

P2P 시스템에서 평판 기반의 인센티브 메커니즘

김태훈*, 신정화*, 탁성우*
*부산대학교 컴퓨터공학과
e-mail : ninkth@hotmail.com

Incentive Mechanism Based on Reputation in P2P System

Taehoon Kim*, Junghwa Shin*, Sungwoo Tak*
*Dept. of Computer Engineering, Pusan National University

요 약

P2P 시스템은 피어들간의 자발적인 협력에 의해 구성되고 동작한다. 피어들이 파일 공유 시스템에 활발하게 참여하면 공유 파일 수의 증가로 서비스 향상을 가져올 수 있다. 그러나 일부 피어는 자신의 파일을 전혀 공유하지 않고 필요한 파일의 다운로드만 수행한다. 피어의 이와 같은 ‘무임승차(free riding)’ 은 다른 피어의 활발한 참여를 감소시키고 P2P 시스템의 서비스를 저하시킨다. 이에 본 논문에서는 파일 공유 시스템에서 피어의 행동을 참조하여 기여도를 계산하고 인센티브를 할당하는 인센티브 메커니즘을 제안하였다. 제안 메커니즘은 피어의 기여도에 따라 대역폭을 인센티브로 할당하여 차별화된 서비스를 제공한다. 본 논문에서는 실험을 통해 인센티브 메커니즘에서 신뢰 피어의 필요성과 피어의 기여도에 따라 서비스가 차별화되는 것을 확인하였다.

1. 서론

P2P 시스템은 피어들이 적극적으로 참여할 경우 시스템 내에 공유 파일 수의 증가로 전체적인 서비스 향상을 가져올 수 있다. 그러나 일부 피어는 자신의 파일에 대한 공유 없이 필요한 파일의 다운로드만 수행하거나, 질이 낮은 파일이나 다른 피어로부터 요청 횟수가 적은 파일을 공유한다. 또 다른 피어로부터 받은 질의에 대한 응답이나 전달 없이 자신의 질의만 보내거나 필요한 파일을 다운로드한 후 서비스 이용을 종료하기도 한다. 파일 공유 시스템에서 빈번하게 발생하는 피어의 이와 같은 이기적인 행동을 ‘무임승차(free riding)’ 라 하고, 무임승차를 하는 피어를 ‘무임승차자(free rider)’ 라 한다[1].

파일 공유 시스템 내에 무임승차자가 많을 경우 다음과 같은 문제가 발생할 수 있다[2][3]. 첫째, 일부 피어만 파일을 공유하고 다른 피어로부터 받은 질의에 응답하기 때문에 여러 피어로부터의 다운로드 요청이 이러한 피어에 집중하여 확장성 문제가 발생할 수 있다. 둘째, 무임승차자들이 보내는 질의 때문에 과도한 네트워크 트래픽이 생성되어 피어의 질의에 대한 응답 시간이 길어지고, 검색 영역 내에 무임승차자가 많을 경우 응답의 질이 감소할 수 있다. 이와 같이 무임승차자는 피어들이 이용하는 서비스의 질을 감소시킬 뿐만 아니라 피어들의 서비스 참여를 감소시키는 결과를 초래할 수 있다. 따라서 피어의 무임승차를 감소시키기 위한 방법으로 피어의 행동에 따

라 인센티브를 할당하는 인센티브 메커니즘에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다[5][6]. 파일 공유 시스템은 비구조적 P2P 네트워크를 기반으로 하며, 인센티브 메커니즘 또한 이와 같은 환경에서 동작하도록 설계되어야 한다. 그러나 인센티브 메커니즘과 관련된 기존 연구는 P2P 네트워크 구조에 대한 고려 없이 피어에 인센티브를 할당하기 위한 ‘utility function’ 만 주로 다루고 있다. 이에 본 논문에서는 파일 공유 시스템에 참여하고 있는 피어 중에서 신뢰 피어를 선정하고 이를 기반으로 피어의 참여 정도를 알 수 있는 기여도를 계산하고 인센티브를 할당하는 새로운 인센티브 메커니즘을 제안하였다. 제안 메커니즘은 피어의 인센티브에 따라 차별화된 서비스를 제공함으로써 무임승차자의 파일 다운로드를 감소시키고 분산 환경에서 피어들이 인센티브 메커니즘을 부당하게 사용하는 것을 막을 수 있다.

