

Interconnected Node 기반의 DTN 통신 인프라 성능 분석

김승배, 장덕현, 권태경, 최양희
서울대학교 컴퓨터공학부

{sbkim, dhchang}@mmlab.snu.ac.kr, {tkwons, yhchoi}@snu.ac.kr

Performance Analysis of Delay and Disruption Tolerant Networks with Interconnected Nodes

Seungbae Kim, Dukhyun Chang, Ted “Taekyoung” Kwon, Yanghee Choi
School of Computer Science and Engineering, Seoul National University

{sbkim, dhchang}@mmlab.snu.ac.kr, {tkwons, yhchoi}@snu.ac.kr

요약

본 연구에서는 간헐적인 연결성을 갖는 DTN (Delay and Disruption Tolerant Networks)에서 지속적인 연결성을 갖는 노드를 기반으로 하는 인프라를 제안하고 이를 DTN 과 연동하여 DTN 의 통신 성능을 향상시키고자 한다. 이러한 인프라를 구축하기 위해서는 많은 비용이 요구되는데, 이를 최소화하기 위한 방법을 소개한다. 또한 기존의 DTN 라우팅 프로토콜들을 인프라와 연동된 DTN 네트워크에 적용하여 성능을 분석한다.

I. Introduction

아프리카 대륙과 같이 넓고 경제력이 충분하지 않은 개발도상국 지역에서는 비용상의 문제로 통신 인프라 구축이 힘들다. 이런 상황에서 간헐적인 연결을 통해서도 통신이 가능한 DTN (Delay and Disruption Tolerant Networks)은 주목을 받고 있다. 본 연구에서는 이러한 DTN 에서 통신 성능을 향상시키기 위한 새로운 인프라를 제안한다. DTN 의 통신 성능을 향상시키기 위한 기존 연구 [1][2]에서는 DTN 네트워크에 메시지를 저장하고 전달을 하는 보조적인 역할을 하는 추가적인 노드를 활용함으로써 전반적인 통신 성능이 향상되는 것을 보여줬다. 하지만 기존 연구에서 보조 역할을 하는 노드들은 단순히 추가적인 저장공간의 제공과 전체 노드의 개수를 증가시켜서 메시지 전달 확률을 높여주는 것에 초점을 맞추었다. 본 연구에서는 보조 역할을 하는 노드들이 연결성을 갖도록 하여 통신 성능을 한층 더 향상시키고자 한다. 보조 노드들은 지향성 안테나 등을 이용하여 지속적인 연결성을 갖는 인프라를 구축하게 된다. 이러한 인프라 구축에는 많은 비용이 들기 때문에 이를 보완하기 위한 방법을 제안한다. 여러 형태의 인프라에서 기존의 DTN 라우팅 프로토콜들의 성능을 테스트하고 인프라 구축 비용을 고려한 최적의 라우팅 프로토콜을 알아본다.

II. Interconnected node based DTN

본 연구에서 연결성을 갖는 보조 노드들은 지향성 안테나 등의 방식을 통해서 멀리 떨어져 있는 거리에서도 항상 연결을 유지하는 것을 가정한다. 이러한 노드들을 본 연구에서는 Inode (Interconnected node)라고 부른다. Inode 는 일반 DTN 노드와 비교하여 대용량의 저장공간을 유지하면서 Inode 간에 데이터를

공유하기 때문에 멀리 떨어져 있는 목적지까지도 신속하게 메시지를 전달할 수 있다. 하지만 개발도상국의 경우 값비싼 Inode 로 전 지역을 직접적으로 통신범위 내에 포함하는 인프라를 구축하기는 힘들다. 또한 DTN 의 특성상 노드들은 일정한 패턴을 갖고 움직이기 때문에 불필요한 지역에는 인프라를 구축하지 않고, 많은 노드들이 모여 있는 곳은 Inode 인프라의 통신 범위를 확장해주는 것이 효율적이다.

