로 P2P 모델과 부합되어 서버의 기능이 있는 중앙집중식 디렉토리 모델, 순수한 P2P 환경에서 제안된 검색 모델로 검색 메시지를 전달하는데 있어 피어들의 참여여부에 따라서 모델들 구분할 수 있는 브로드캐스트 요청 모델, 순수한 P2P 네트워크 기반의 검색 모델로 공유된 자원의 ID를 기반으로 자원 검색 도큐먼트 라우팅 모델로 구분할 수 있다(6). 중앙집중식 디렉토리 모델로 Napster(5), 브로드캐스트 요청 모델로 Modified-BFS, Random Walks, GUESS, DRLP, 도큐먼트 라우팅 모델로 DHT, VBST 등이 있다. 각각의 분야들 모두 현재 활발히 연구가 진행되고 있다. 현재 P2P 컴퓨팅은 연구소나 업체에서 많은 주목을 받고 있으며 인터넷 트래픽의 급격한 상승 속도와 활발하게 연구가 진행되고 있는 관련 저술 활동과 언론에서 언급되는 빈도들이 이 사실을 잘 입증해 주고 있다.

P2P 시스템의 연구와 활용이 다양화 되면서 피어들의 자원 검색과정에서 발생하는 트래픽의 네트워크 대역폭에 주는 과도한 영향은 더 이상 간과할 수 있는 일이 아니다. P2P 응용 프로그램이 이러한 트래픽 발생의 양을 줄이지 않으면, 다양한 네트워크 응용 프로그램들이 산재해 있는 인터넷 환경에서 원활한 대역폭 사용에 큰 영향을 줄 수 있으며, 많은 네트워크 이용자들의 관련 응용프로그램 사용에 불편함을 초래할 수 있다. 또한 P2P 시스템은 피어들의 P2P 오버레이 네트워크에의 연결성이 매우 약한 약결합 시스템으로 검색 단계에서 원하는 자원을 찾는다 하여도 다운로드 단계에서 반드시 그 피어에서 자원을 다운 받을 수 있다는 보장이 없다. 이에 급증하는 P2P 시스템 이용과 더불어 트래픽량 감소와 약결합 환경에 영향이 적은 시스템에 대한 요구가 급증하고 있다. 순수한 P2P 모델 기반의 브로드캐스팅 모델에 속하는 검색 기법들은 검색 성공률 측면에서는 객관적인 성능이 상당히 보장되어 실제의 P2P 시스템에서 유용하게 이용되는 방법이다. 그러나 P2P 이용자가 급속히 증가되면서 검색 성공률과 별개로 발생하는 트래픽 양이 그 가용성을 의심하게 할 수준에 이르렀다. 이에 대해 현재 다양한 연구가 진행 중이며, 그 결과 Intelligent-BFS, LI, RI, APS, DRLP, GS 등의 메커니즘이 제안되어 있다. 그러나 이러한 연구들은 트래픽 양의 감소 측면에 그

연구가 집중되어 있으며, 네트워크 대역폭의 가용성을 높이는 P2P 응용 프로그램에 적합한 방식이다. P2P 응용 프로그램의 이용이 일반화됨으로써 사용자의 이용 횟수가 늘어남에 따라 네트워크 대역폭의 가용성을 높이는 측면 외에도 검색의 정확도가 향상되는 측면의 연구가 요구된다. 본 논문에서는 P2P 시스템을 이용하는 피어의 연결과 종료의 시점이 모호한 약결합 환경을 기반으로 하는 P2P 시스템에서 효과적인 검색 기법을 제안하고자 한다. 피어들 간의 네트워크 토폴로지가 수시로 변화하는 약결합 환경에서 유용성 및 신뢰성의 보장은 피어들에게 안정적인 P2P 시스템 제공의 기반이 된다. 기존의 P2P 시스템의 브로드캐스팅 기반 검색기법과 비교 실험을 통해 제안된 검색 기법의 성능을 평가하여, P2P 약결합 시스템을 위한 솔루션으로 적합하지

II. 관련 연구

이 장에서는 P2P 기반 약결합 시스템의 기본 개념에 대해 살펴보고, 이러한 P2P 시스템의 구축을 위한 대표적인 모델에 대해 알아본다. 또한 P2P 기반 약결합 시스템의 가용성과 신뢰성을 향상시키기 위한 자원 검색 기법에 대해 논의하여, 기존 연구들이 내포하고 있는 문제점을 제기한다. 최근 네트워크 관련 응용 프로그램은 개인 컴퓨터의 성능을 최대한으로 이용한 P2P 관련 응용프로그램이 주류를 이루고 있다. P2P 시스템은 향상된 네트워크 인프라와 개인 컴퓨터의 가격 대비 성능 향상을 기반으로 기존의 네트워크 응용 프로그램의 주요 형태였던 클라이언트 서버 기반의 구조에서 서버의 개입 없이 P2P 오버레이 네트워크를 구성하고 있는 각 피어(Peer, P2P 네트워크를 구성하는 개별적 노드)들 간의 독립적인 연결을 통한 전반적 네트워크의 과정으로 인식되어 있다. 즉 P2P 시스템을 이용하는 각 피어는 자신이 가지고 있는 자원에 대해서 그 자원을 요구하는 피어와 자원을 가진 피어 상호간의 직접적인 연결을 통하여 원하는 자원 교환의 목적을 달성 할 수 있도록 지원되는 네트워크 환경으로 서버의 직접적인 개입 없이 자원을 공유하는 기술로써 정의될 수 있다. 최근의 초고속 네트워크 기반 저가의 컴퓨팅 환경의 출현으로 기존의 클라이언트 서버 기반 시스템에서 서버에 의존한 서비스들이 피어 각각의 컴퓨팅 파워

로 해결되는 개념인 것이다.

