

DTN에서 유한 버퍼의 페리와 이동노드의 메시지 전달

김병순*, 이봉규**

요약

메시지 페리 방법은 페리만이 분리된 네트워크 사이에서 메시지를 전달한다. 이 논문에서는 지연을 허용하는 분리된 네트워크에서 메시지 전달 지연시간을 줄이고 처리율을 증가시키기 위해 유한 버퍼의 페리와 이동 노드 모두가 메시지를 전달하는 새로운 방법을 제안한다. 우리는 메시지 전달 지연, 메시지 전달을 척도를 사용하여 기존의 메시지 페리 방법과 성능을 비교평가 한다.

Combined Finite-buffered Ferry and Mobile Nodes Message-carrying for DTNs

Byungsoon Kim*, Bongkyoo Lee**

Abstract

In traditional message ferrying schemes, only message ferries carry messages between partitioned networks. In this paper, we propose a new approach to make both finite-buffered c ferries and mobile nodes carry messages so that we reduce message delivery delay and increase throughput in delay tolerant networks. We evaluate our scheme against conventional message ferrying in terms of message delivery delay and throughput.

Keywords : DTN, Message Ferry, Finite-buffered Ferry, Finite-buffered Mobile Node

1. 서론

이동 애드혹 네트워크 (Mobile Ad hoc Network)는 고정된 하부 구조를 가지고 있지 않고, 무선 링크로 연결된 이동 라우터 (Mobile Router)들 자신이 스스로 설정하는 네트워크 구조를 갖는다. 라우터들은 임의로 이동할 수 있고 네트워크를 구성할 수도 있기 때문에 네트워크의 무선 토폴로지는 빠르게 변화할 수 있다. 노드(Node)들은 서로 무선 범위 안에 있다면 직접 통신할 수 있다. 그러나 노드의 이동성은 네트워

크 토폴로지를 자주 변화하게 만든다. 결국 네트워크는 자주 분리되는 경우가 발생하고 분리된 상태가 오랫동안 지속될 수도 있다. 또한 물리적인 장애나 제한된 무선 범위는 노드들의 직접적인 통신을 못하게 하기도 한다.

최근에 간헐적인 연결을 지원하는 지연 허용 네트워크 (Delay Tolerant Network) 개념이 제안되었다[1,2]. 지연 허용 네트워크는 동시에 중단간의 연결이 이루어 지지 않을지라도 간헐적으로 연결된 노드들사이의 통신을 제공한다. 또한 연결상에서 긴 지연도 허용되며, 저장 후 전달하는 메시지 교환 방식을 사용하여 메시지를 전달한다.

메시지 페리 (Message Ferry)는 지연 허용 네트워크에서 메시지를 전달하는 한 가지 방법으로서 저장 후 전달 방식을 사용한다. 이 방법은 비임의성(non-randomness)을 사용하는데 주기적으로 이동하면서 연결성을 제공한다. 네트워크 장치는 그들의 역할에 따라 메시지 페리나 일반 노드로 구별된다. 페리는 비연결된 노드들

※ 제일저자(First Author) : 김병순
접수일:2009년 02월 24일, 완료일:2009년 03월 13일
* 안동대학교 컴퓨터교육과
bsgim@andong.ac.kr
** 제주대학교 전산통계학과(교신저자)
■ 본 논문은 2007년도 제주대학교 학술지원사업에 의하여 연구되었음.

사이에서 메시지를 나르는 장치이고, 일반 노드는 전개된(Deployment) 지역에서 태스크가 할당된 장치이다. 페리는 이미 알려진 경로를 따라 전개된 지역 주위로 움직이면서 메시지를 목적지로 전달하거나 아니면 다른 페리로 전달한다 [3].

현재까지 메시지 페리에 대한 대부분의 연구는 페리가 효율적으로 횡단하는 경로 설계 [4-6]와 고장난 페리를 이동 노드나 다른 페리로 대체하는 페리 대체 프로토콜 [6, 7]에 연구 초점을 맞추어 왔다. 그리고 대부분의 메시지 페리와 관련된 방법에서는 페리만 데이터를 나른다. 예로서 전통적인 메시지 페리를 사용하는 방법에서 이동 애드 혹 구조를 가진 시골 마을이 서로 멀리 떨어져 있다면 긴 메시지 전달 지연을 야기할 수 있다.