그림 1 은 Inode 의 통신 범위를 확장하기 위한 노드를 추가하여 DTN 에서 일반 노드들이 Inode 를 최대한 활용할 수 있도록 하는 인프라를 보여준다. 그림에서 다이아몬드로 표현된 노드가 Inode 이고, 원으로 표현된 노드 (Mobile Delivery Agent)는 Inode 주변을 돌면서 Inode 가 갖고 있는 메시지를 확산하거나 일반 노드들의 메시지를 Inode 까지 전달하는 역할을 한다. 이러한 인프라를 구축하면 Inode 의 메시지 전달 확률을 높이고, 넓은 지역의 DTN 노드들을 통신 범위 내에 포함할 수 있다.

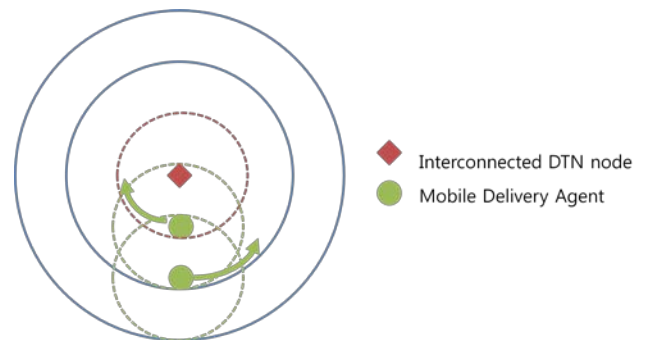


그림 1. Mobile Delivery Agent 를 통한 Inode 인프라의 활용

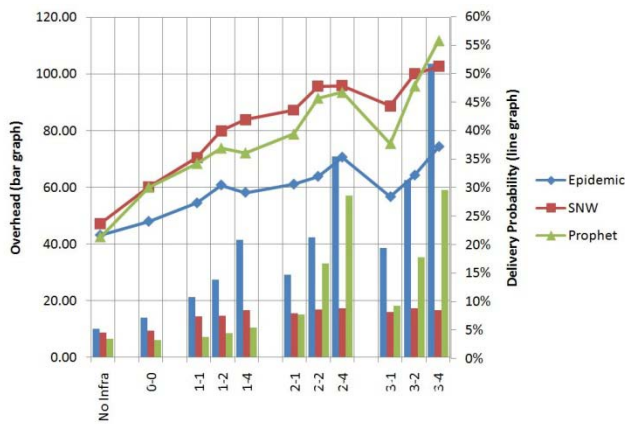


그림 2. Delivery Probability 와 Overhead 측정

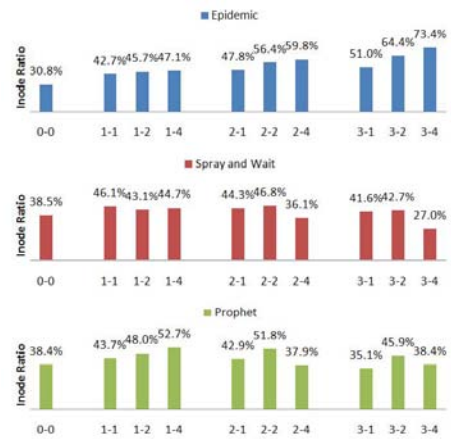


그림 3. Inode 인프라의 활용도

III. Performance Analysis

Inode 인프라의 성능을 측정하기 위해서 본 연구에서는 The ONE 시뮬레이터[3]를 사용하여 DTN 라우팅 프로토콜인 Epidemic, Spray and Wait 과 Prophet 을 테스트 하였다. 넓은 지역에 20 개의 DTN 노드가 Random way point 이동모델을 따라 움직이도록 하고, 모든 노드들은 주기적으로 메시지를 생성하여 임의의 목적지로 메시지를 전송한다. 인프라는 Inode 와 Mobile delivery agent (이하 Agent)로 구성되며 일반 노드에 비해서 큰 버퍼를 갖고 있다. 시뮬레이션에서는 다섯 개의 Inode 가 고르게 위치하고 그 주위를 맴도는 Agent 개수는 시나리오에 따라 달라진다. 시뮬레이션은 세 개의 라우팅 프로토콜마다 11 개의 다른 시나리오를 갖는다. 그림 2 와 3 에 가로축은 시나리오를 나타낸다. 'No Infra'는 인프라가 없이 일반 노드들만으로 진행된 시나리오를 뜻한다. 그 외에 시나리오는 두 개의 숫자로 표현되는데, 앞의 숫자는 Agent 의 레벨, 즉 몇 겹으로 Inode 주위를 감싸고 있는지를 나타낸다. 뒤의 숫자는 하나의 레벨에 존재하는 Agent 의 개수를 나타낸다. 그림 1 을 예제로 보면 두 개의 레벨과 각 레벨에는 하나의 Agent 가 존재하므로 '2-1'이라고 표현할 수 있다. 시뮬레이션에서는 Inode 인프라의 성능을 측정하기 위해서 메시지의 전송 확률, 오버헤드와 Inode 인프라의 활용도를 측정하였다.

