

모바일 애드혹 네트워크 환경에서 노드의 이기성을 고려한 효율적인 데이터 복제본 할당 기법*

류병걸, 정다운, 소슬기, 이상근
고려대학교 정보통신대학 컴퓨터통신공학부
e-mail:{smart123, daounjung, iminei, yalphy}@korea.ac.kr

An Efficient Selfish Replica Allocation over a Mobile Ad Hoc Networks

Byung-Gul Ryu, Da-oun Jung, Seulgi So, SangKeun Lee
Division of Computer and Communication Engineering, Korea University

요 약

모바일 애드혹 네트워크에서는 모바일 노드의 이동성과 네트워크의 단절성으로 인해 데이터 접근성이 감소하게 된다. 이런 문제점을 해결하기 위해 데이터 복제본을 활용하여 데이터 접근성 향상을 위한 많이 기법들이 연구되었다. 하지만, 제안된 기법들은 노드가 가지는 이기적인 특징을 고려하지 않은 기법이기 때문에 실제 모바일 애드혹 네트워크에서 이기적 행동을 하는 노드가 존재할 경우에는 데이터 접근성이 상당히 낮아진다. 최근에 이기적 노드가 존재하는 모바일 애드혹 네트워크에서의 데이터 복제본 할당을 위한 기법이 제안되었다. 하지만 이 기법은 이기적 노드를 데이터 복제본 할당 기법에서 완전히 배제를 시키기 때문에 이기적 노드를 활용할 수 없다. 그 결과, 데이터 접근성에 안좋은 영향을 미치게 된다. 본 논문은 모바일 애드혹 네트워크에서 이기적 노드가 존재할 경우에 이기적 노드를 활용하기 위해 모든 노드를 이기적 정도와 거리에 따라 측정을 하고, 측정값을 기준으로 노드들을 레벨화 할 수 있는 기법을 제안한다. 실험 결과는 제안하는 기법이 기존 기법에 비해 이기적 노드들이 모바일 애드혹 네트워크 상에 존재하는 환경에서 데이터 접근성이 향상됨을 보여준다.

1. 서론

최근 모바일 장비와 무선 통신기술의 발달로 인해 모바일 애드혹 네트워크 관련 연구에 대한 관심이 증가했다 [1]. 특히, 모바일 애드혹 네트워크는 비용이 많이드는 서버나 AP 장치의 설치없이 모바일 노드간의 통신이 가능하게 만들게 되면서 저비용의 네트워크 구축 기술로 각광 받고 있다.

모바일 애드혹 네트워크에서는 각 모바일 노드들이 라우터 역할을 하고 멀티 홉 기능에 의해 거리상의 제약을 극복할 수 있다. 하지만, 고정된 네트워크와는 달리 모바일 애드혹 네트워크에서 모바일 노드들은 이동성으로 인해 네트워크 단절이 발생하고, 네트워크 토폴로지가 계속 변화되는 특성을 갖는다. 그 결과, 모바일 노드 간 연결은 빈번하게 끊기게 되고, 이런 단절성으로 인해 데이터 접근성이 현저하게 떨어진다는 문제점을 갖는다 [2].

이런 문제점을 가지는 모바일 애드혹 네트워크에서는

데이터 접근성을 향상시키는 문제는 중요한 이슈 중 하나이며, 문제를 해결하기 위한 다양한 접근법들이 제안되었다 [2][3][4]. 데이터 접근성 향상을 위한 문제를 해결하기 위한 다양한 접근법들 중 하나는 모바일 노드간에 연결이 끊기기 전에 연결되어 있는 모든 노드들이 원본 데이터를 협력적으로 복제하여 가지고 있게 만드는 데이터 복제본 할당 기법이다. 이 기법을 이용하게 됨으로써 모바일 노드들은 연결이 끊어지게 되도 미리 원본 데이터를 복제해 놓았기 때문에 복제된 데이터를 사용할 수 있어 데이터 접근성을 향상 시킬 수 있다.