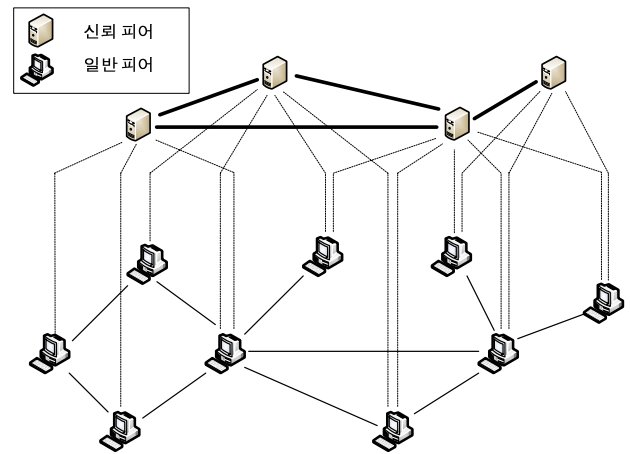
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장에서는 피어의 무임승차를 감소시키기 위해 기존에 제안된 인센티브 메커니즘에 관한 연구를 분석하였으며, 3 장에서는 피어의 행동을 참조하여 기여도를 계산하고, 기여도에 따라 인센티브를 할당함으로써 피어의 서비스 이용을 차별화하는 인센티브 메커니즘을 설명하였다. 4 장에서는 실험을 통해 인센티브 메커니즘의 효율성과 안정성을 분석하였으며, 마지막으로 5 장에서는 결론을 기술하였다.

2. 인센티브 기법 설계

파일 공유 시스템에서 피어는 자신의 공유 파일에 대한 다운로드 요청이 도착하면 해당 파일을

본 연구는 국토해양부 첨단도시기술개발사업 - 지능형국토정보기술혁신 사업과제의 연구비지원(07 국토정보 C04)에 의해 수행되었습니다.

전송하고, 자신이 필요한 파일에 대한 요청을 보내어 파일을 다운로드 한다. 그러나 피어들은 파일의 공유나 질의에 대한 응답 등의 협력 없이 원하는 정보를 손쉽게 얻을 수 있다. 피어의 이와 같은 이기적인 행동은 파일 공유 시스템의 성능 감소와 다른 피어들의 활발한 참여를 감소시키는 결과를 가져올 수 있다. 그러므로 파일 공유 시스템은 피어의 참여 정도를 나타내는 기여도를 계산하고 기여도에 따라 인센티브를 할당하여 피어의 서비스 이용을 차별화하는 방법을 필요로 한다. 파일 공유 시스템을 이용하고 있는 피어 중에서 신뢰 피어를 선정하고 이를 기반으로 피어의 기여도를 계산하여 인센티브를 할당하고 서비스 이용을 차별화하는 논문에서 제안한 인센티브 메커니즘 IcMP2P의 특징을 살펴보면 다음과 같다. 그림 1은 IcMP2P의 적용을 위한 P2P 네트워크 구조를 나타낸다.



(그림 1)P2P 시스템 구조

신뢰 피어(Trust Peer)는 피어(Normal Peer)의 행동을 참조하여 기여도 계산에 필요한 값을 관리하고, 피어에 관한 여러 가지 정보를 업데이트 한다. 피어들은 파일 공유 시스템의 이용을 위해 초기에 하나의 신뢰 피어에 가입되어 있어야 하고, 가입한 신뢰 피어가 올바르게 동작하지 않거나 네트워크에 참여하지 않는 경우에 대비하여 다수의 신뢰 피어에 가입한다. 피어의 기여도를 계산하기 위해 필요한 피어의 행동에 관한 여러 가지 정보는 피어가 가입한 신뢰 피어에 분산되어 저장된다. 피어가 신뢰 피어에 가입하기 위해 서비스에 참여하고 있는 전체 피어에서 신뢰 피어를 탐색하는 과정은 표 1과 같다.

