

비구조적 피어-투-피어 시스템에서 입자 군집 최적화를 이용한 우수 피어 비율 조절 기법

장형근 한성민^o 박성용
서강대학교 컴퓨터학과

djweber@dcclab.sogang.ac.kr, cuspier@gmail.com^o, parksy@sogang.ac.kr

A Particle Swarm Optimization based Control Scheme for Super Peer Ratio in Unstructured Peer-to-Peer System

Hyungkeun Jang, Sungmin Han^o, Sungyong Park
Dept. of Computer Science, Sogang University

요 약

비구조적인 피어-투-피어 시스템은 구조적 피어-투-피어 시스템에 비해 동적인 상황에 적합하지만 메시지가 여러 다른 피어를 이동하면서 검색하기 때문에 검색 시간이 길고 검색의 성공률이 낮다. 이러한 문제를 해결하기 위해 우수 피어를 사용한 계층적 피어-투-피어 시스템이 연구 되었다. 효율적인 계층적 피어-투-피어 시스템을 구성하기 위해서는 어떤 피어가 얼마나 많이 우수 피어로 선택되어야 하는지가 중요하다. 본 논문에서는 기존에 연구된 자기 조직적 링 구조 기법을 기반으로 우수 피어의 비율을 환경에 적응하게 하는 시스템을 제안한다. 환경에 적합한 비율 조절을 위해 효율적으로 최적 또는 최적에 가까운 해를 찾는 것으로 알려진 입자 군집 최적화(PSO : Particle Swarm Optimization) 기법을 사용하였고 성능 평가 결과 PSO를 적용한 시스템에서 성능 향상을 볼 수 있었다.

1. 서 론

피어-투-피어 시스템이란 각각의 피어들이 가지고 있는 자원이나 서비스를 중앙 집중적인 서버의 도움 없이 이용 가능하게 지원해 주는 시스템이다. 피어-투-피어 시스템은 크게 구조적인(structured) 피어-투-피어 시스템과 비구조적인(unstructured) 피어-투-피어 시스템으로 분류할 수 있다.

구조적인 피어-투-피어 시스템은 각각의 피어들을 이용해 위상을 구성하고 분산 해시 테이블(distributed hash table)을 이용하여 검색을 하는 시스템이다. 이렇게 특정 위상에 기반하고 분산 해시 테이블을 사용하므로 빠른 검색이 가능하다. 하지만 특정위상과 분산 해시 테이블을 유지하는데 비용이 들고 동적인 환경에서 이 비용은 더욱 커진다. 이와 다르게 비구조적인 피어-투-피어 시스템은 특별한 라우팅 없이 임의경로 검색(random walk)이나 플러딩(flooding)을 이용하여 검색한다. 그러므로 동적인 환경에 더 적합하지만 구조적인 피어-투-피어 시스템보다 검색 시간이 길고, 검색의 성공률이 낮다[1].

한편 이러한 문제점을 개선하기 위해 우수 피어를 이용한 계층적 비구조적 피어-투-피어 시스템이 연구되어 왔다 [7][8][9]. 계층적 피어-투-피어 시스템은 우수 피어가 피어-투-피어 네트워크를 이루고, 일반 피어는 한 개 이상의 우수 피어와 연결이 되어 있으며 검색 시 우수 피어에게 메시지를 전달하는 확장성 있는 기법으로 알려져 있다. 하지만 이러한 시스템에서는 우수 피어가 얼마만큼 있어야 하는지 그리고 그것을 어떻게 유지할 지가 중요한 문제이다[3][4].

본 논문에서는 이것을 해결하기 위해 PSO(Particle Swarm Optimization)[5] 기법을 사용하여 우수 피어 비율이 환경에 적응하게 하여 우수 피어 네트워크의 적절한 크기를 찾는 기법을 제안한다. PSO 기법은 군집을 이루는 각 개체의 행동을 모방함으로써 큰 검색 공간에서 최적화에 가까운 해를 찾는 효과적인 방법으로 알려져 있다. 자기 조직적 링 구조를 기반으로

피어에서 발생하는 검색 메시지가 우수 피어까지 도달하는 흡수와 링 구조상에서 검색 성공 흡수를 조사하여 이를 PSO 기법에 적용하여 우수 피어의 비율을 조절한다.