이 논문의 주된 기여는 전통적인 메시지 페리 방법에서는 페리만 메시지를 나르게 하였지만 우리는 페리와 이동 노드 모두 메시지를 나르게 한다. 시골 마을 네트워크 환경에서 이동 노드들은 시골 마을에서 도시로 방문하거나 아니면 다른 시골 마을로 방문할 수 있을 것이다. 예로서 시골 사람들이 도시에 있는 병원이나 우체국, 쇼핑 물품 방문하거나 다른 마을에 사는 친지를 방문할 수 있을 것이다. 따라서 우리는 이동 노드들이 다른 시골 마을로 방문할 때 페리 기능을 하도록 한다. 이와 같은 접근은 메시지 전달 지연을 줄이거나 메시지 전달율을 높일 수 있을 것이다.

이 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장은 관련된 논문들에 대해 간략하게 기술하고 3장은 네트워크 모델과 프로토콜 동작과 함께 제안하는 프로토콜에 대해 기술한다. 4장은 제안 방법을 평가하고 마지막 5장에서는 간략한 결론을 낼 것이다.

2. 관련연구들

[8]에서 저자들은 간헐적으로 연결된 네트워크를 위해 유행성 라우팅 프로토콜 (Epidemic Routing Protocol)을 제안하였다. 메시지가 중간 노드에 도착하면 노드는 메시지를 모든 이웃 노드에게로 전달시킨다. 그러므로 네트워크의 연결된 부분들을 통해 메시지들은 빠르게 전파된다. 그

러나 이것은 높은 트래픽 오버헤드를 야기하는 경향이 있다.

[3]의 저자들은 지연 허용 네트워크에서 데이터를 효율적으로 전달하는 메시지 페리 방식을 기술하고 있다. 그들은 두 가지의 메시지 페리 방식을 개발하였는데, 접근하는 동작을 노드가 시작하는지 아니면 페리가 시작하는지에 따라서 노드가 시작하는 메시지 페리 방법과 페리가 시작하는 방법 두 가지가 있다. 노드가 시작하는 메시지 페리 방법은 페리가 이미 알고 있는 특정한 경로를 따라 전개된 지역을 돌아 다니면서 페리가 만나는 다른 노드들과 통신하는 방법이다. 그러나 페리가 시작하는 메시지 페리 방법은 노드들을 만나기 위해 페리가 찾아 다닌다.

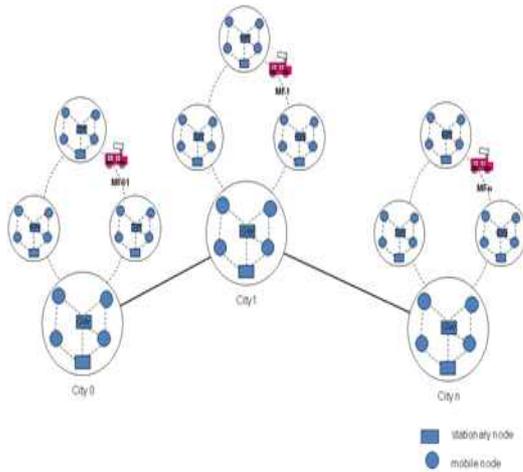
[5]의 저자들은 노드들이 임의로 움직이는 아주 넓게 흩어진 이동 애드 혹 네트워크에서 페리의 경로를 만드는 경로 설계 알고리즘을 제안하였다. 이 방법은 페리와 노드사이에 어떠한 온라인의 협력도 필요없고 노드의 움직임을 중단하지도 않는다.

[6]의 저자들은 고정 노드들이 있는 네트워크에서 메시지를 전달하기 위해 다수의 페리를 사용하여 문제들을 해결하려고 하였고, 평균적인 메시지 전달 지연시간을 줄이기 위해 페리 경로를 설계하였다. 다수의 페리를 사용하면 시스템의 처리율과 페리가 고장났을 때의 견고성을 증가시키는 장점을 가진다. 저자들은 하나의 페리와 다수의 페리에 대한 페리 경로를 설계하는 알고리즘도 기술하였다.

