

무선 P2P 시스템에서 효율적 부모 피어 선택법

박재성*

Efficient Parent Peer Selection Method in a Wireless P2P System

Jaesung Park*

요약

본 논문에서는 피어의 소모 에너지와 잔여 에너지를 고려한 비용함수를 설계하고 시스템 내에 비용이 최소인 피어가 부모 피어로 선택될 수 있는 분산적 부모 피어 결정 방법을 제안한다. 각 피어가 자신의 이웃 피어 정보만을 이용하여 비용이 최소인 이웃 피어를 부모 피어로 선정하는 기존 기법과는 달리 제안 기법은 피어들 사이에 집단지성을 구축하고 이를 통해 부모 피어를 결정한다. 집단지성을 형성하여 부모 피어 검색 범위를 분산적으로 확장함으로써 제안 기법은 기존 기법에 비해 최소 비용 피어가 부모 피어로 선택될 확률을 증가시키며 알고리즘 운영을 위한 시그널링 부하를 감소시킨다는 것을 모의실험을 통해 검증하였다.

Key Words : Mobile P2P system, swarm intelligence, parent selection

ABSTRACT

In this paper, we devise a cost function by considering the energy consumption rate and the remaining energy of a peer. Then, we propose a parent peer selection method that chooses the least cost peer in the system in a distributed manner. On the contrary to the conventional method that makes each peer select the least cost neighbor as a parent peer, the proposed method chooses a parent peer using the swarm intelligence formed among a set of peers. Therefore, the proposed method could extent distributedly the number of peers searched for parent

peer selection. Thus, compared to the conventional method, the proposed method increases the probability of being a parent peer as the cost of a peer becomes smaller with less operational load.

I. 서론

무선 P2P 시스템은 참여 피어들 사이의 상호 연결을 통해 구성되며 각 피어는 데이터의 수신자인 동시에 송신자가 된다. 따라서 각 피어의 데이터 수신 품질은 자신에게 데이터를 송신해 주는 피어(부모 피어)의 용양에 의존하게 되며, 이로 인해 P2P 토폴로지는 시스템의 전체 용양과 확장성에 영향을 준다. 구조적 P2P 시스템의 경우 모든 참여 피어의 용양을 고려하여 데이터 소스를 루트로 하는 최적의 데이터 전달 트리를 형성하는 방안이 제안되었다^{1,2}. 그러나 새로운 피어가 시스템에 참여하거나 기존 피어가 시스템을 이탈할 때 마다 새로운 트리를 구성해야 하므로 트리 관리 부하가 매우 커서 이와 같은 방안은 대규모 P2P 시스템에 적용이 어렵다. 따라서 대부분의 P2P 시스템은 비구조적 메쉬 구조를 가진다. 비구조적 메쉬 구조의 P2P 시스템에서 각 피어는 일부 피어들과 이웃 관계를 형성한 후 이들의 정보를 이용하여 분산적으로 부모 피어를 선택한다. 부모 피어 선택 방법 중 가장 간편한 방법은 이웃 피어들 중에서 임의의 피어를 부모 피어로 선택하는 임의의 선택 방법이다. 임의의 선택 방법은 운용 비용은 작지만 용양이 낮은 피어를 부모 피어로 선택할 확률이 커지므로 시스템 용양을 제한하게 된다. 따라서 이웃 피어 중 용양이 최대인 피어를 부모 피어로 선택하는 Greedy 방안이 일반적으로 이용된다. Greedy 방법은 지역 최적해를 선택하기 때문에 이웃 피어의 수가 클수록 선택된 부모 피어가 시스템 전체 측면에서 최적의 해에 접근하게 된다. 그러나 이웃 피어의 수가 증가할수록 이웃 피어 관리 비용이 증가하므로 불필요한 시그널링 부하를 초래하게 된다.