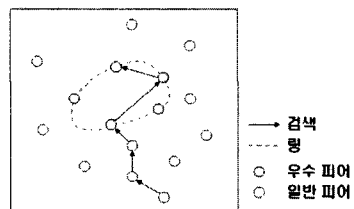
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 우수 피어의 비율이 동적인 환경에 적응하기 위해 PSO 기법을 이용한 모델링에 대해 알아본다. 3장에서는 2장의 모델링 결과를 실제 설계에 적용하는 과정을 설명하고 4장에서는 기존의 방법들과 비교를 통하여 성능 향상을 검증한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론과 향후 과제에 대해 논의한다.

2. 적응적 우수 피어 비율 기법

본 장에서는 본 논문에서 정의한 문제에 대한 설명과 이를 적용한 PSO 기법에의 모델링 방법을 설명한다. 한편 PSO의 모델링은 기존 자기 조직적 링 구조를 이용한 기법[3]에 적용하였다.

2.1 문제 정의

자기 조직적 링 구조에서 각 우수 피어는 각자 자신이 알고 있는 우수 피어들의 목록인 우수 피어 뷰(Super Peer-View)를 유지한다. 우수 피어간의 피어 뷰는 가십(gossip)[9]을 통해 일정화 한다. 우수 피어를 이용한 검색은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 검색 흡수 ($d_n=3, d_s=2$)

검색 메시지 q 는 임의경로 탐색을 통해 우수 피어 s_i 까지 도달한 후 s_i 의 우수 피어 뷰 중 해시 함수를 통해 우수 피어 s_j 로 전달된다. 검색 메시지 q 에 대한 광고가 s_j 에 없을 경우 s_j 는 자신의 이웃 우수 피어로 검색 메시지를 보내어 TTL이 0이 아닌 동안 계속 찾을 때까지 반복한다. 이때 일반 피어에서 생성된 검색 메시지가 우수 피어에 도달할 때까지의 홑 수를 d_n 이라 하고 우수 피어 상에서 검색 메시지가 광고를 찾을 때까지의 홑 수를 d_s 라 하자.

본 논문에서는 시스템 전체의 평균 d_n 과 d_s 를 줄임으로써 검색 성공률을 높이고자 한다. 즉 우수 피어의 개수가 N 개이고 우수 피어 i 가 알고 있는 d_n, d_s 를 d_{in}, d_{is} 라 할 때,

$$\min \frac{1}{N} \sum_{i=0}^N (\alpha \cdot d_{in} + \beta \cdot d_{is}) \quad <식 1>$$

을 찾는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 PSO의 스키마를 이용하였다.

2.2 PSO 기법을 이용한 모델링

본 문제의 목적은 <식 1>을 구하는 것이다. 이는 개체 집합 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$, $x_i = \{d_{in}, d_{is}\}$ 와 목적함수 $f(x_i) = \alpha \cdot d_{in} + \beta \cdot d_{is}$ 를 갖는 PSO와 같은 문제이다.

우수 피어 i 의 위치 x_i 는 우수 피어 i 가 알고 있는 d_n, d_s 의 (d_{in}, d_{is})로 정의한다. 이때의 d_{in}, d_{is} 는 우수 피어 i 가 최근 수집한 k 개의 검색 메시지로 부터 구한 평균값이다. 목적 함수의 값은 각 개체가 알고 있는 d_n, d_s 에 의해 결정된다. 이때 d_n, d_s 는 자신이 가지고 있는 우수 피어의 비율에 대한 함수로 나타낼 수 있다. 즉 개체 i 의 d_{in}, d_{is} 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$d_{in} = f_{1i}(\rho_i), \quad d_{is} = f_{2i}(\rho_i) \quad <식 2>$$

동적인 네트워크 환경에서 f_1, f_2 와 목적함수는 끊임없이 변화하기 때문에 f_1, f_2 의 정의가 쉽지 않지만 검색 메시지를 통하여 d_n, d_s 를 알 수 있으므로 $f_1(\rho), f_2(\rho)$ 의 값은 알 수 있다.