최근 급속히 증가 하고 있는 P2P 응용프로그램의 네트워크 트래픽 양을 감소시키기 위한 연구의 필요성이 부각되고 있는데, 이는 효과적인 P2P 검색 기법의 필요성과 대응되는 주제이다. 본 절에서는 논의되고 있는 주요 검색 시스템을 분류해 보고, 각 검색 메커니즘의 특징을 살펴보겠다. P2P 시스템에서 자원의 검색 기법은 P2P 네트워크 구조에 따라 분류를 할 수 있다. 먼저 P2P 네트워크 구조는 피어 간의 네트워킹 방법과 역할에 따라 순수한 P2P(Pure Peer-to-Peer), 간단한 조회 기능 서버를 가진 P2P(P2P with a simple discovery server), 조회 서버와 룩업 서버를 가진 P2P(P2P with discovery and lookup servers), 조회/룩업/컨텐츠 제공 기능을 가진 P2P (P2P with discovery, lookup and content servers) 모델로 분류할 수 있는데, 여기서 순수한 P2P 모델을 제외한 나머지 서버의 기능이 있는 모델을 일반적으로 하이브리드 P2P로 묶어서 분류한다. 하이브리드 P2P 구조에 속한 검색 기법은 중앙집중식 모델(Centralized Directory Model)로써 대변되는데, 피어의 연결정보를 보유한 중앙 서버가 검색 대상 데이터의 보유 여부에 따라 중앙집중형 데이터베이스 모델(Centralized DB Model)과 분산형 데이터베이스 모델(Decentralized DB Model)로 나뉜다. 순수한 P2P 모델의 경우는 검색 기법의 특징에 따라 브로드캐스트 요청 모델(Broadcast Requests Model), 문서 라우팅 모델(Document Routing Model), 하이퍼큐브 토폴로지 검색 모델(Hypercube Topology Search Model)로 나뉜다 [11][12].

순수 P2P 컴퓨팅 환경을 기반으로 하는 검색 기법 가운데, Gnutella[7]는 자원 검색을 위해 사용하기 가장 쉬운 방법으로 불규칙적으로 연결된 네트워크 구조에 적용하기 용이하다. 그러나 검색 기법 가운데 가장 많은 네트워크 트래픽 량을 나타낸다. 변형된 BFS 기법은 Gnutella 알고리즘과 비교해 보면 검색 메시지에 의한 네트워크 트래픽 량이 적지만 인접한 모든 피어에게 질의 메시지를 전송하는 것이 아니므로 적중률이 낮다. Random Walks는 검색에 의해 발생하는 메시지의 수를 제한하여 전송하는 방법으로 변형된 BFS 알고리즘에 비해 메시지 발생량이 적다. 그러나 검색 적중률이 낮다. 이러한 검색 알고리즘의 특징은 검색 성공률과 트래픽 량 측면에서 효과적인 결과를 얻고자 연구의 방향이 진행되고 있음을 알 수 있다. 이와 더불어 P2P 환경의 기본 특징인 약결합 환경에 적응적인 기법이 보완되어야 한다.

III. 제안한 검색 알고리즘

이 장에서는 본 논문에서 제안한 브로드캐스팅 기반 검색 알고리즘을 위한 전략 및 모델을 제시한다. 우선 P2P 기반 브로드캐스팅 검색 기법을 지원하기 위한 전략으로써, 검색 트래픽을 최소화하기 위한 적합성 측면을 검토한다. 또한 제안한 검색 알고리즘을 위한 시스템 모델을 제시하고, 주요 컴포넌트들에 대해서 논의한다. 제안한 P2P 기반 검색 알고리즘은 K Walks 기반 P2P 시스템의 자원 검색 과정에서 발생하는 네트워크 트래픽 양을 최소화하기를 목표로 하며, 기본적인 P2P 시스템의 성능에 미치는 영향에 대해 평가하고자 한다. 본 논문에서 제안한 P2P 기반 약결합 시스템에서 검색 기법의 주요 설계 목표는 순수 P2P 모델 기반 자원 검색 과정에서 발생하는 네트워크 트래픽 양을 고려한 효과적 검색 지원, 자원 검색 횟수가 증가할수록 해당 자원 보유 피어로 검색 방향성이 결정되어 자원 보유 피어의 증가된 근접성 지원, 자원 검색 횟수의 증가에 따라 학습 작용이 일어나 적응을 증가시키는 것이다. 제안한 검색 기법은 운영 환경 상에서의 몇 가지 가정 하에 설계되었다. 먼저 자원 요청을 위한 검색 진행 메시지의 발생 및 진행의 과정에서 초기 이웃 피어의 선택과정은 K Walks의 기본 원리를 따른다. 그리고 제안한 P2P 시스템을 실제로 구현하여 실험하기에는 객관적인 실험 결과 값을 얻기가 어려우며 타 시스템과의 비교 분석에 상당히 복잡한 메커니즘이 필요하므로 이 연구에서는 논의로 한다. 이는 P2P 검색 분야의 일반적인 가정이다.