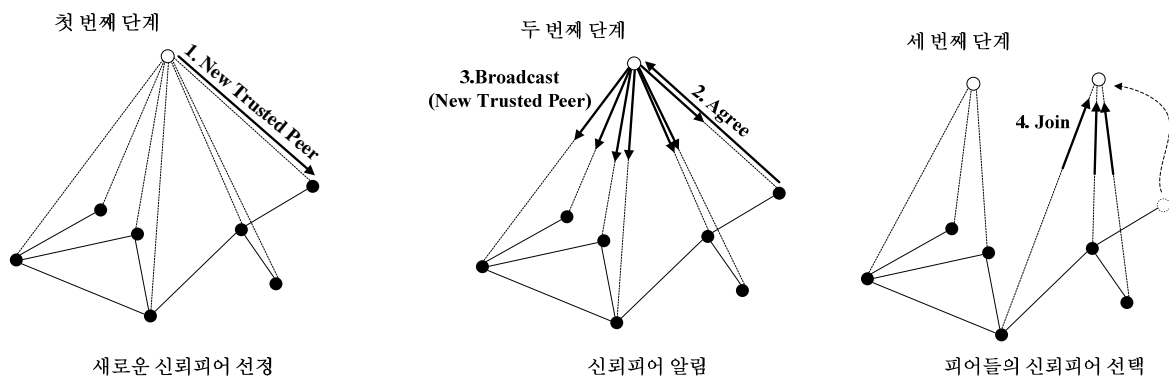
피어에게 자신이 가입한 신뢰 피어 정보를 함께 알려준다. 파일 제공 피어는 파일 요청 피어로부터 받은 신뢰 피어 정보를 기반으로 피어의 기여도 계산에 필요한 값을 요청한다. 그리고 파일 제공 피어는 파일 요청 피어의 기여도를 계산하고 기여도에 따라 인센티브를 할당하여 해당 파일을 전송한다. 파일 요청 피어는 자신에게 할당된 인센티브에 따라 빠른 속도로 파일을 다운로드 하거나 빠른 시간 내에 필요한 파일의 탐색 결과를 얻을 수 있는 등 차별화된 서비스를 제공 받는다.

알고리즘 1의 전체 동작은 다음과 같다. 피어는 현재 자신이 가입한 신뢰 피어에게 다른 신뢰 피어에 관한 정보를 요청하고, 신뢰 피어는 피어에게 해당 정보를 전송한다. 피어는 신뢰 피어로부터 받은 정보를 참조하여 피어의 평균 신뢰도를 계산한다. 피어는 가장 높은 신뢰도를 가지는 피어를 선택하여 가입하고, 해당 피어는 피어의 신뢰 피어 집합에 포함된다.