p_i 는 우수 피어 i 가 최근 l 번 내에 가졌던 가장 좋은 위치로 정의하며 p_i 의 위치를 나타내는 d_n, d_s 는 p_{in}, p_{is} 로 나타낸다. p_g 는 전체 개체 중 가장 좋은 위치를 뜻한다. 그러므로 우수 피어 i 가 알고 있는 p_g 는 p_{ig} 로 나타낸다. 우수 피어 i 는 자신이 추정한 가장 좋은 위치를 다른 피어와 교환하여 p_{ig} 를 업데이트 한다. p_{ig} 는 주기적으로 p_i 로 대체된다. 이때 p_{ig} 의 위치를 나타내는 d_n, d_s 는 p_{ign}, p_{igs} 로 나타낸다.

v_i 는 개체 i 의 위치를 변화시키는 속도이다. 그러므로 본 문제에서는 우수 피어 i 의 위치, 즉 (d_{in}, d_{is})를 변화시키는 우수 피어의 비율 ρ_i 로 정의된다.

결론적으로 비구조적 피어-투-피어 시스템에서 우수 피어의 비율을 환경에 적응하게 하는 PSO기법을 사용한 모델링 결과는 다음과 같다.

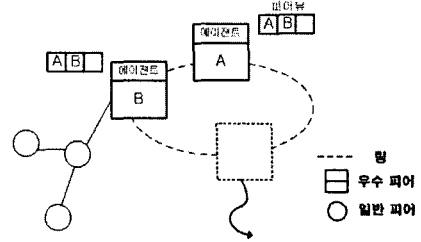
$$v_i = w \times v_i + \eta_1 \cdot rand() \cdot (p_i - x_i) + \eta_2 \cdot rand() \cdot (p_{ig} - x_i) \quad <식 3>$$

$$p_i - x_i = \alpha \cdot (p_{in} - d_{in}) + \beta \cdot (p_{is} - d_{is}) \quad <식 4>$$

$$p_{ig} - x_i = \alpha \cdot (p_{ign} - d_{in}) + \beta \cdot (p_{igs} - d_{is}) \quad <식 5>$$

3. 설계

이 논문에서 제시한 기법을 구현하기 위해 기존의 자기 조직적 링 구조를 기본으로 한다. (<그림 2> 참조)



<그림 2> 자기 조직적 링 구조

우수 피어의 비율을 환경에 맞게 조절하기 위해서는 자료를 수집한 후 우수 피어의 비율을 계산하여 그에 따라 우수 피어의 선택과 강등의 과정을 기존의 구조에 추가하여야 한다.

3.1 자료 수집 및 확산

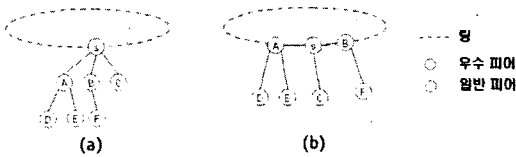
본 논문에서 제안한 개선된 비구조적인 피어-투-피어 시스템에서는 세 가지 형태로 정보를 교환한다. 첫째로 전체 피어에 대하여 에이전트들이 이전되면서 피어들의 능력치에 대한 정보를 모은다. 에이전트는 그 외에도 우수 피어들이 계산한 새로운 우수 피어 비율을 확산하는 역할을 한다. 둘째로 검색 메시지를 통해 우수 피어는 d_n, d_s 에 대한 정보를 업데이트 한다. 셋째로 각 우수 피어는 가십 메시지를 통해 자신이 가진 피어 뷰와 자신이 수집한 d_n, d_s 에 대한 정보를 다른 우수 피어와 교환한다.