제안한 알고리즘은 독자적인 검색 진행 메시지의 발생 및 진행의 과정에서 초기 이웃 피어의 선택과정은 K Walks의 기본 원리를 적용한다. (그림 1)에서 제안한 알고리즘을 표현하고 있는데, 기본적으로 검색을 진행하고자 하는 주체 피어는 찾하고자 하는 자원에 대해 하나의 엔트리로 구성된 지역 인덱스 유지한다. 또한 검색의 과정을 거치게 되는 해당 이웃 피어들도 각각의 이웃 피어에 대한 지역 인덱스 값을 유지하게 된다. 이 지역 인덱스는 각 자원 당 하나로 배당되며, 인덱스에 저장되는 값은 이웃피어와의 연관성 확률 값을 반영한 값이다.

```

The_Orienteing() {
Initialization : pure P2P, random graph model
Definition : Qnode, Rjnode, i, K, Niindex
For (i = 0 ; i <= K; i++) {
  If (Niindex == null) {
    Original_Neighbor_Select;
    Random_Walks_Rule;
  }
  else {
    Max_size(all_of_Niindex);
    Neighbor_Select;
  }
  If (Qnode == Rjnode) {
    Backward_Forwarding(update_index);
    For (All neighbors of the hit node) {
      TO_hit_ratio_update
      constantV+recentTOHitRatio(0..1)
    }
  }
  When Broadcast_Flooding(Kwalker_success);
}

```

그림 1. 제안한 알고리즘
Fig 1. This Algorithm

(그림 1)에서 제안한 알고리즘을 보여주는데 기본적으로 순수 P2P 모델을 기반으로 하며, P2P 오버레이 네트워크의 토폴로지는 대부분의 P2P 검색 논문에서 적용한 랜덤 그래프 모델을 바탕으로 하며, 질의와 자원의 분포는 Zipfian 이외의 실제 P2P 시스템에서 보여지는 분포와 유사한 다양한 분포 법칙을 적용한다. 기본 입력값으로 모든 자원의 수를 나타내는 값이 요구되며, 보유 자원의 종류에 따라 인덱스로 구분하게 되고, 자원을 보유한 전체 노드의 수를 파악할 수 있다. 전체 노드 수는 오버레이 네트워크를 구성하는데 필요한 전체 노드 수로 초기 네트워크 구조를 설정하는데 필요조건이다. 각 노드의 평균 차수는 전체 오버레이 네트워크를 랜덤 그래프 모델로 설정함에 있어 노드간의 링크 관계를 설정하는데 있어 필수 요소이다. Walker는 질의 발생 노드의 K 수만큼 질의가 발생되어 K 수에 따라 전체 메시지 발생량에 큰 영향을 줌으로 적절한 수의 K를 결정하는데 있어 주요한 역할을 한다. 이웃노드에 관한 연관성 확률 값 보유 인덱스인 Niindex의 값이 초기값 즉 null 값을 가지고 있는 경우 Random Walks의 규칙에 따라 다음에 진행할 이웃노드를 선택하게 된다. 그렇지 않을 경우는 Niindex의 값을 분석하여 연관성 확률이 가장 높은 값에 해당하는 이웃 피어로 진행된다. 여기서 동일한 연관성 확률값을 가진 인덱스가 여러 있을 경우는 임의의 이웃을 선택한다. 이와 같은 초기화 작업 후 검색의 과정을 진행하는 Walker를 기반으로 실제적인 검색 과정이 시작되는데, 질의의 분석 과정에서 지역 인덱스의 연관성 확률 값을 바탕으로 우위에

있는 이웃피어를 선택하여 질의가 전파된다. 이때 원하는 자원을 발견하였을 시 질의 진행 방향과 역방향으로 연관성 확률 값을 갱신하면서 질의 발생 피어에 도달하게 된다. 즉 질의를 발생한 노드 Qinode와 부합하는 자원을 지닌 노드 Rinode을 찾은 경우 역방향으로 연관성 확률 값을 갱신하면서 질의 발생 피어에 도달하게 되는 것이다. 여기서 constantV는 갱신단위 연관성 확률 값으로 식 1)의 계산 값에 따르며, recentTOHitRatio는 이미 그 피어에 있는 연관성 확률 값을 표현한 것으로써 0과 1사이의 값을 보유하고 있다. 제안한 알고리즘의 기본 과정은 이러한 단계를 거치게 된다. 연관성 확률 값은 0과 1사이의 값으로써 검색의 결과가 적중되었을 때 해당 Walker에 의해 적중된 피어에서 검색 주체 피어의 방향으로 갱신함으로써 자원을 찾은 Walker의 검색 경로에 위치한 피어는 그 확률 값이 증가된다. 이 연관성 확률 값은 초기값은 0으로 셋팅되어 있지만 검색 적중률에 따라 비례적으로 증가된다. 검색 주체 피어가 원하는 자원에 대해 검색하고자 할 때 우선 작업이 바로 유지하고 있는 지역 인덱스의 해당 자원에 대한 연관성 확률 값을 기반으로 상대적으로 1에 더 가까운 이웃피어를 다음 경로로 선택하는데 이용하는 것이다.

갱신 단위 연관성 확률 값(α) = $1 / (\text{질의 발생 피어의 수} \times \text{Walker 수})$ ($1 = \text{Walker} (=15)$ —식 3-1)

식 1)은 연관성 확률값을 갱신하는데 있어 기존의 값에 합할 단위를 나타낸다. 갱신 단위 연관성 확률값은 질의를 발생할 피어의 수에 하나의 피어 당 발생시킬 Walker의 수에 비례한 값을 1로 나눈 값으로써, 하나의 피어가 모든 질의에 대해 질의 파생 경로 내에 포함되고 모든 Walker의 진행 경로에 포함한다 하여도 그 결과 나타나는 최종 연관성 확률 값의 총 합이 1을 넘지 않는 범위이다. 본 논문에서는 연관성 확률 값이 1에 해당하는 경우를 OK 인수로 칭하며, 이는 검색 주체 피어에서 요청한 해당 자원이 위치해 있는 피어의 모든 이웃피어에게 OK값을 부여한다. 이는 검색 주체 피어가 해당 자원이 있는 피어로의 근접성을 높이기 위한 정책으로써 기본 메시지 발생량에 자원 보유 피어의 이웃 피어의 개수 이하의 발생량이 부가적으로 발생된다. 이러한 메시지 발생량과 근접율의 증가로 인해 P2P 시스템의 성능에 어떠한 영향을 미칠지에 대해서는 실험 및 평가를 다루는 절에서 다루겠다. 요청을 전달하기 위해 N개의 이웃 피어에서 K개를 선택하고, K의 개수는 선택에 따라 달라지겠지만, 기본적으로 K의 값보다 피어의 N 값보다 크면, 전체 이웃 피어 개수만큼의 Walker가 생성된다. 또한 새로운 이웃 발견 시 해당 자원의 인덱스는 초기값 0으로

할당하고, 피어의 연결 종료 시 관련 이웃 피어의 엔트리를 모두 삭제하는 APS의 기본 프로토콜을 따른다.