이에 따라 본 논문에서는 과도한 시그널링 부하를 발생시키지 않으며 분산적인 방법에 의해 효율적으로 부모 피어를 선택할 수 있는 방안을 제안한다. 이를 위해 우선 부모 피어 선택 기준을 결정하기 위한 피어의 비용함수를 정의한다. 피어의 비용은 다양한 인자를

* 본 연구는 2014년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업(NRF-2011-000706 ((2014-0046))의 지원과 경기도의 경기도지원협력 연구센터(GRRC) 사업[(GRRC 수원2014-B2)]의 일환으로 수행되었습니다.

• First Author : University of Suwon Department of Information Security, jaesungpark@suwon.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2014-11-462, Received November 18, 2014; Revised December 5, 2014; Accepted December 5, 2014

고려하여 다양한 방법으로 정의할 수 있다. 그러나 무선 피어의 에너지 소모가 P2P 시스템의 효율성을 결정하기 때문에³⁾ 본 논문에서는 피어의 에너지를 고려한 비용함수를 제안한다. 제안기법은 부모 피어 선택 과정에서 피어들 사이에 집단지성을 형성함으로써 부모 피어 선택을 위한 검색 대상을 분산적으로 확장시킨다. 이를 통해 제안 기법은 피어의 비용이 낮을수록 부모 피어로 선택될 수 있는 확률을 증가시킨다. 또한 피어는 소수의 피어들과 이웃 관계를 형성하기 때문에 알고리즘 운영에 필요한 시그널링 부하를 작게 유지한다.

II. 분산적 부모 피어 선정 기법

피어 i 의 잔여 에너지를 e_i , i 가 서비스 중인 자식 피어의 집합을 S_i 로 표기한다. 모든 피어의 최대 에너지가 e_M 과 같다면 피어의 에너지를 고려한 i 의 비용함수를 다음과 같이 정의한다.

$$c_i = \alpha(1 - e_i/e_M) + (1 - \alpha)(|S_i|/s_{i,M}) \quad (1)$$

첫 번째 항은 i 의 잔여 에너지를 나타내며, 두 번째 항은 i 가 자식 피어를 서비스하기 위해 소모하는 에너지를 나타낸다. $s_{i,M}$ 은 i 가 서비스 할 수 있는 자식 피어의 최대값이다. 자식 피어를 지원하는데 소요되는 에너지의 양을 e_d 라고 하면 $s_{i,M}$ 은 e_i/e_d 로 정의된다. $\alpha \in [0, 1]$ 는 두 항 사이의 가중치 계수를 나타낸다. 따라서, α 값을 조절함으로써 피어의 비용을 유연하게 정의할 수 있다.

무선 P2P 시스템에 참여하는 피어는 기존 P2P 시스템에서와 같이 이웃 피어 집합을 형성한 후 이들의 비용을 포함한 상태를 주기적으로 갱신한다. 이후 새로운 참여 피어 i 는 다음과 같은 절차에 의해 부모 피어를 선택한다. 피어 i 는 부모 피어 선정을 위한 요청 메시지 (REQ)를 구성한다. REQ 메시지는 자식 피어의 주소 (c_{id}), 부모 검색 최대 횟수 (N_S), 검색된 피어 중 비용이 최소인 피어의 비용 (c_p), 부모 피어의 주소 (p_{id}), 필요 데이터 정보로 구성된다. 부모 탐색을 시작한 i 는 이들의 초기값으로 $c_{id} = i$, $p_{id} = NULL$, $c_p = 1$ 을 설정한 후 이웃 피어 중에서 자신이 필요한 데이터를 소유하고 있는 이웃 피어의 집합 (M_i)에서 비용이 최소인 피어에게 REQ 메

시지를 송신한다. REQ 메시지를 수신한 피어 j 는 자신의 비용과 c_p 를 비교한다. $c_j < c_p$ 인 경우 c_p 를 c_j 로, p_{id} 를 j 로 갱신한다. 또한 최대 부모 검색 횟수를 1만큼 감소시킨 후 $N_S > 0$ 이면 M_j 에서 비용이 최소인 피어에게 갱신된 REQ 메시지를 전달하고 이와 같은 과정이 N_S 가 0이 될 때까지 반복된다. 피어 k 에서 N_S 가 0이 된 경우 k 가 갱신한 REQ 메시지에 설정된 p_{id} 가 c_{id} 의 부모 피어로 선정된다. k 가 c_{id} 와 p_{id} 에게 REP 메시지를 전송하여 이와 같은 사실을 통보함으로써 부모 피어 선정 과정이 완료된다.

