

DTN 응용 시나리오의 성능 평가를 위한 캠퍼스 DTN 테스트베드 구축

최낙중, 이충호, 박용덕, 김정훈, 권태경, 최양희
서울대학교

{fomula, chlee, ydpark, kjh, tk, yhchoi}@mmlab.snu.ac.kr

Building a Campus DTN Test-Bed for Performance Evaluation of DTN Application Scenarios

Nakjung Choi, Choongho Lee, Yongdeok Park, Junghoon Kim, Ted "Taeyoung" Kwon, Yanghee Choi
Seoul National University

요 약

중단간 연결성이 보장되지 않는 Delay/Disruption Tolerant Network (DTN) 환경에서는 저장 및 전달 기반의 라우팅 알고리즘 연구에 초점을 맞추고 있으며, 모의 실험을 통해 제안한 DTN 라우팅 알고리즘의 성능 평가를 수행하고 있다. 그러나 DTN 라우팅 알고리즘의 실제 성능을 분석하기 위해서는 구현 및 실측 과정이 필수적이다. 따라서 본 논문에서는 대표적인 3 가지 DTN 응용 시나리오의 특성을 반영하는 서울대학교 캠퍼스 DTN 테스트베드를 구축하는 방법에 대해 논의한다.

I. 서론

유비쿼터스 시대로의 변화 및 흐름에 따라 무선랜, 이동 애드혹 네트워크(MANET), 무선 메쉬 네트워크, 센서 네트워크, WiMax 등 다양한 무선 액세스 네트워크 기술이 등장하고 있다. 따라서 향후에는 이런 다양한 무선 네트워크를 통합 및 연동하는 기술의 적용이 필수적이며, 최근 Delay Tolerant Network (DTN) [1] 접근 방식이 그 해결책으로 주목 받고 있다. 초기 DTN 접근 방식은 서로 상이한 특성, 특별히 지연 시간이 매우 다른 위성 및 행성 간 통신망과 지상의 인터넷을 연결하기 위한 개념으로 등장하였다. 그러나 현재는 어느 순간에 중단간 연결성이 보장되지 않는, 저장 및 전달(store and forward) 방식의 메시지 전달을 기반으로 하는 센서 및 차량 통신(VANET) 등의 네트워크까지 포함하는 Delay and Disruption Tolerant Network (DTN) 개념으로 확장되었다.

현재 DTN 과 관련하여 네트워크 구조, 라우팅 프로토콜 및 전송 프로토콜, 메시지 저장 관리 기법 등 다양한 주제의 연구가 이루어지고 있고, 그 중에서도 중단간 연결성이 보장되지 않고 각 노드들의 이웃 노드들이 동적으로 변하는 상황에서의 라우팅 알고리즘 연구에 초점을 맞추고 있다[2]. 대부분의 기존 DTN 라우팅 알고리즘 연구들은 모의 실험(NS-2, ONE simulator 등) 기반으로 성능 분석을 수행하고 있다. 그러나 제안된 DTN 라우팅 알고리즘의 실제(real-world) 성능을 분석하기 위해서는 구현 및 실측을 통한 성능 평가가 필요하다. 즉, 실현 가능성이 있는 다양한 DTN 응용 시나리오를 지원하고, 새로운 DTN 라우팅 알고리즘을 구현하여 성능 측정을 수행할 수 있는 DTN 테스트베드 환경을 갖출 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 서울대학교 캠퍼스 내에 대표적인 3 가지 DTN 응용 시나리오의 특성을 반영하는 DTN 테스트베드를 구축하는 방법에 대해 논의한다.

II. 대표적인 DTN 응용 시나리오

II.1. 시나리오 1 – 서브네트워크 내 노드의 이동성

대부분의 DTN 라우팅 알고리즘 연구에서 가정하는 일반적인 시나리오는 동일한 특성을 지니는 이동 노드로 이루어진 MANET, VANET 같은 독립적인 서브네트워크이다. 노드의 이동 패턴에 따라 빈번한 네트워크 단절(partition)이 발생할 수 있으며, 이런 경우에도 신뢰성 있는 데이터 전달을 위해 DTN 접근 방식이 활용된다. 즉, 서브네트워크 시나리오에서는 노드의 이동성에 따른 동적인 네트워크 토폴로지의 상황을 수용할 수 있어야 한다. 또한, 다양한 이동성 모델을 적용할 수 있지만, 이동 단말이 특정 경로를 따라 움직이거나 이동 패턴을 사전에 알고 있다는 가정을 할 수 없다.

II.2. 시나리오 2 – 개발도상국의 인터넷 인프라

최근 아프리카 등 개발 도상국의 인터넷 인프라 구축을 위해 무선 메쉬 네트워크 기술이 활용되고 있다[4]. 이런 환경에서는 다수의 메쉬 노드를 설치하여 동적인 토폴로지를 구성하기보다는 사전 탐사를 통한 배치 계획(deployment plan)에 따라 미리 정해진 요충지에 지향성 안테나를 사용한 장거리 무선 링크 기반의 무선 메쉬 네트워크를 구축한다. 또한, 전원 공급을 위해 태양열 에너지를 사용하기도 한다. 이런 장거리 무선 링크의 상태는 주위 환경의 다양한 요인에 의해 크게 영향을 받으며, 심지어는 링크 단절이 빈번히 발생할 수도 있다. 따라서 노드의 이동성은 없지만 링크 상태가 불안정한 상황에서도 신뢰성 있는 데이터 전달을 위해 DTN 접근 방식을 활용할 수 있다.