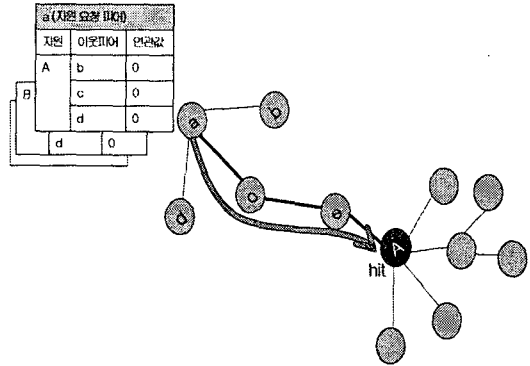


그림 2. 자원과 인덱스 구성
Fig 2. A formation of resource and index

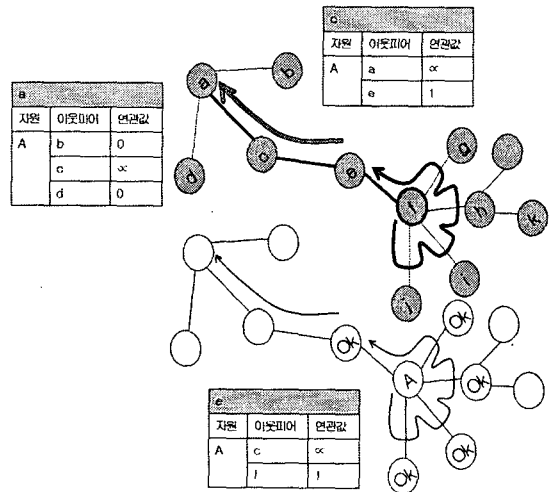


그림 3. 지역 인덱스 구조
Fig 3. Structure of local index

(그림 2)의 예에서처럼 A 자원을 찾은 시점에서 자원 요청 피어가 있는 a 피어 방향으로 각 피어들의 지역 인덱스 값을 갱신하여야 하는데, (그림 3) 그 예이다. 자원을 보유한 f 피어를 기점으로 이웃피어 e, g, h, i, j의 A 자원에 대한 이웃피어 f의 연관성 확률값을 1로 갱신한다. 제안한 알고리즘에 표현한 Ok 값이 연관성 확률값 1을 나타낸다. α 값은 식 3-1)에서 표현한 갱신단위 연관성 확률값에 이전에 저장되어 있던 값을 합한 결과이다. e 피어의 경우 이웃 피어인 c에 대해서는 α 값을 f 피어에 대해서는 Ok값을 보유하고 있고, a의 경우 이웃 피어 b, c, d 가운데 c 피어

만 α 값을 가지고 있고, 나머지 b, d는 이전과 그대로인 0 값을 저장하고 있다. 여기서 표현된 α 값은 각 피어, 자원, 이웃 피어의 종류에 따라 그 결과값은 모두 자체 저장되어 있는 값에서 갱신단위 연관성 확률값을 합한 값이므로 자기 다른 값을 의미한다.

브로드캐스트 검색을 지원하는 P2P 시스템들의 메시지 발생량을 줄이기 위해 해당 피어 보유한 이웃 피어와의 차수 가운데 일부분을 선택하여 검색이 진행되는 연구가 요구되지만 어렵게 찾아진 자원 보유 피어에 대한 정보를 다수의 피어의 다양한 방향에서의 접근될 수 있도록 근접성을 넓히는 것은 다양한 검색 성능에 영향을 준다. 제안한 검색 알고리즘의 근접성을 개선하기 위한 검색 모델로 확장하고자 한다. 검색 진행 메시지의 발생 및 진행의 과정에서 초기 이웃 피어의 선택과정은 K Walks의 기본 원리를 적용하며, (그림 4)에 제안한 알고리즘을 표현하고 있다. 기본적으로 검색을 진행하고자 하는 주체 피어는 찾고자 하는 자원에 대해 하나의 엔트리로 구성된 지역 인덱스 유지하며, 검색의 과정을 거치게 되는 해당 이웃 피어들도 각각의 이웃 피어에 대한 지역 인덱스 값을 유지하게 한다. 또한 이 지역 인덱스는 각 자원 당 하나로 배당되며, 인덱스에 저장되는 값은 이웃피어와의 연관성 확률 값을 반영한 값이다. 이러한 초기화 작업을 거쳐서 검색의 과정을 진행하는 Walker를 기반으로 실제적인 검색 과정이 시작되는데, 질의 분석 과정에서 지역 인덱스의 연관성 확률 값을 바탕으로 우위에 있는 이웃피어를 선택하여 질의가 전파된다. 이웃노드에 관한 연관성 확률값 보유 인덱스인 Niindex의 값이 초기값 즉 null 값을 가지고 있는 경우 Random Walks의 규칙에 따라 다음에 진행할 이웃노드를 선택하게 된다. 그렇지 않을 경우는 Niindex의 값을 분석하여 연관성 확률이 가장 높은 값에 해당하는 이웃 피어로 진행된다. 여기서 동일한 연관성 확률값을 가진 인덱스가 여럿 있을 경우는 임의의 이웃을 선택한다. 이와 같은 초기화 작업 후 검색의 과정을 진행하는 Walker를 기반으로 실제적인 검색 과정이 시작되는데, 질의의 분석 과정에서 지역 인덱스의 연관성 확률 값을 바탕으로 우위에 있는 이웃피어를 선택하여 질의가 전파된다. 이때 원하는 자원을 발견하였을 시 질의 진행 방향과 역방향으로 연관성 확률 값을 갱신하면서 질의 발생 피어에 도달하게 된다. 즉 질의를 발생한 노드 Qinode와 부합하는 자원을 지닌 노드 Rinode을 찾은 경우 해당 이웃 노드에 대해 연관성 확률 값이 1에 해당하는 OK 인수를 검색 주체 피어에서 요청한 해당 자원이 위치해 있는 피어의 모든 이웃피어에게 부여한다. 이는 연관성 확률