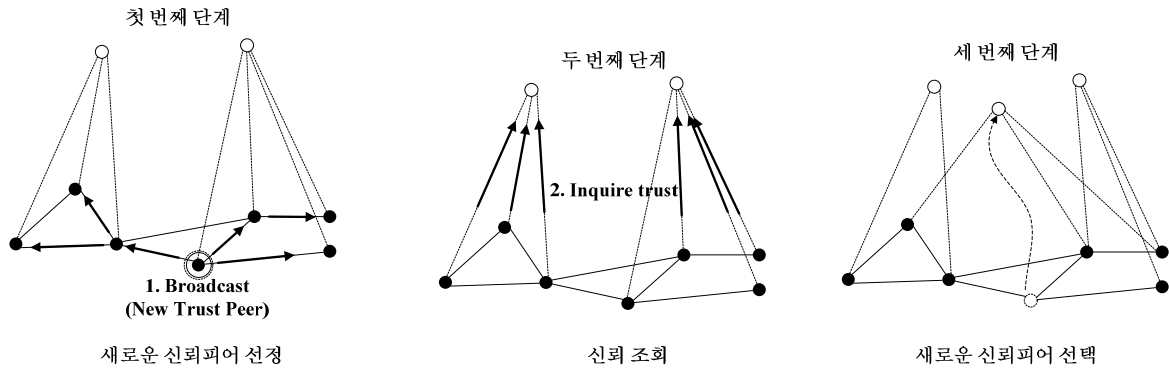
3. 인센티브 부여

피어에 인센티브를 할당하기 위해서는 피어의 참여 정도를 알 수 있는 값이 필요하다. 피어의 참여 정도를 나타내는 값을 피어의 '기여도(contribution score)' 또는 '참여도(participation score)'라고 표현하며, 피어의 행동이나 공유 파일 수, 공유 파일의 크기 등을 이용하여 계산할 수 있다. 제안 메커니즘은 '기여도'라는 용어를 사용하며, 다음 요소들을 참조하여 피어의 기여도를 계산한다.

피어는 파일의 다운로드를 요청할 때 파일 제공



(그림 2)새로운 신뢰피어 선정



(그림 3) 자발적인 신뢰피어 신청

공유 파일 크기 : 피어가 공유하는 파일이 많다면 여러 피어로부터 다운로드 요청을 받을 가능성이 높다. 이는 피어가 파일 공유 시스템에 활발하게 참여하고 있다는 것을 나타낸다. 그러므로 피어가 파일 공유 서비스를 이용하는 동안 업로드하고 다운로드 한 전체 파일의 크기를 기여도 계산에 참조한다.

피어의 기여도 계산에 필요한 각각의 값은 피어가 가입한 신뢰 피어에서 관리하며, 피어의 행동에 따라 신뢰 피어가 업데이트 한다. 표 1 는 피어의 기여도 계산과 관련된 용어들을 나타낸다.

<표 1> 용어

기호	설명
P_i	피어의 아이디(P_i)
$R(P_i, P_j)$	피어 P_i 에 의해 평가된 피어 의 평판($i=1, \dots, n$)
$U(P_i, T)$	참여 시간 T 동안 피어 P_i 가 업로드 한 파일 수($i=1, \dots, n$)
$D(P_i, T)$	참여시간 T 동안 피어 P_i 가 다운로드 한 전체 파일 크기 ($i=1, \dots, n$)

파일 제공 피어는 파일 요청 피어의 기여도 계산과 인센티브 할당을 위해 파일 요청 피어로부터 받은 신뢰 피어 목록을 참조하여 기여도 계산에 필요한 정보를 요청한다. 파일 제공 피어는 신뢰 피어들로부터 받은 정보를 식 (1), 식 (2), 식 (3)에 적용하여 파일 요청 피어의 참여 정도를 알 수 있는 기여도를 계산한다. 그리고 파일 제공 피어는 계산 결과를 식 (4)와 식 (5)에 적용하여 대역폭과 TTL 값을 피어의 인센티브로 할당한다.

식 (1)은 피어의 평판을 참조하여 기여도를 계산한 식이다. 서비스 참여 시간 동안 피어가 업로드 한 파일 수와 파일을 다운로드 한 피어로부터 받은 평가 값의 합을 이용하여 계산한다. 식 (1)의 계산 결과를 참조하여 일반 피어와 파일 공유하지 않거나 신뢰할 수 없는 파일을 공유하는 피어의 서비스 이용을 차별화한다.

$$CR(P_i, T) = \frac{1}{U(P_i, T)} \sum_{n=1}^{U(P_i, T)} R(P_i, P_j) \quad (1)$$

식 (2)는 서비스 참여 시간 동안 피어가 업로드 한 파일의 크기와 다운로드 한 파일의 크기를 참조하여 기여도를 계산한 식이다. 식 (2)의 계산 결과는 피어의 파일 업로드 비율을 나타내며 이 값을 참조하여 일반 피어와 파일의 업로드 보다 다운로드를 많이 한 피어의 서비스 이용을 차별화한다.