모바일 노드들은 자신이 사용할 수 있는 메모리 공간과 배터리등 자원이 제한되어 있기 때문에 자신의 자원을 다른 노드들을 위해 사용하기 보다는 자신의 이익을 위해 사용하려는 이기적인 행동을 보인다 [5]. 실제 다른 호스트들과 데이터를 공유하는 대부분의 P2P (Peer-to-Peer) 시스템의 경우 70%에 가까운 호스트들이 이기적인 행동을 보인다. 이런 현상은 모바일 애드혹 네트워크에서도 나타날 수 있다. 따라서, 모바일 애드혹 네트워크의 모바일 노드들의 이기적인 특성으로 인해 데이터 접근성은 떨어진다고 [6].

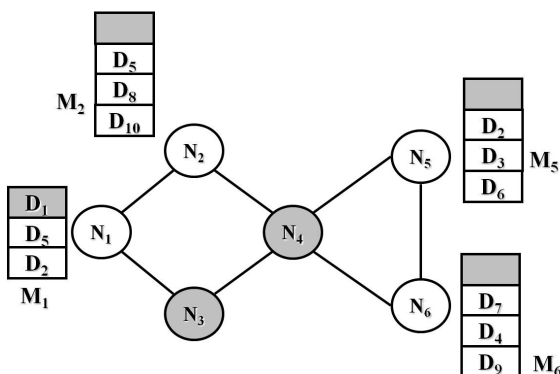
* 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(2011-0010325).

<표 1> 노드별 데이터 아이템 접근 빈도

Data	Nodes					
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₅	N ₆
D ₁	0.65	0.25	0.17	0.22	0.31	0.24
D ₂	0.44	0.62	0.41	0.40	0.42	0.46
D ₃	0.35	0.44	0.50	0.25	0.45	0.37
D ₄	0.31	0.15	0.10	0.60	0.09	0.10
D ₅	0.51	0.41	0.43	0.38	0.71	0.20
D ₆	0.08	0.07	0.05	0.15	0.20	0.62
D ₇	0.38	0.32	0.37	0.33	0.40	0.32
D ₈	0.22	0.33	0.21	0.23	0.24	0.17
D ₉	0.18	0.16	0.17	0.17	0.24	0.21
D ₁₀	0.09	0.08	0.06	0.11	0.12	0.09

기존에 제안되었던 데이터 복제본 할당 기법은 노드들의 이기적 현상을 고려하지 않았다. 이 기법을 이용하여 데이터 접근성을 향상시키기 위해서는 노드들이 이기적 행동을 보이지 않을 경우에 가능하다. 하지만, 앞에서 언급했듯이 실제 네트워크 환경에서 이기적 행동을 하는 노드들은 약 70%에 가깝기 때문에 이 기법을 적용하기는 어렵다.

최근에 모바일 애드혹 네트워크에서 모바일 노드의 이기적 행동을 고려한 데이터 복제본 할당 기법이 제안되었다 [7]. 이 기법은 각 노드가 연결된 노드들의 이기적 정도를 측정하여 측정된 이기적 정도를 기반으로 노드가 이기적 행동을 하는지 이기적 행동을 하지 않는지를 결정하는 기법이다. 이 기법으로 데이터 복제본을 할당한 결과는 그림 1과 같다. 그림 1에서 회색 원은 이진 결정 기법으로 결정된 이기적 노드를 보여준다. 하지만, 이 기법으로 노드를 구분하게 될 경우 비이기적 노드만을 활용하여 표 1에서 주어진 데이터 아이템을 접근성이 높은 순서로 복제본 할당을 하기 때문에 그림 1처럼 이기적 노드를 활용할 수 없게 되어 데이터 접근성이 낮아진다. 또한, 이 기법의 경우 이기적 정도의 공유를 통해 이기적 노드를 분류해야 하기 때문에 통신 비용이 많이 든다.



(그림 1) 이진 결정 기법을 이용한 N₁의 데이터 할당 기법

본 논문에서는 모바일 애드혹 네트워크에서 시스템 성능을 저해하는 이기적인 노드들을 검출하고 이기적 노드들

을 활용하기 위한 모바일 노드의 레벨화 기법을 제안함으로써 데이터 접근성 향상과 통신 비용을 감소시킬 수 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 제안하는 기법을 설명하며, 3장에서는 실험을 통해 본 논문에서 제안한 기법의 성능 향상을 증명하고, 4장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