값의 최고치를 부여함으로써 주변 피어에서의 근접율을 높여준다. 이웃 피어를 제외한 질의 진행 역방향에 위치한 해당 피어들은 갱신단위 연관성 확률 값 constantV과 이미 해당 피어에 있는 연관성 확률 값을 나타내는 0과 1사이의 값인 recentTOHitRatio의 결합 연산에 의해 인덱스 갱신 과정이 진행된다. 검색 주체 피어가 해당 자원이 있는 피어로의 근접성의 정도를 더욱 높이기 위한 정책으로써 단계별 OK 정책을 제안한다. (그림 4) 알고리즘에서와 같이 OK 정책의 단계를 정함에 따라 자원에 대한 근접율을 기존의 방법에 비해 향상시키고자 한다. 검색의 과정이 시행되기 이전에 OK 값의 단계를 정하는 작업이 선행되며, 기존의 정책은 단계별 OK 정책을 인용하면 1단계 OK 정책을 구현한 것이다.

```

Leveled_Orienteing() {
Initialization : Pre_Ok_Peer, Distribution Strategy
Definition : Qinode, Rinode, OK, i, K, Niindex
For (i = 0 ; i <= K; i++) {
  Flooding_Rule_The_Orienteing;
  If (Qinode == Rinode) {
    If (neighbor) {
      For (All neighbors of the hit node) {
        Updated_index(OK);
      }
    } Else {
      Backward_Forwarding(update_index);
      constantV+recentTOHitRatio(0..1);
    }
  } Else If (Qinode == Pre_Ok_Peer) {
    For (All neighbors of the OK node) {
      Updated_index(OK - constantV);
      Backward_Forwarding(update_index);
      constantV + recentTOHitRatio(0..1);
    }
  }
}
When Broadcast_Flooding(Kwalker_success);
}
    
```

그림 4. 단계별 OK 정책
Fig 4. Leveled OK strategy

본 알고리즘의 복잡도를 계산해 보면 다음과 같다. 문제의 크기를 나타내는 파라미터 n을 검색의 과정에서 거치게 되는 노드의 수로 정하였다. 아래의 예는 본 알고리즘과 Gnutella 모두 동일한 상태에서 6홉만큼을 모두 거쳤을 경우의 n을 나타낸다. n에 관해 가장 빨리 증가하는 항만을 남기고 다른 항은 무시해도 되는 점근적인 복잡도 평가에 의해 본 알고리즘을 평가해 보면 $O(\log n)$ 이다. Gnutella의 브로드캐스팅 검색 기법은 $O(n^n)$ 으로 본 알고리즘의 복잡도가 확연히 낮음을 알 수 있다.

본 알고리즘(K=20, outdegree=20)	Gnutella(outdegree=20)
20	20
20	380
20	7220
20	137180
20	2606420
20	49521980

2단계 이상의 OK 정책을 선택함으로써 비로써 (그림 4)의 과정을 거치게 되는데, 단계가 증가함에 따라 각 단계 당 OK에 갱신 단위 연관성 확률 값만큼 감소시켜 각 지역 인덱스에 연관성 확률 값을 갱신하게 된다. (그림 4)의 마지막 Else If 문에서 검색 질의 Qinode에 부합하는 자원을 찾는 과정에서 이웃노드의 연관성 확률값이 OK인 Pre_Ok_Peer에 도달하였을 경우 갱신 과정을 보여주고 있다. Pre_Ok_Peer의 이웃노드의 연관성 확률값을 기존에 결정된 OK값에서 갱신단위 연관성 확률 값 constantV를 감산 과정을 거친 결과값 즉 OK값에 가장 근접하는 연관성 확률값을 부여하게 된다. Pre_Ok_Peer의 이웃 노드 이외의 질의 역방향 피어들은 기존의 recentTOHitRatio 값에 상수 constantV의 합산 과정을 거쳐 연관성 확률값 갱신과정을 마치게 된다.

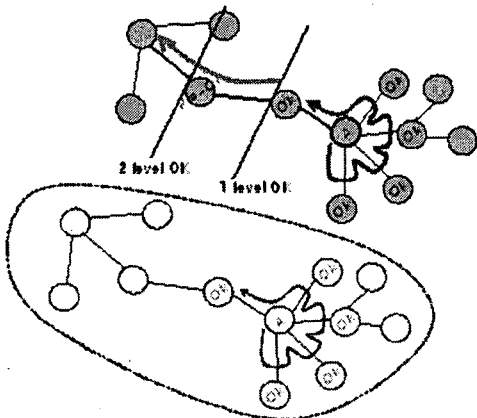


그림 5. 2 단계 OK 정책에서 검색 결과 갱신
Fig 5. Updating search results in two leveled OK strategy

(그림 5)에서 2단계 OK 정책을 도입한 후 검색 결과의 갱신과정을 보여준다. 2단계 OK 정책에서 첫 번째 단계의 OK 값들은 기존과 같이 1의 값이 입력되는데, (그림 5)의 2 번째 단계의 Pre-OK는 (그림 4)에 표현된 $ok = ok - constantV2$ 와 같이 갱신 단위 연관성 확률 값인 $constantV2$ 을 OK값에서 감산한 값으로써 OK 값만큼 큰 연관성 확률 값을 지역 인덱스에 저장하게 된다. 단계를 증가시킴에 따