[9]에서 저자들은 오직 페리는 클러스터(Cluster)내에서 노드로부터 데이터를 수집하고 페리로 전달하는 게이트웨이 노드와 통신하는 하이브리드(Hybrid) 데이터 라우팅을 제안하였다. 메시지 페리 방법이 여러 개의 클러스터에서 사용될 때 일반적인 이동 애드혹 네트워크의 라우팅은 로컬 연결을 지원하기 위해 각 클러스터에서 사용된다.

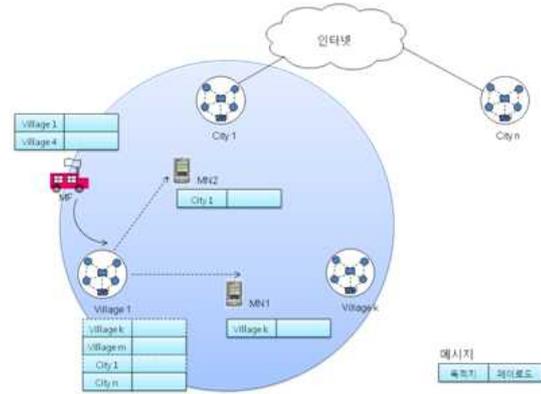
지금까지 살펴본 모든 페리 방법들은 지연 허용 네트워크에서 페리만 사용하여 메시지를 전달하였다. 그러나 만일 한정된 버퍼를 갖는 페리가 빈번하게 움직이지 않는다면 전달될 수 있는 메시지의 수가 한정될 것이다. 결국 이것은 메시지의 전달율이 낮을 것이고, 매우 긴 전달지연을 야기할 수 있을 것이다.

3. 제안 방법



(그림 1) 네트워크 토폴로지

우리는 (그림 1)과 같이 n 개의 도시와 m 개의 시골 마을로 구성된 네트워크 환경을 고려한다. n 개의 도시는 서로 유선망으로 연결되어 있고 각 시골 마을들은 서로 멀리 떨어져 있으며, 네트워크로 서로 연결되어 있지 않다. 도시와 각 시골 마을들 사이에 메시지 페리가 주기적으로 이동하고, 각 시골 마을의 네트워크는 이동국과 고정국으로 구성된 이동 애드혹 네트워크 구조를 갖는다. 고정 노드 중의 하나는 다른 마을과 연결하는 게이트웨이 역할을 한다. 따라서 마을의 노드는 무선 범위 안에서 서로 직접 통신할 수 있으나 목적지 노드가 다른 네트워크에 있다면 송신자 노드는 항상 게이트웨이를 통하여 메시지를 전송한다. 각 마을들을 서로 연결하기 위해 메시지 페리 방법을 사용하고, 페리는 하루에 한번씩 고정된 경로를 따라 마을을 방문하며 마을에서는 메시지를 다운로드와 업로드를 위해 게이트웨이만 접촉한다. 마을의 이동 노드는 다른 마을로 이동하거나 도시로 이동할 수 있고, 도시의 이동 노드 역시 다른 마을로 이동할 수 있다. 그리고 메시지 페리의 버퍼와 이동 노드의 버퍼는 한정된 버퍼를 갖고 있지만, 게이트웨이의 버퍼는 무한의 버퍼 용량을 가진다.



(그림 2) 메시지 전달 동작 과정

(그림 2)는 제안 방법에 의한 메시지 전달 과정을 보여주고 있다. 초기에 Village 1의 게이트웨이는 전송을 기다리는 4 개의 메시지를 가지고 있고, MN1은 Village 1에서 Village k로 이동하고, MN2는 Village 1에서 City 1로 이동한다. 그리고 페리는 두 개의 메시지를 갖고 City 1에서 Village 1으로 이동 중에 있다고 가정하자.