2. 제안 기법

2.1 이기성 측정기법

본 장에서는 모바일 애드혹 네트워크에서 데이터 접근성을 향상시키기 위하여 이기적인 노드들을 검출하는 기법을 제안한다. 이기적인 노드를 검출하기 위해서는 먼저 한 노드가 다른 노드들의 이기적인 정도를 측정하여야 한다. 또한, 먼 거리에 있는 노드는 모바일 애드혹 네트워크가 가지는 단절성으로 인해 답을 줄 수 없을 경우가 많다. 따라서, 이기적인 정도를 측정하기 위해서는 거리 요소 역시 고려하여야 한다. 이기적인 정도를 측정하는 방법은 아래의 식 (1)과 같다.

$$DS_i^k = \frac{Tq_i^k}{Tr_i^k} * \left(\frac{D_i^k}{maxD_i} \right) \dots\dots\dots (1)$$

식 (1)에서 DS_i^k 는 노드 N_i 가 측정된 노드 N_k 의 이기적인 정도를 나타낸다. Tr_i^k 는 데이터 복제본을 할당한 후 노드 N_i 가 노드 N_k 에게 노드 N_k 가 가지고 있을 것이라고 예상되는 데이터를 요청한 질의의 개수이다. Tq_i^k 는 노드 N_k 가 가지고 있을 것이라고 예상되는 데이터를 노드 N_i 가 노드 N_k 에게 요청하였을 때 응답하지 못한 횟수이다. $maxD_i$ 는 노드 N_i 와 연결된 노드들중 가장 먼 거리에 있는 노드의 거리를 나타내고, D_i^k 은 노드 N_k 까지의 거리를 나타낸다. 식 (1)를 적용했을 경우 거리가 멀고 이기성 정도가 높을수록 낮은 DS_i^k 값을 갖게 된다.

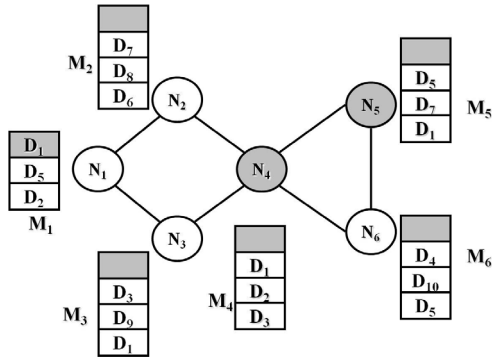
2.2 이기적 노드의 레벨화 기법

본 장에서는 노드가 다른 노드들의 이기성을 측정된 후, 측정된 이기성을 기반으로 노드들을 레벨화 하는 기법을 제안한다. 노드들을 레벨화 하긴 위해서는 1) 각 노드들이 가지고 있는 저장 공간을 측정하고, 2) 할당할 데이터가 저장 공간에 최소 한번은 모두 들어갈 수 있도록 레벨에 들어갈 모바일 노드의 수를 정한다. 각 레벨에 들어갈 모바일의 수는 식 (2)를 통하여 측정한다.

$$DL_i = \frac{Td_i}{Am_i} \dots\dots\dots (2)$$

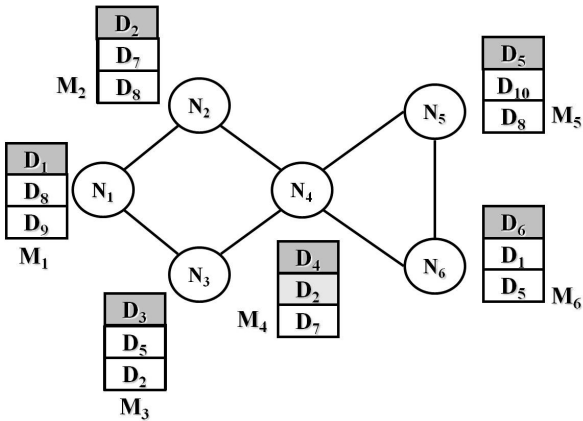
식 (2)에서 Am_i 은 노드 N_i 와 연결되어 있는 노드의 평균 저장공간을 나타낸다. 평균 저장공간은 질의를 보낸 후 응답하는 질의 수를 파악하여 저장공간을 예측한다. Td_i 은 노드 N_i 가 할당해야하는 전체 데이터 아이템의 수를 나타낸다. 예를들면 그림 1에서 각 노드가 가지는 평균 저장공

간의 수는 3이고 표 1에서 노드 N_i 가 할당해야 하는 데이터 아이템의 수는 10이므로 최소 4개의 노드가 하나의 레벨에 있어야 모든 데이터 아이템이 최소 한번 씩 할당 된다.