라 OK값에서 갱신 단위 연관성 확률 값만큼 감산된다. 자원 보유 피어에 대한 근접성을 높이기 위한 단계별 OK 정책은 본 논문의 연구결과 식 1)의 규칙에 의해 정하는 것이 근접성과 메시지 발생 양과 관련한 상관관계에서 상호 이익을 얻을 수 있는 값으로 증명된다. OK 단계에 대한 적절한 값을 결정하는데 있어 TTL이 검색 주체 피어에서 발생한 각 Walker가 자원을 찾을 때까지 진행될 수 있는 최대 홉수이고, 노드의 차수는 각 노드의 평균 차수(outdegree)를 나타내며, 노드는 전체 P2P 오버레이 네트워크를 구성하는 평균 노드의 수, 객체 수는 자원을 보유한 피어의 수를 나타낼 때, 즉 평균 피어의 차수가 20이고, 전체 노드의 수가 10000, TTL이 6, 객체의 수가 100일 때 이상적인 OK 단계 결정 값은 2 이하로 적정 OK 단계를 결정할 수 있다. 이는 P2P 오버레이 네트워크 하에서 자원 검색이 진행되는 다양한 P2P 프로토콜의 트래픽 발생량과 성공률과의 관계에서 효과적인 검색 성능을 발휘하기 위한 본 논문에서의 실험 과정을 통해 증명되었다.

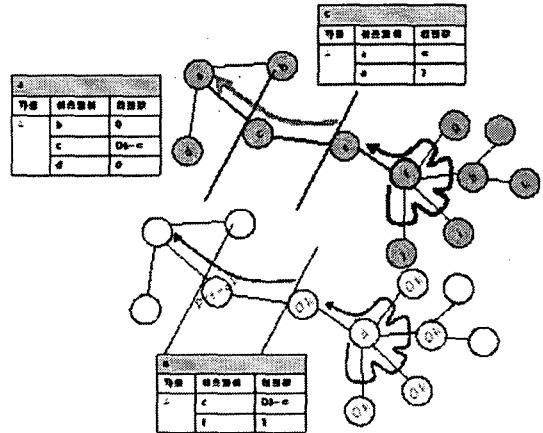


그림 6. 지역 인덱스 값 갱신
Fig 6. Updated local index value

(그림 6)은 2단계 OK 정책을 적용한 후의 각 피어의 지역 인덱스의 변화를 보여준다. 자원을 보유한 f 피어를 기점으로 이웃피어 e, g, h, i, j의 A 자원에 대한 이웃피어 f의 연관성 확률값을 1로 갱신한다. α 값은 식 3-1)에서 표현한 갱신단위 연관성 확률값에 이전에 저장되어 있던 값을 합한 결과이다. e 피어의 경우 이웃 피어인 c에 대해서는 $ok - \alpha$ 값을 f 피어에 대해서는 Ok값을 보유하고 있고, a의 경우 이웃 피어 b, c, d 가운데 c 피어만 $ok - \alpha$ 값을 가지고 있고, 나머지 b, d는 이전과 그대로인 0 값을 저장하고 있다. c 피어의 경우 이웃 노드인 a에는 α 값을 e 노드에 대

해서는 1의 값을 저장하고 있다. 다음 절의 실험 및 성능 평가과정에서 (그림 1)의 알고리즘을 TO(The Orienteering)라 하겠다.

IV. 실험 및 성능 평가

이 장에서는 P2P 시뮬레이터를 이용한 일련의 실험들을 통해 제안한 검색 알고리즘의 성능을 평가한다. 제안한 검색 알고리즘의 성공적인 검색 연산을 확인하기 위해 2절의 관련 알고리즘 분석을 통해 조사된 K Walks, APS, Int-BFS과의 성능 비교를 통해 제안한 검색 알고리즘의 P2P 약결합 환경에서의 적합성을 검증한다. J2SDK 1.4.2 버전의 Java 언어를 기반으로 한 PeerSim 시뮬레이터는 P2P 환경의 검색 알고리즘을 실험하기 위해 설계되었다. 노드의 수가 100만 이상에 달하는 P2P 시스템들이 동작되는 가운데, 네트워크 트래픽의 상당부분을 차지하는 P2P 시스템은 노드의 생성 및 삭제가 빈번히 일어나는 동적인 환경이다. 이러한 P2P 약결합 시스템에서 PeerSim 시뮬레이터는 다양한 검색 성능을 실험해 볼 수 있다. 또한 다양한 운영환경을 지원하여, 본 논문에서는 Window Server 2000 운영체제 하에 J2SDK 1.4.2의 개발 환경을 기반으로 소프트웨어 플랫폼을 구성했고, 시스템 사양은 Intel Pentium III 871MHz, 메인 메모리 256 Mb, 하드디스크 40 Gb 환경에서 실험하였다.

구성된 실험 환경 하에서 실험 대상의 기본 인수들을 설정해야 한다. 시뮬레이션 인수 가운데 P2P 모델은 순수한 P2P 모델, 그래프 모델은 랜덤 그래프 모델, 노드 수는 10000개의 노드, 평균 노드의 차수(degree)는 20, K Walker의 수는 15, TTL은 6, 객체 수는 100, 질의 분포는 Zipf를 기본으로 하고 비교 대상으로 Power-Law 및 Watts-Strogatz 분포를 대상으로 하며, 질의 발생 피어의 수는 1000으로 한다. 그래프 모델로써 랜덤 그래프를 실험 인수로 이용하였는데, 다수의 P2P 관련 검색 알고리즘의 네트워크 토폴로지로 랜덤 그래프 모델을 선정하여 실험 환경에서 피어 간의 연결 관계를 맺고 있다. 또 질의 분포는 실제 P2P 시스템에서의 분포와 가장 유사하다고 알려져 있는 Zipf 분포를 바탕으로 주요 실험이 이루어졌다.