먼저 한 마을의 이동 노드가 다른 마을로 이동하는 경우를 살펴보자. 이동 노드는 자신의 게이트웨이와 접촉하여 메시지의 목적지가 자신이 방문하는 목적지 마을과 동일한 메시지를 자신의 버퍼 용량만큼 게이트웨이로부터 받아 목적지 마을로 이동한다. 예로서, MN1이 Village k로 이동한다면 Village 1의 게이트웨이가 가지고 있는 메시지들 중에서 메시지의 목적지가 노드가 방문하는 목적지 마을인 첫 번째 메시지를 자신의 버퍼에 담아 이동한다. 목적지 마을에 도착한 노드는 게이트웨이에게 가져온 메시지를 전달한다. 그러면 게이트웨이는 이동 애드혹 라우팅 프로토콜을 사용하여 자신의 마을에 있는 목적지 노드에게로 전달할 것이다.

두 번째로서 한 마을의 노드가 도시로 이동하는 경우를 살펴보자. 이동 노드가 한정된 버퍼를 가지고 있으므로 게이트웨이로부터 먼저 메시지의 목적지가 도시인 메시지를 우선적으로 다운로드하여 저장한다. 그리고 난 후 버퍼에 여유 공간이 있다면 목적지가 외부 네트워크인 메시지를 저장하도록 한다. 예로서, MN2가 City 1로 이동한다면 Village 1의 게이트웨이가 가지고 있

는 메시지들 중에서 메시지의 목적지가 City 1 인 세 번째 메시지를 자신의 버퍼에 담는다. 그러나 버퍼의 여유 공간이 있다면 City n인 메시지도 함께 가지고 이동할 것이다. 도시에 도착한 이동 노드는 자신이 가지고 온 모든 메시지를 게이트웨이에게 전달하는데, 게이트웨이는 메시지들 중에서 다른 네트워크로 전달하거나 목적지 노드에게로 전송할 것이다.

마지막으로 페리의 메시지 전달을 살펴보자. 페리가 마을에 도착하면 마을의 게이트웨이는 페리가 나른 메시지 중에서 목적지가 자신의 마을인 모두 메시지를 먼저 다운로드한다. 그리고 난 후 마을의 이동 노드에 의해 전달된 메시지를 제외한 메시지들을 페리의 버퍼 용량만큼 페리로 업로드한다. 페리가 다음 마을에 도착하면 앞과 같이 게이트웨이와 상호작용하여 다운로드와 업로드를 수행한다. 페리가 도시에 도착하면 목적지가 도시인 것과 다른 외부 망으로 향하는 메시지를 게이트웨이에게 전달한다. 그리고 메시지의 목적지가 페리가 이동하는 마을인 모든 메시지를 다운로드하여 이동한다. 예로서, 페리가 두 개의 메시지를 가지고 Village 1에 도착한다. 페리는 자신이 가져온 Village 1 메시지를 게이트웨이에게 전달하고, 게이트웨이에서 전달되기를 기다리는 메시지를 페리의 버퍼 용량만큼 받아서 다음 마을로 이동한다.

제안 방법의 알고리즘은 (그림 3)과 같다.

```

if (노드가 다른 마을로 이동) {
    게이트웨이로부터 자신의 가용 버퍼만큼 목적지와 동일한 메시지를 받아 이동.
    방문한 마을의 게이트웨이에게 메시지 전달.
}
if (노드가 도시로 이동) {
    게이트웨이로부터 목적지가 도시인 메시지를 받는다.
    if (노드의 빈 버퍼가 가용) 게이트웨이로부터 목적지가 외부 네트워크인 메시지를 받아 이동.
    방문한 도시의 게이트웨이에게 메시지 전달.
    if (페리가 마을에 도착) {
        게이트웨이는 페리로부터 목적지가 자신의 마을인 메시지를 다운로드.
        페리의 가용 버퍼용량만큼 게이트웨이로부터 메
    
```

```

        메시지 받아 이동.
    }
    if (페리가 도시에 도착) {
        목적지가 도시인 것과 다른 외부 망인 모든 메시지를 게이트웨이에게 전달.
        게이트웨이로부터 목적지가 마을인 메시지를 버퍼 용량만큼 받아 이동.
    }
}
    
```