그림 2 는 각 라우팅 프로토콜의 전송률 (붉은선 그래프)과 오버헤드 (파란선 그래프)를 나타내고, 그림 3 은 총 전송된 메시지 중에서 Inode 인프라를 통해서 전송된 메시지의 비율을 보여준다. 모든 라우팅 프로토콜이 인프라가 없을 경우 25%이하의 전송률을 갖고 있었지만 인프라가 잘 구축된 시나리오에서 최고 55% 이상의 전송률로 메시지를 전송했다. 각 라우팅 프로토콜 별로 살펴보면 Epidemic 은 Inode 인프라 활용도는 다른 프로토콜들에 비해 높지만 실제 인프라로 인한 전송률의 증가는 크지 않은 것을 알 수 있다. 그 이유는 모든 메시지를 전달해주는 특성으로 인해 큰 오버헤드가 발생해서 메시지가 중간 과정에서 손실될 가능성이 있기 때문이다. Spray and Wait 은 메시지의 개수가 정해져 있어서 인프라와 상관없이 거의 일정하고 낮은 오버헤드를 갖는다. 세 개의 프로토콜 중에서 가장 높은 확률로 메시지를 전달하는데, 그 이유는 일반 노드에 비해서 만날 확률이 높은 인프라에 메시지가 전달되어서 다른 프로토콜에 비해 인프라로 인한 전달 가능성이 크기 때문이다. 하지만 메시지의 개수가 정해져 있기 때문에 Agent 수가 늘어나면 Inode 를 거치지 않고 Agent 수준에서 전달이 끝날 가능성이 높다. Prophet 은

목적지 노드를 만날 가능성을 보고 메시지를 전달해 주기 때문에 메시지를 가지고 있는 노드가 Agent 를 만난다고 해도 메시지를 전달해주지 않을 가능성이 있다. 이러한 이유로 Prophet 은 인프라 내부에서 메시지가 잘 퍼지지 않을 가능성이 있다. 전송률이나 오버헤드 측면으로 봤을 때 Spray and Wait 이 가장 뛰어난 성능을 보였다. 하지만 모든 시뮬레이션에서 인프라 노드의 개수와 상관없이 일정한 메시지 사본의 수를 갖고 있었기 때문에 인프라를 더 잘 활용할 수 있는 프로토콜이 필요하다.

IV. Future works and Conclusion

본 연구에서는 DTN 에서 통신 성능을 향상시키기 위해 지속적인 연결성을 갖는 노드 기반의 인프라와 인프라의 활용도를 높이기 위한 Mobile delivery agent 를 소개했다. 시뮬레이션을 통해 인프라의 구축에 따른 전송률과 인프라 활용도를 확인해 본 결과 전반적으로는 성능이 향상되지만 프로토콜의 특성에 따라 그 성능의 차이가 다른 것으로 나타났다. 향후 연구에서는 Random way point 이동 모델이 아닌 보다 현실성 있는 시나리오와 더불어 인프라의 활용도를 높일 수 있는 라우팅 프로토콜을 제안할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심기술 연구]

References

- [1] Banerjee, Mark D. Corner, and Brian Neil Levine, "An Energy-Efficient Architecture for DTN Throwboxes", IEEE Infocom, Anchorage, Alaska, May 2007.
- [2] Brendan Burns, Oliver Brock, and Brian Neil Levine, "MORA Routing and Capacity Building in Disruption-Tolerant Networks", Elsevier Ad hoc Networks Journal, 2008.
- [3] A. Keränen, J. Ott, and T. Kärkkäinen, "The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation," in SIMUTools'09: 2nd International Conference on Simulation Tools and Techniques, Rome, March 2-6, 2009.