(그림 2) 제안 기법을 이용한 N_i 의 레벨화 기법

각 레벨별로 노드의 분류가 이뤄진 후 데이터 복제본은 레벨별로 접근 빈도에 따라 순차적으로 할당되어지게 된다. 그림 2는 각 레벨에 표 1에서 주어진 데이터 아이템을 접근빈도에 따라 복제본을 할당한 것을 보여준다. 그림 2에서 흰색 원은 레벨 1의 노드를 나타내고 회색원은 레벨 2의 노드를 나타낸다. 그림 2처럼 본 논문에서 제안한 기법은 모든 노드를 활용하여 데이터 복제본을 할당하기 때문에 데이터 접근성이 [7]에서 제안한 기법보다 좋아질 수 있다. 그림 3은 제안 기법을 이용해 각 노드가 데이터 할당을 한 후 최종적으로 노드가 가지게 되는 데이터 복제본을 보여준다.



(그림 3) 제안 기법을 이용한 데이터 복제본 할당

3. 성능평가

본 논문의 성능을 평가하기 위한 실험 환경은 표 2와 같다. 각 모바일 노드 N_i 는 데이터 D_i 를 원본 데이터로 가진다. 또한 데이터 갱신은 고려하지 않았다. 실험에서 이기적인 노드들의 25%는 완전히 이기적으로 행동을 하며, 나머지 75%의 이기적인 노드들은 부분적으로 이기적인 노드로서 자신의 저장소를 각각 25%, 50%, 75%를 자신의 이익을 위해 사

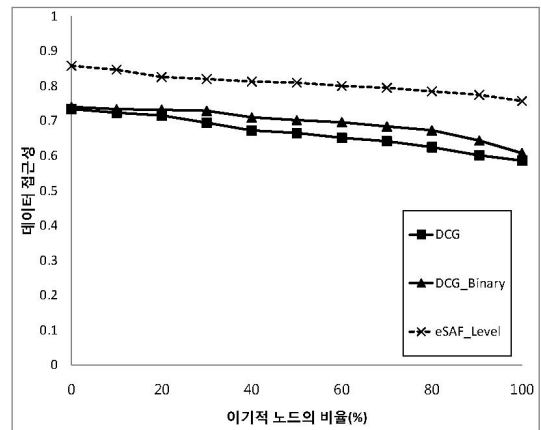
용한다고 설정하였다.

<표 2> 실험환경

실험환경	
실험공간	50 * 50
실험 노드의 수	40
노드별 저장 공간	10
통신 범위	7 hop
접근 빈도	Zipf

본 논문에서는 성능 비교를 위하여 DCG, DCG_Binary, eSAF_Level을 비교하였다.

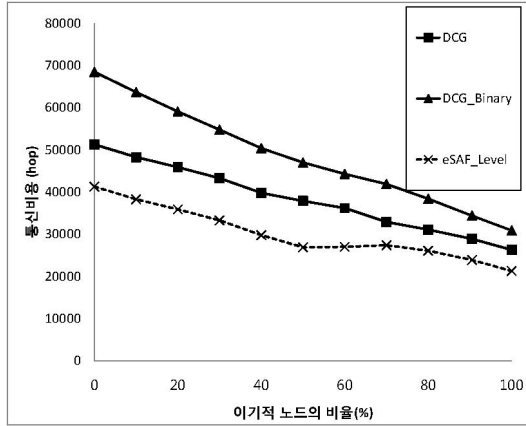
- **DCG [2]**는 노드들이 이중연결 (Bi-connected)된 노드들로 그룹을 형성한다. 이 기법은 이기적 노드를 검출하지 않고, 그룹내의 노드들은 데이터 접근 빈도를 고려하여 중복적이지 않게 데이터를 할당한다.
- **DCG_Binary [7]**는 DCG 기법과 같이 그룹을 정한후 그룹내의 이진결정 기법을 적용하여 이기적인 노드를 검출한다. 또한, 데이터 접근빈도를 고려하여 그룹내의 비이기적인 노드들에게 데이터 복제본을 할당한다.
- **eSAF_Level**은 본 논문에서 제안한 기법으로 각 노드는 개별적으로 연결된 노드의 이기성 정도를 측정한 후 노드를 레벨화 한다. 레벨화 한 후, 각 노드는 연결되어 있는 노드들에게 데이터 아이템의 접근 빈도에 따라 복제본을 할당한다.