(그림 3) 알고리즘

4. 성능 평가

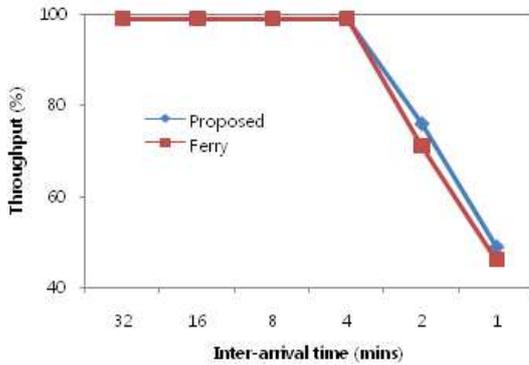
C 언어와 랜덤 변수 함수를 위해 SMPL (Simulation and Modeling Programming Language) [10]을 사용하여 제안한 방법의 성능을 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 프로그램은 여러 개의 함수들을 포함하는데, 트래픽을 생성하는 함수, 송신 마을과 목적지 마을을 임의로 선택하는 함수, 페리와 게이트웨이사이의 메시지를 다운로드와 업로드하는 함수, 이동 노드가 메시지를 전달하는 함수 등이 있다.

성능 척도로서 메시지 지연시간과 처리율을 사용한다. 메시지 지연은 메시지가 생성된 시간과 목적지에 도착한 시간 사이의 평균 차이 값으로 정의하고, 처리율은 총 생성된 메시지 수에 대한 목적지에 도착한 메시지 수의 %로 정의한다. 실험 결과로서 제안하는 우리의 방법이 메시지 지연과 처리율 척도에서 하이브리드 데이터 라우팅 페리 시스템[9]보다 성능이 좋음을 보인다.

<표 1> 시뮬레이션 파라미터

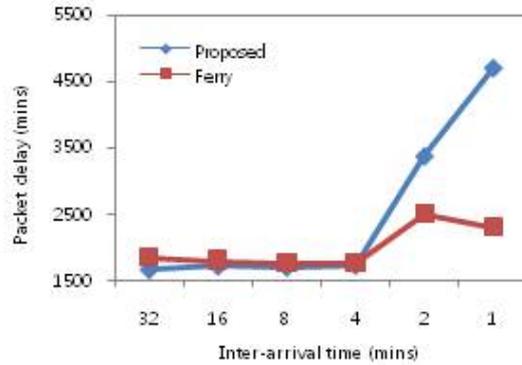
파라미터	값
도시의 개수	10
마을 개수	60
페리의 개수	10
노드 이동	정규분포(180, 20)
메시지 도착간의 시간	지수 분포
메시지 크기	1 Kbits
페리의 버퍼 크기	60 Kbits
이동 노드의 버퍼 크기	3 Kbits
게이트웨이의 버퍼 크기	무한
페리의 주기	1일
트래픽	유니캐스트 트래픽

시뮬레이션 환경을 표 1과 같이 구성하였다. 네트워크 토폴로지는 메시 구조로 연결된 10 개의 도시로 구성하였다. 각 도시는 6 개의 마을로 구성되어 있고, 하나의 도시와 6 개의 마을 사이에는 하나의 지연 허용 네트워크를 구성하고 있다. 각 네트워크는 하나의 페리를 가지며, 페리는 마을과 마을 사이에 이동하는데 2시간이 걸리고, 하루에 한번씩 시계반대 방향으로 이미 알려진 경로를 따라 이동한다. 생성된 모든 메시지들의 목적지는 다른 마을이고, 메시지 사이의 평균 도착시간은 지수 분포를 따르며, 평균 시간은 32분에서 1분 사이의 값으로 변화시킨다. 메시지의 전송과 전파시간은 무시하며, 각 지연 허용 네트워크 사이의 전달지연은 무시한다. 실험은 다른 임의의 시드(Seed) 값을 선택하여 5번을 수행하였고, 수치는 평균값을 사용하였다.



(그림 4) 메시지 처리율

(그림 4)는 처리율의 차이를 보여준다. 메시지의 도착간 평균 시간이 4분일 때까지는 처리율은 99%로 동일하지만 패킷의 도착간 시간이 작아짐으로 인해 부하가 더 증가하면 이동 노드에 의한 메시지 전달로 인해 우리의 제안방법의 처리율이 2 ~ 3% 정도만큼 메시지 페리 방법보다 더 좋은 결과를 얻었다. 만일 이동하는 노드의 수 혹은 이동하는 빈도 수가 더 많아지거나, 아니면 노드의 버퍼 크기가 더 증가한다면 두 방법의 처리율의 차이는 더 커질 것이다.