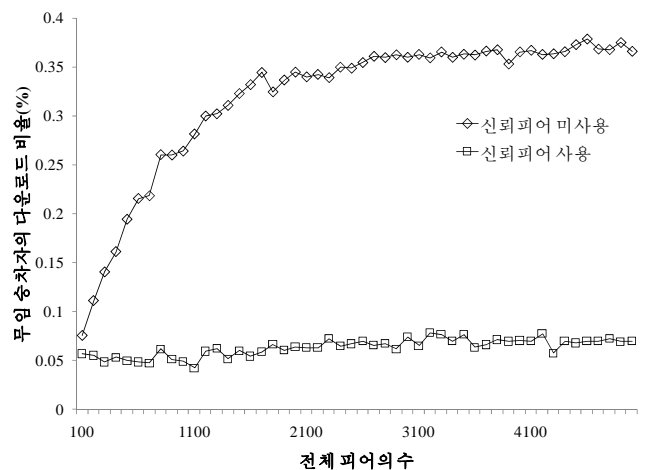
$$CU(P_i, T) = \frac{U(P_i, T)}{U(P_i, T) + D(P_i, T)} \quad (2)$$

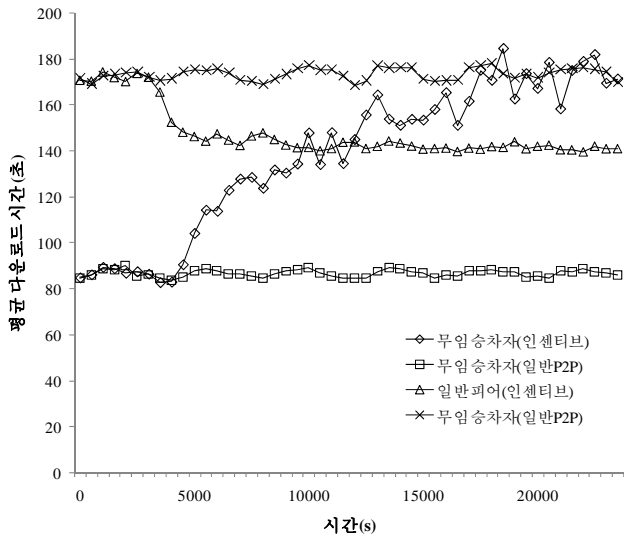
IcMP2P 는 식 (1), 식 (2), 식 (3)에 의해 계산된 피어의 기여도에 따라 대역폭과 TTL 값을 인센티브로 할당하여 차별화된 서비스를 제공한다. 식 (4)는 식 (1)에 의해 계산된 기여도와 식 (2)에 의해 계산된 기여도에 따라 대역폭을 인센티브로 할당한 식이다. 피어는 자신의 기여도만큼 대역폭을 할당받기 때문에 일반 피어는 빠른 속도로 파일을 다운로드하고 무임승차자는 파일의 다운로드 시간이 지연되거나 다운로드를 받지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

$$BW(P_i) = BW(TP_i) \times CR(P_i, T) \times \frac{CU(P_i, T)}{\sum_{i=1}^n CU(P_i, T)} \quad (3)$$

4. 실험 및 분석

본 논문에서는 IcMP2P 의 안정성과 효율성을





살펴보기 위하여 세 가지 실험을 수행하였다. 실험을 위한 오버레이 네트워크로 그누텔라[6] 환경을 사용하였으며, 피어의 참여 정도에 따라 일반 피어와 무임승차자로 구분하였다. 일반 피어는 서비스에 활발한 참여를 할 뿐만 아니라 다른 피어가 신뢰 피어의 역할을 요청할 때 응답하여 신뢰 피어로 동작하기도 한다. 무임승차자는 피어의 행동에 따라 다음과 같이 구분하였다: 파일을 전혀 공유하지 않거나 다른 피어들로부터 다운로드 요청 횟수가 적은 파일만을 공유하는 ‘Non-contributor’, 자신이 공유하는 파일 수보다 더 많은 수의 파일을 다운로드 하는 ‘Consumer’, 다른 피어들로부터 받은 질의나 응답 메시지를 전송하지 않고 무시하는 ‘Dropper.