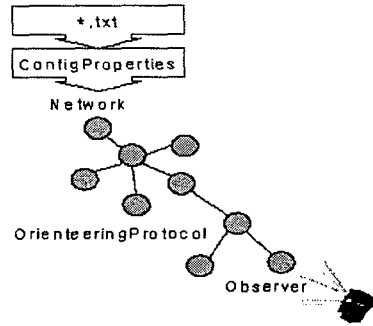


그림 7. 실행과 클래스의 상관도
Fig 7. Diagram of execution and class

시뮬레이터 실행에 있어 주요 클래스의 상관관계를 (그림 7)에서 나타냈다. Java의 Util 클래스에 ConfigProperties를 이용하여 환경 설정과 관련된 텍스트 파일을 Java 프로그램 내에서 해석하기 위한 형태로 변환하고, 변환된 값 가운데 네트워크 구성과 관련된 사항에 대해서 Network 클래스를 부모 클래스로 하는 다양한 자식 클래스에서 해당 네트워크를 구성한다. 구성된 오버레이 네트워크 상에서 본 검색 알고리즘이 OrienteeringProtocol 클래스를 주 클래스로 하여 질의 발생 피어를 기점으로 Walker 개수 결정 작업과 함께 자원 보유 피어의 검색 작업이 해당 홉 수만큼 진행되고, 이에 따라 적중된 피어의 발견과 더불어 연관성 확률값 갱신 작업이 이뤄지면서 Observer 클래스에 의해 메시지 발생량, 성공률 등의 성능 평가 값을 배출하는 과정이 감시된다.

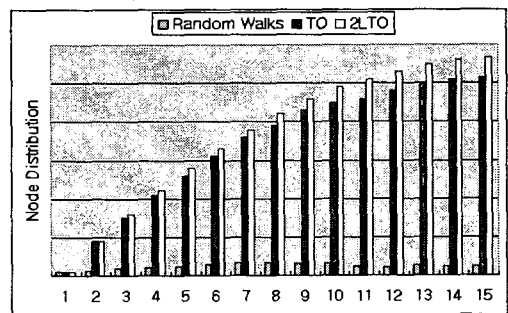


그림 8. 노드 분산율
Fig 8. Node distribution rate

(그림 8), (그림 9)은 Random Walks와 TO에 대한 실험 결과를 비교하였고, (그림 10) 이후는 Random Walks, TO, APS를 비교하였다. APS의 경우 관련연구에서도 나왔

지만 브로드캐스팅 검색 기법의 하나로 자원을 검색하는데 있어 질의 발생 노드가 보유한 정보는 이웃노드에 국한된 정보가 아니라 해당 자원에 대한 정보를 가지고 있거나 자원을 보유하고 있는 노드에 대한 정보를 유지하고 있는 방법이다. (그림 8)에서 X 축은 실험의 횟수를, Y 축은 노드 분산율을 의미한다.

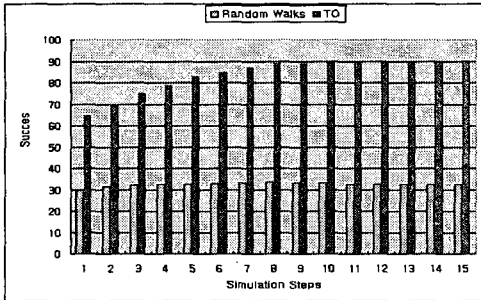


그림 9. 검색 성공률
Fig 9. Search success rate

(그림 9)은 실험 단계의 증가에 따른 검색 성공률의 변화를 Random Walks와 TO에 대한 비교 결과이다. 실험의 초기 단계에서 나타났던 성공률값과 비교했을 때 실험 단계의 변화에 따른 급격한 변화는 두 검색 기법 모두 없었다. 그러나 TO의 경우 실험의 초기 단계에서 7단계까지는 성공률 변화의 폭이 컸으나 그 이후의 경우 변화가 거의 없었다. 두 검색 기법의 절대적인 비교값의 결과는 35-60 정도의 큰 차이를 보이고 있다. 1-7단계에서의 5% 이상의 급격한 상승률은 연관값의 학습효과에 의해 향상된 부분으로 판단된다.

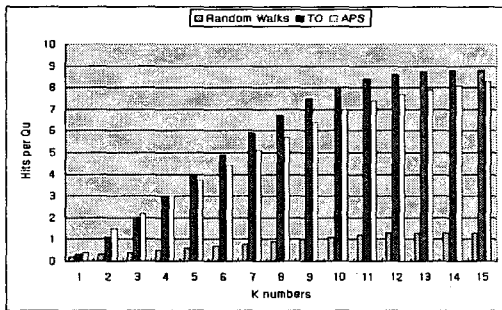


그림 10. 질의당 적중률
Fig 10. Hit ratio per query

(그림 10)에서 질의 발생 피어로부터 동시에 발생하는 메시지의 수를 나타내는 K를 15까지 증가시키면서 질의당 적중률의 추이를 비교하였다. 세 모델 모두 K 수가 증가함

에 따라 질의당 적중률이 상승하는 결과를 보여주고 있는데, 특히 TO의 경우 K수 4를 기점으로 APS보다 0.2에서 1.1의 차이로 더 높은 적중률을 보이고 있다. 많은 연구에서 질의당 적중률에서 0.5 이상의 차이는 의미있는 결과로 표현된다[8][9][10].