(그림 5) 메시지 전달 지연

(그림 5)는 트래픽 부하에 따른 메시지의 전달 지연시간을 보여준다. 도착간의 시간이 4분일 때까지 즉, 부하가 낮을 때까지는 제안방법의 지연시간이 더 작음을 알 수 있다. 부하가 낮을 때 지연시간의 차이는 31분 ~ 188분 정도의 차이가 나는데, 부하가 낮으면 낮을수록 제안방법의 지연시간이 더 적게 걸린다. 그러나 부하가 높아지면 제안방법의 패킷 지연시간이 훨씬 더 높음을 알 수 있다. 이것의 이유는 (그림 3)에서 보듯이 제안 방법의 처리율이 더 높기 때문이다. 결국 더 많은 메시지들을 전달하기 위해 많은 지연시간이 필요하였음을 알 수 있다.

5. 결론

기존의 메시지 페리 방법은 지연 허용 네트워크에서 오직 주기적으로 이동하는 페리만 메시지를 전달하는 역할을 하였지만, 이 논문에서 우리는 유한의 버퍼를 갖고 주기적으로 이동하는 페리와 비 정기적으로 이동하는 노드 함께 메시지를 전달하는 방법을 제안하였다.

우리는 메시지 전달 지연과 처리율의 척도를 사용하여 메시지 페리 방법과 제안 방법을 시뮬레이션하여 결과를 보였다. 그 결과로서 낮은 부하의 경우에는 처리율이 동일하였지만 높은 부하에서는 제안 방법이 3 ~ 5 % 정도의 높은 처리율을 보였다. 처리율이 동일할 때는 메시지의 전달 지연 시간은 31분 ~ 188분 정도의 낮은 지연시간을 보였다. 하지만 패킷 처리율이 높아지면 전달 지연시간도 역시 증가하는 단점이 있었다.

참 고 문 헌

- [1] E. Magistretti, J. Kong, U. Lee, M. Gerla, P. Bellavista, and A. Corradi, "A Mobile Delay-Tolerant Approach to Long-Term Energy Underwater Sensor Networking," IEEE WCNC, 2007.
- [2] K. Fall, "A Delay-Tolerant Network Architecture for Challenged Internets," ACM SIGCOMM, 2003.
- [3] W. Zhao and M. Ammar, "Message Ferrying: Proactive Routing in Highly-partitioned Wireless Ad Hoc Networks," Proc of 9thIEEEWorkshoponFutureTrends in Distributed Computing Systems, May 2003.
- [4] W. Zhao, M. Ammar and E. Zegura, "A Message Ferrying Approach for Data Delivery in Sparse Mobile Ad Hoc Networks," MobiHoc, May 2004.
- [5] M. Tariq, M. Ammar and E. Zegura, "Message Ferry Route Design for Sparse Ad hoc Networks with Mobile Nodes," Mobihoc, May 2006.
- [6] W. Zhao, M. M. Ammar and E. Zegura, "Controlling the Mobility of Multiple Data Transport Ferries in a Delay-Tolerant Network," IEEE INFOCOM, 2005.
- [7] J. Yang, Y. Chen, M. Ammar and C. Lee, "Ferry Replacement Protocols in Sparse MANET Message Ferrying Systems," WCNC, 2005.
- [8] A. Vahdat and D. Becker, "Epidemic Routing for Partially Connected Ad Hoc Network," Duke University, Tech.Report, CS-200006, 2000.
- [9] Y. Chen, W. Zhao, M. Ammar and E. Zegura, "Hybrid Routing in Clustered DTNs with message Ferrying," MobiOpp, June 2007.
- [1 0] M.H. MacDougall, "Simulating Computer Systems: Techniques and Tools," MIT Press, 1987.



김 병 순

1993년 : 서강대학교 컴퓨터과
(공학석사)

2003년 : 경북대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

2003년~현재 : 안동대학교 컴퓨터교육과 부교수
관심분야 : DTN, 멀티캐스팅, Mobile IP



이 봉 규

1995년 : 서울대학교 컴퓨터공학과
(공학박사)

1996년~현재 : 제주대학교 전산통계학과 교수
관심분야 : smart SoC, 패턴인식