(그림 4) 이기적인 노드의 비율에 따른 데이터 접근성

그림 4는 모바일 애드혹 네트워크의 이기적인 노드 비율에 따른 데이터 접근성을 보여준다. 하지만 DCG, DCG_Binary, eSAF_Level은 이기적인 노드의 비율이 많아질수록 데이터 접근성이 떨어지는데, 이는 이기적인 노드들이 할당받은 데이터 복제본을 가지고 있지 않기 때문에 떨어지는 현상이다. 그림 4에서 eSAF_Level이 가장 좋은 데이터 접근성을 보인다. 그 이유는 eSAF_Level은 연결되어 있는 모든 노드를 활용하여 데이터를 할당하는 반면에 DCG_Binary 경우에는 이기적인 노드를 전혀 활용하지 않기 때문이다. 또한, DCG의 경우에는 이기적 노드를 구별할 수

없기 때문에 데이터 접근성이 떨어지게 된다. 따라서, eSAF_Level 기법은 모든 노드를 레벨화 하여 이기적인 노드와 이기적이 않은 노드를 모두 활용하고, 거리에 따른 이기성도 고려하기 때문에 좀 더 효율적으로 데이터 복제본을 할당할 수 있다.



(그림 5) 이기적인 노드의 비율에 따른 통신비용

그림 5는 데이터 복제본을 할당하기 위한 통신 비용을 보여준다. DCG와 DCG_binary는 그룹을 만들어야 하기 때문에 통신 비용이 eSAF_leveling 보다 많이 든다. DCG_Binary는 그룹을 만든 후에 연결된 노드들간에 이기적 정보를 공유해야 하기 때문에 DCG보다 많은 통신 비용이 든다. 반면 eSAF_Level은 레벨을 나누기 위해서 그룹을 만들 필요가 없고, 노드들끼리 다른 노드의 이기성 정보를 공유할 필요가 없다. 따라서, 다른 기법들보다 적은 통신 비용이 소요된다.

4. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 이기적인 노드에 의해서 생길 수 있는 데이터 접근성 저하를 최소화하기 위해 이기적인 노드를 검출할 수 있는 기법을 제안하였다. 실험 결과, 이기적인 노드를 검출하지 않는 기법과 비교하여 제안하는 기법의 데이터 접근성이 20% 가량 증가하였다. 또한, 통신 비용은 15% 가량 감소하였다.

향후 연구로는 이기적 노드가 존재하는 모바일 애드혹 네트워크 환경에서 데이터의 갱신이 발생할 경우의 효율적인 데이터 복제본 할당 기법을 연구할 것이다.

참고문헌

[1] T. Hara and S. K. Madria. "Data replication for improving data accessibility in ad hoc networks", IEEE TMC, 5(11): 1515-1532, 2006
 [2] T. Hara. "Effective replica allocation in ad hoc networks for improving data accessibility" In Proceedings of IEEE INFOCOM, pages 1568-1576, 2001
 [3] G. Karumanchi, S. Muralidharan, and R. Prakash. "Information dissemination in partitionable mobile ad hoc

networks" In Proceedings of IEEE SRDS, pages 4 - 13, 1999
 [4] J. Luo, J.-P. Hubaux, and P. T. Eugster. "PAN: providing reliable storage in mobile ad hoc networks with probabilistic quorum systems" In Proceedings of MobiHoc, pages 1 - 12, 2003.
 [5] D. Hales, "From Selfish Nodes to Cooperative Networks - Emergent Link-Based Incentives in Peer-to-Peer Networks," In Proceedings of IEEE P2P, pages 151 - 158, 2004
 [6] E. Adar and B. A. Huberman. "Free riding on Gnutella", First Monday, 5(10):1-22, 2000
 [7] 심규선, 정다운, 류병걸, 이상근, "모바일 애드혹 네트워크 환경에서 이기적인 노드를 고려한 데이터 복제본 할당 기법", 한국정보처리학회 추계학술대회 논문집, pp.69-71, 2010년 11월