III. 성능 평가

본 절에서는 모의실험을 통한 Greedy 기법과의 정량적 비교를 통해 제안 기법의 성능을 평가한다. 부모 피어 선택 방법의 성능 평가에 초점을 맞추기 위해 각 피어의 이웃 피어들은 피어가 필요한 데이터를 소유하고 있다고 가정하였다. 모의실험을 위해 $N=1$ 만개의 피어를 포설하였다. 이질적 피어를 구성하기 위해 피어의 평균 이웃 피어 수를 M 으로 설정하고 $|M_i|$ 를 $[0.5M, 1.5M]$ 사이에서 균일분포로 설정하였다. M_i 는 N 개의 피어 중에서 설정된 $|M_i|$ 만큼 균일분포에 따라 랜덤하게 구성하였다. e_i 는 $[0, e_M]$ 사이에서 균일분포에 따라 설정하였고, S_i 는 $S_i \cap M_i = \emptyset$ 이 되도록 $[0, N]$ 에서 랜덤하게 설정하였다. $e_d=1$, $\alpha=0.5$, $e_M=100$ 으로 설정한 후 N_S 와 M 을 변화시키면서 부모 피어 선정 기법에 따른 결과를 비교하였다.

부모 피어 선정 기법의 성능을 정량적으로 비교하기 위해 피어의 비용을 $[0, 1]$ 사이에 10등분 한 후 부모 피어로 선정된 피어의 비용에 대한 히스토그램을 분석하였다. Greedy 방식과 제안 기법에 의해 선택된 부모 피어들 중 부하가 $0.1[i, i+1)$ 에 포함되는 부모 피어의 수를 N_i 로 표기한 후 $R_i = N_i/N$ 을 그림 1에 도시하였다. Greedy 방식은 자신의 이웃 피어 중 부하가 최소인 피어를 부모 피어로 선정한다. 따라서 M 이 증가할수록 이웃 피어의 수가 증가하므로 선택된 부모 피어의 부하가 작아질 확률이 증가한다. 제안 기법은 $\sum_{i=1}^{N_S} M_i$ 개의 피어들의 비용을 분산적으로 검색하기 때문에 N_S 가 증가하면 보다 많은 피어의 비용을 검색할 수 있게 된다. 따라서 N_S 가 증가할수

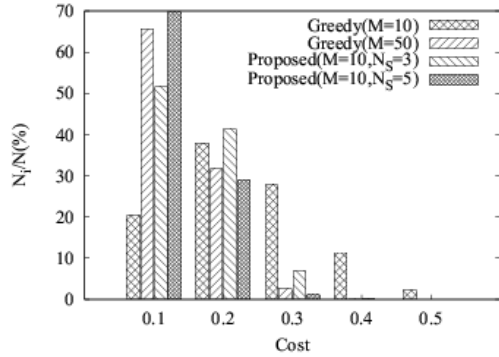


그림 1. 선택된 부모 피어의 비용 분포 비교
Fig. 1. Comparison of parent peers' cost distribution.

록 비용이 낮은 피어가 부모 피어로 선택될 확률이 증가하게 된다. Greedy 기법의 경우 $M=10$ 일 때 $R_1=20.4\%$ 이지만 $M=50$ 으로 증가하면 $R_1=65.7\%$ 로 증가한다. 제안기법의 경우 $M=10$ 이라도 $N_S=3$ 이면 $R_1=51.6\%$, $N_S=5$ 이면 $R_1=69.9\%$ 로 증가하여 $M=50$ 인 Greedy 기법과 유사한 결과를 보인다.