[실험 I]에서는 인센티브 메커니즘에서 신뢰 피어의 필요성과 다수의 신뢰 피어가 존재함으로써 얻을 수 있는 이점을 살펴보기 위하여 두 가지 실험을 수행하였다. 표 3 은 [실험 I-1]과 [실험 I-2]를 위해 사용된 매개변수를 나타낸다. [실험 I-1]에서는 피어가 자신의 과거 트랜잭션을 참조하여 상대 피어의 기여도를 계산하고 인센티브를 할당하는 경우(Self-incentive)와 제안 메커니즘인 IcMP2P 를 이용하여 인센티브를 할당하는 경우 무임승차자의 파일 다운로드 비율을 살펴보았다. [실험 I-2]에서는 IcMP2P 가 다수의 신뢰 피어를 이용함으로써 얻을 수 있는 이점을 살펴보았다.

5. 결론

파일 공유 시스템은 피어들이 공유하는 파일의 수가 많을수록 많은 피어의 참여와 협력을 유도할 수 있다. 그러나 대부분의 피어는 자신이 필요로 하는 파일의 다운로드에만 집중할 뿐 자신의 파일을 공유하거나 다른 피어의 질의에 응답하는 등의 행동은 하지 않는다. 피어의 이와 같은 이기적인 행동을 ‘무임승차’라 하고, 무임승차를 행하는 피어를 ‘무임승차자’라 한다. 파일 공유 시스템 내에 많은 수의 무임승차자가 존재할 경우 확장성

문제와 과도한 네트워크 트래픽 생성 등으로 시스템의 성능과 피어들이 이용하는 서비스의 질이 감소할 수 있다. 따라서 파일 공유 시스템은 피어의 행동에 따라 서비스 이용을 차별화하여 피어의 무임승차를 감소시키고, 활발한 참여를 하는 피어에게 이익을 줄 수 있는 인센티브 메커니즘을 필요로 한다.

본 논문에서는 피어의 행동에 따라 참여 정도를 알 수 있는 기여도를 계산하고 기여도에 따라 대역폭과 TTL 값을 인센티브로 할당하는 인센티브 메커니즘 IcMP2P 를 제안하였다. IcMP2P 는 피어의 기여도 계산과 인센티브에 필요한 utility function 을 제공할 뿐만 아니라 신뢰 피어의 사용으로 인센티브 메커니즘을 부당하게 사용할 수 있는 분산 환경에서도 피어에게 올바른 인센티브를 제공할 수 있다. 실험을 통해 인센티브 메커니즘에서 신뢰 피어의 필요성과 다수의 신뢰 피어가 존재함으로써 얻을 수 있는 이점을 살펴보았다. 또 무임승차자의 파일 다운로드 비율, 일반 피어와 무임승차자의 파일 다운로드 시간 그리고 평균 탐색 시도 횟수를 통해 IcMP2P 의 효율성을 분석하였다. 따라서 본 논문에서 제안한 인센티브 메커니즘 IcMP2P 는 피어의 행동에 따라 차별화된 서비스를 제공함으로써 파일 공유 서비스의 질을 향상시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] J. Yu, M. Li, and J. Wu, "Modeling Analysis and Improvement for Free-Riding on BitTorrent-like File Sharing System," 2007 International Conference on Parallel Processing Workshops, pp. 53-59, 2007.
- [2] M. Karakaya, I. Korpeoglu, and O. Ulusoy, "Counteracting free riding in Peer-to-Peer networks," Computer Networks, Volume 52, Issue 3, pp. 675-694, 2008.
- [3] L. Ramaswamy and L. Liu, "Free Riding: A New Challenge to Peer-to-Peer File Sharing Systems," Proceedings of the 36th Annual Hawaii International Conference on System Science, pp. 220-229, 2003.
- [4] E. Anceaume, M. Gradinariu, and A. Ravoaja, "Incentive for P2P Fair Resource Sharing," Proceedings of the Fifth IEEE International Conference on Peer-to-Peer Computing, pp. 253-260, 2005.
- [5] Y. Liu, C. Yang, K. Xu, and H. Chen, "A Fair Utility Function for Incentive Mechanism against Free-Riding in Peer-to-Peer Networks", Proceeding of the 8th International Conference on Next Generation Teletraffic and Wired/Wireless Advanced Networking, Springer-Verlag, Lecture Notes in Computer Science 5174, pp. 222-233, 2008.
- [6] E. Adar and B. A. Huberman, "Free Riding on Gnutella," Frist Monday 5(10), pp. 134-139, 2000.