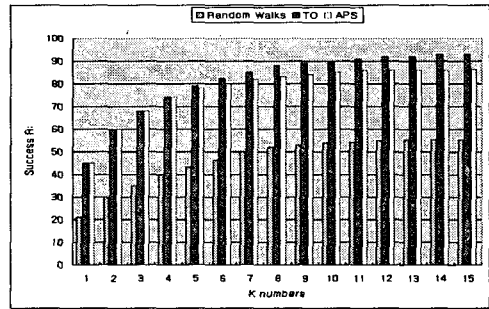


그림 11. K 수의 따른 검색 성공률
Fig 11. Search success rate according to K number

(그림 11)질의 발생 피어로부터 동시에 발생하는 메시지의 수를 나타내는 K를 15까지 증가시키면서 비교 대상 검색 기법의 검색 성공률의 변화 정도를 보여준다. 8에서 15 단계에서 거의 7% 정도의 차이로 TO의 성공률이 APS에 대해 비교 우위를 나타내고 있다. 기존 연구에서 해당 검색 기법과 기타 실험 환경이 동일한 조건에서 성공률 1%를 올리기 위해 검색 메시지 수만을 변화 시켜 해당 목적을 달성한다고 할 때, 총 메시지 발생량의 증가는 검색 기법에 따라 차이가 있지만 성공률의 증가 비율에 비해 2배수 이상의 메시지 발생량을 나타내고 있다. 이에 성공률의 7% 상승은 의미있는 결과로 인식된다. K 수의 증가에 따른 추이는 Random Walks, TO, APS 모두 비슷한 증가를 보이고 있고, 5에서 8단계 사이로 K 수를 정하는 것이 성공률과 트래픽 발생량과의 연관관계에서 의미 있는 결과를 얻을 수 있다.

V. 결론

급증하는 P2P 시스템 이용과 더불어 트래픽 량 감소와 약결합 환경에 영향이 적은 시스템에 대한 요구가 증가되고 있다. 본 논문에서는 P2P 시스템을 이용하는 피어의 연결

과 종료의 시점이 모호한 약결합 환경을 기반으로 하는 P2P 시스템에서 효과적인 검색 성공률과 트래픽 양을 발생하는 순수한 P2P 모델 기반의 브로드캐스팅 검색 기법에 대해 제안하였다. 제안한 검색 기법은 관련 시스템에 내재된 문제점을 개선하는 방향으로 설계 및 구현되었으며, 기존의 브로드캐스팅 기반 검색기법과 비교 실험을 통해 제안된 검색 기법의 성능을 평가하였다.

본 논문에서 실험 결과 대부분의 문제 크기에서 만족할 만한 수준의 오버헤드를 보여주었으며, 시뮬레이션 단계가 증가함에 따라 성공적인 질의 결과를 보여주었고, 질의율에 따른 차별적 리플리케이션 기법의 적용에 따른 유효성을 검증하였다. 또한 검색의 방향성과 통신 발생의 분포 측면에서 적절한 타협점에서 동작함을 확인하였다.

질의 성공률에 결정적이며 메시지 발생량과 직접적인 영향이 있는 Walker의 수를 결정하는 전략에 대한 연구가 향후 보완되어야 하며, 다양한 자원 복제 기술[13]을 적용한 후 실험 결과에 미치는 영향에 대해 보완하고자 한다. 또한 이형 분산 시스템[14]에서의 본 검색 알고리즘의 적용성 및 확장 가능성에 대해 연구하고자 한다.

참고문헌

- [1] KT, P2P Traffic Investigation, 2004.
http://news.naver.com/hotissue/daily_read.php?section_id=105&office_id=015&article_id=000071
- [2] T. Hong, Peer-to-Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies, O'Reilly, 2001.
- [3] Y. Lee, et al., "Intelligent Knowledge Discovery in Peer-to-Peer File Sharing," IKM'02, pp. 308-315, 2002.
- [4] D. S. Milojicic, et al., "Peer-to-Peer Computing," Technical Report(HPL-2002-57), Hewlett-Packard Company, 2002.
- [5] Napster website: <http://www.napster.com>.
- [6] S. Daswani and A. Fisk, Gnutella UDP extension for scalable searches (GUESS) v0.1
- [7] Gnutella website: <http://gnutella.wego.com>
- [8] P. Ganesan, et al., "YAPPERS: A Peer-to-Peer Lookup Service over Arbitrary Topology", INFOCOM03, pp.1250-1260, 2003.
- [9] K. Aberer, et al., "Improving Data Access in P2P Systems," IEEE, vol. 5, no. 1, pp. 58-67, 2002.
- [10] K. Sripanidkulchai and Bruce Maggs, "Efficient Content Location Using Internet-Based Locality in Peer-to-Peer Systems," INFOCOM03, pp.238-243, 2003.
- [11] B. Yang and H. Garcia-Molina, "Improving search in peer-to-peer networks," ICDCS'02, pp.103-113, 2002.
- [12] D. Tsoumakos and N. Roussopoloulos, "Analysis and Comparison of P2P Search Methods," Technical Report(CT-TR-4451), University of Maryland, Dept. of Computer Science, 2003.
- [13] 박종선, 장용철, 오수열, "적용적 중복 객체 알고리즘을 이용한 객체 복제본 관리 연구," 한국컴퓨터정보학회, pp.51-59, 2003.3.
- [14] 장연세, "이형 분산 컴포넌트 플랫폼간 상호 운영성 보장에 대한 연구," 한국컴퓨터정보학회, pp.40-45, 2002.12.
- [15] Boon-Hee Kim, Young-Chan Kim, "Ptops Index Server for Advanced Search Performance of P2P System with a Simple Discovery Server," LNCS 3032, Springer-Verlag, pp. 285-291, 2004.4.

저자 소개



김 분 희
2005년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2005년~현재 : 동명정보대학교 멀티미디어공학과 전임강사



이 준 연
2000년 2월 : 중앙대학교 컴퓨터공학과 공학박사
2000년~현재 : 동명정보대학교 멀티미디어공학과 조교수