그러나 이들은 시그널링 부하의 측면에서 많은 차이를 보인다. 이웃 피어 상태 갱신 주기를 T_u , 상태 갱신을 위해 피어 사이에 교환되는 메시지의 양을 U_M 이라고 하면 Greedy 기법에 의해 야기되는 시그널링 부하는 $O_u=1/T_u \sum_{i=1}^N M_i U_M$ 가 된다. 제안 기법의 경우 새로운 피어가 부모 피어를 선택하기까지 REQ 메시지가 N_S 번 전송되어야 하며 REP 메시지가 2번 전달되어야 한다. 따라서 새로운 피어의 발생률이 λ_p 이고 REQ 메시지와 REP 메시지의 크기가 R_M 인 경우 새로운 피어가 부모 피어를 결정하기 위해 필요한 시그널링 부하는 $O_p=\lambda_p(N_S+2)R_M$ 가 되므로 제안 기법의 전체 시그널링 부하는 O_u+O_p 가 된다. 그림 2는 $R_M=10$ 바이트, $U_M=100$ 바이트인 경우, 각 기법별 시그널링 부하를 비교한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 T_u 가 60초 이하인 경우 $M=10$ 인 제안 기법은 $\lambda_p=103$ 이라도 $M=50$ 인 Greedy 기법에 비해 시그널링 부하가 작다. 따라서 제안 기법은 운영 비용이 낮으며, 비용이 작은 피어가 부모 피어가 될 확률을 크게 증가시킴으로써 효율적인 P2P 토폴로지를 구성한다.

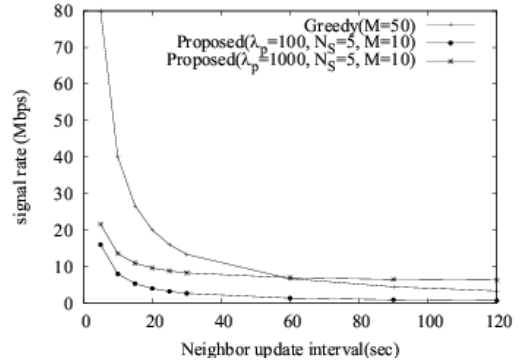


그림 2. 운영 부하 비교
Fig. 2. Comparison of operational overhead.

IV. 결 론

본 논문에서는 무선 피어들의 에너지 소모량을 고려한 피어의 비용 함수를 제시하고, 비용이 낮은 피어가 부모 피어가 될 확률을 증가시키기 위한 분산적 부모 피어 결정 방안을 제시하였다. 제안 기법은 피어들 사이의 집단지성을 이용하므로 부모 피어 선정을 위해 점검하는 피어의 수를 분산적으로 증가시킨다. 따라서 제안 기법은 피어의 이웃 피어 관리 부하를 감소시키고 비용이 적은 피어가 부모 피어가 될 확률을 증가시킨다.

References

- [1] O. C. Kwon, C. Yoon, and H. Song, "A P2P overlay multicast tree construction algorithm considering peer stability and delay," *J. KICS*, vol. 36, no. 4, pp. 305-428, Apr. 2011.
- [2] B. Zhang, S.-H. Gary Chan, G. Cheung, and E. Y. Chang, "LocalTree: An efficient algorithm for mobile peer-to-peer live streaming," in *Proc. IEEE ICC 2011*, pp. 1-5, Kyoto, Jun. 2011.
- [3] Y. Sun, Y. Guo, Z. Li, J. Lin, and G. Xie, "The case for P2P mobile video system over wireless broadband networks: A practical study of challenges for a mobile video provider," *IEEE Network*, vol. 27, no. 2, pp. 22-27, Mar. 2013.