3.2 적응적 우수 피어의 비율 계산

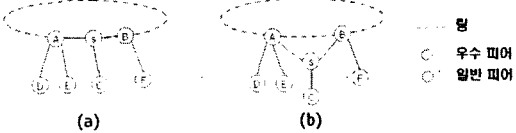
우수 피어에서는 자료의 수집을 통해 얻은 정보를 통해 2장에서 모델링한 우수 피어의 비율을 계산한다. 이를 위해 각 개체는 x_i, p_i, p_{ig} 값을 정하는 것이 필요하다. 검색 메시지를 통해 얻은 d_n, d_s 는 시간 순으로 최근 k 개까지 저장된다. 이들의 평균을 우수 피어의 위치 ρ_i 로 삼는다. 이때의 위치는 각 우수 피어 상에 저장되며 그중 최근 l 개의 위치 중 가장 좋은 위치를 p_i 로 삼는다. p_g 는 가십을 통해 각 우수 피어가 각자 유추한다. 우수 피어 i 는 가십을 통해 자신의 위치 x_i 와 자신이 유추한 시스템의 가장 좋은 위치 p_{ig} 를 다른 우수 피어에게 전달한다. 마찬가지로 다른 우수 피어로부터 그들의 위치와 그들이 유추한 시스템의 가장 좋은 위치를 업데이트 받는다. 우수 피어 i 는 가십을 통해 얻은 정보로부터 새로운 p_{ig} 를 유추한다. p_{ig} 는 주기적으로 p_i 로 대체된다. 업데이트 된 데이터를 통해 각 우수 피어는 <식 3>, <식 4>, <식 5>에 따라 새로운 우수 피어 비율을 계산한다. 새로운 우수 피어의 비율은 에이전트를 통해서 일반 피어에게 확산 된다.

3.3 우수 피어의 선택과 강등

우수 피어의 선택과 강등을 위해서 경계 변수를 이용한다. 각 피어는 자신의 능력치가 지속적으로 경계 변수보다 크면 자신을 우수 피어로 선택하고 반대의 경우 자신을 일반 피어로 강등시킨다. 피어가 우수 피어로 선택되면 우수 피어에게 참여 메시지를 보낸다. 참여 메시지를 받은 우수 피어는 해당 피어를 자신의 피어 뷰에 추가 하고 해당 피어에게 자신이 갖고 있는 피어 뷰를 전달한다. 우수 피어들은 가십을 통해서 새로운 우수 피어의 존재를 피어 뷰에 추가한다. (<그림 3> 참조)



<그림 3> 우수 피어 선택 (a) 선택 전 (b) 피어 A, B 선택 후



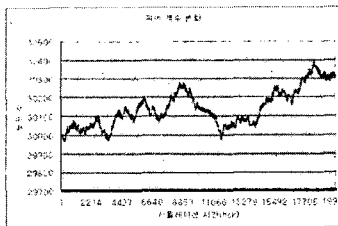
<그림 4> 우수 피어의 강등 (a) 강등 전 (b) 피어 S 강등 후

우수 피어가 일반 피어로 강등되면 우수 피어 뷰와 자신이 가지고 있는 광고 메시지에 대한 정보를 모두 삭제 한다. 우수 피어 뷰 외의 간선에 대해서 그대로 유지하기 때문에 일반 피어로 강등되었다 해도 새로운 간선을 만들지 않는다. (<그림 4> 참조)

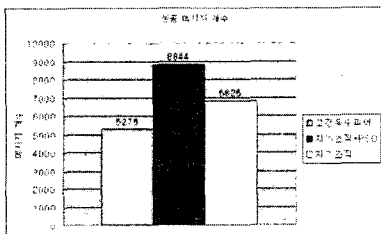
4. 성능평가

본 논문에서는 시뮬레이션을 통해 제안기법을 JXTA(고정된 우수 피어 알고리즘)[7,8]와 자기 구조적 링 구조 기법(정적인 우수 피어 비율)[3]과 성능을 비교하였다.

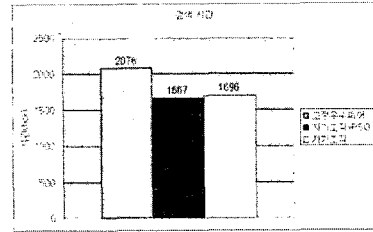
피어의 개수 변화는 <그림 5>와 같으며 이에 대한 우수 피어의 비율은 PSO를 사용하지 않은 경우는 일정하고 PSO를 사용한 경우는 환경에 따라 변화한다. 검색 성공률에서 <그림 6>과 같이 PSO를 이용해 우수 피어 비율을 조절한 경우 고정된 우수 피어 비율을 사용한 경우보다 약 30%의 성능 향상을 보였다. 이는 우수 피어의 비율이 피어 개수의 변화에 따라 적절히 조절되어 성능 개선이 되었음을 알 수 있다. 그럼에도 불구하고 기존의 에이전트와 가십 외의 통신을 사용하지 않음으로 오버헤드의 차이는 없다. 우수 피어의 비율 조절이 토폴로지의 구성에는 영향을 미치지 않음으로 검색 시간은 고정된 우수 피어의 비율을 사용하는 경우와 차이가 없다.



<그림 5> 피어 개수 변화



<그림 6> 성공 메시지 개수



<그림 7> 검색시간

5. 결론 및 향후 계획

본 논문은 PSO를 통해 우수 피어의 비율을 동적인 환경에 적응하도록 하여 계층적 피어-투-피어 시스템의 성능을 개선하였다. 우수 피어는 검색 메시지를 통해 우수 피어까지의 거리와 우수 피어 상에서의 거리를 추측하고 이를 통해 우수 피어의 비율을 계산한다. 이 때 더 정확한 값을 추측하기 위해 우수 피어 간에 가십을 통해 정보 교환을 하며 계산된 우수 피어 비율을 확산하기 위해 에이전트를 이용한다.

본 논문에서는 제한한 알고리즘의 성능 평가 결과를 종합적으로 판단했을 때, 다른 알고리즘에 비하여 25%-80%까지 향상됨을 볼 수 있었다.

하지만, 우수 피어 시스템의 우수 피어 계층은 링 외에도 플러딩, 임의경로 검색 등의 알고리즘이 쓰일 수 있으나 본 알고리즘은 링으로 구성되어 있는 경우에 제한된다. 그러므로 일반적인 우수 피어 시스템에서 사용될 수 있는 적응적 우수 피어 비율이 개발될 필요가 있다.

참고문헌

[1] Y. Chawathe, S. Ratnasamy, L. Breslau, N. Lanham and S. Shenker.. "Making Gnutella-like P2P Systems Scalable". Proceedings of ACM SIGCOMM 2003.
 [2] M. Bawa, H. Garcia-Molina, A. Gionis and R. Motwani.. "Estimating Aggregates on a Peer-to-Peer Network".
 [3] 손재의, "자기 조직적 링 구조를 이용한 비구조적인 피어-투-피어의 검색기법", 서강대학교 컴퓨터학과, 2005.
 [4] L. Xiao, Z. Zhuang and Y. Liu, "Dynamic Layer Management in Superpeer Architectures". IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol. 16, No. 11, November 2005.
 [5] J. Kennedy and R. Eberhart, "Particle Swarm Optimization". IEEE International Conference on Neural Networks (Perth, Australia), IEEE Service Center, Piscataway, NJ. IV:1942-1948, 1995.
 [6] A. Carlisle and G. Dozier, "Adapting Particle Swarm Optimization to Dynamic Environments", Proceedings of the 2001 International Conference on Artificial Intelligence, 2001.
 [7] B. Traversat, A. Arora, M. Abdelaziz, M. Duigou, C. Hayward, J-C. Hugly, E. Pouyoul and B. Yeager.. "Project JXTA 2.0 Super-Peer Virtual Network ".
<http://www.jxta.org/project/www/docs/JXTA2.0protocols1.pdf>
 [8] B. Traversat, M. Abdelaziz, and E. Pouyoul, "Project JXTA: A Loosely-Consistent DHT Rendezvous Walker".
<http://www.jxta.org/project/www/docs/jxta-dht.pdf>
 [9] A. J. Ganesh, A-M Kermarrec and L. Massoulie.. "Peer-to-Peer Membership Management for Gossip-Based Protocols". IEEE Transactions on Computers. 2003.
 [10] KaZaA file sharing network Homepage,
<http://www.kazaa.com/>