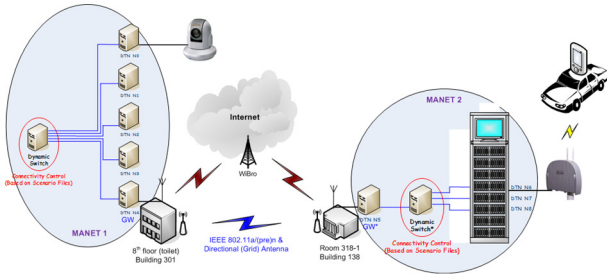
II.3. 시나리오 3 – 원격 데이터 수집/메시지 전달

원격 환경 모니터링 등의 목적으로 정보를 수집하는 센서 네트워크와 같은 시나리오에서도 DTN 접근 방식을 활용할 수 있다. 일반적으로 센서 노드들이 자신의 범위 내의 정보를 수집/가공하여 특정 데이터 수집 노드(sink node)로 송신하게 되는데, 제한적인 전송 범위, 파워 및 수명으로 인해 네트워크 단절이 빈번하게 발생한다. 이런 상황에서는 단절된 네트워크간 특정 센서 노드가 이동하여 메시지를 전달(ferry)하거나, 이동 데이터 수집 노드

(mobile sink node)가 직접 특정 경로를 따라 이동하면서 축적된 데이터를 수집하는 것이 가능하다. 이 때 이동 센서 노드나 이동 데이터 수집 노드의 이동 경로나 패턴은 미리 알고 있다고 가정할 수 있다.

III. 캠퍼스 DTN 테스트베드 구축

본 장에서는 서울대학교 캠퍼스 내에 앞서 정의한 대표적인 3 가지 DTN 응용 시나리오를 지원하는 DTN 테스트베드를 구축하는 방법에 대해 논의한다.

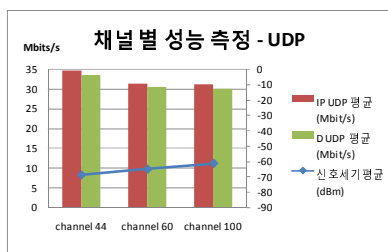


[그림 1] DTN 응용 시나리오 지원을 위한 테스트베드

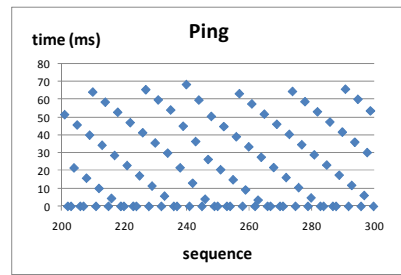
전체적인 DTN 테스트베드 구성은 [그림 1]과 같다. 다양한 종류의 DTN 노드들이 분산 배치되어 있으며 다양한 타입의 링크로 연결되어 있다. DTN 기능 지원을 위해 모든 노드는 DTN2 패키지[1]가 설치되어 있다.

먼저 시나리오 1 을 지원하기 위해 각 건물에 다수의 유무선 통신이 가능한 PC, PDA 등의 장비로 독립적인 서브네트워크를 구성한다. 제어 가능하고 다양한 DTN 노드의 이동 시나리오 생성을 위해 시뮬레이션 패키지에서 제공되는 이동 시나리오 생성 도구를 사용할 수 있다. 이렇게 생성된 이동 시나리오에 따라 소프트웨어 스위치를 통해 모든 DTN 노드간 연결성을 에뮬레이션 한다. 물론 특정 노드간 실제 IEEE 802.11 링크를 사용하여 채널 에러 등의 무선 링크 특성을 반영할 수도 있다.

시나리오 2 을 지원하기 위해 두 건물 사이에 특성이 다른 두 개의 장거리 무선 링크를 구축한다. 첫 번째는 HSDPA/WiBro 네트워크를 통해 대역폭은 작지만 무선 채널 상태는 안정적인 링크이다. 실제 통신 경로는 두 서브네트워크 사이의 직접적인 통신이 아니라 기지국을 통한 2 홉 링크이다. 불안정한 링크 동작을 위해 스케줄에 따른 링크 다운이 가능하다. 두 번째는 강력한 지향성 (그리드) 안테나와 IEEE 802.11a 기반의 직접적인 통신이 가능한 무선 링크이다. 두 건물 사이 거리는 약 700m 이며, 지향성 통신을 위해 정확한 LOS 확보가 필요하다. 5GHz 대역 주파수를 사용하므로 주위 환경의 영향을 크게 받아 채널 상태가 불안정하다. 아래 실험 결과로 확인이 가능하며, ACM WINS-DR 2008 워크샵[3]에 보고된 대륙간 통신 실험 결과와도 일치한다. 해당 DTN 시나리오에서 각 건물의 서브네트워크는 DTNRG 구조에서 하나의 지역(region)으로 존재하며, DTN 게이트웨이 노드를 통해서도 연결된다.



[그림 2] 무선 채널에 따른 장거리 무선 링크 성능 측정



[그림 3] Ping 이용한 RTT (Round-Trip Time) 측정

채널 44(최대허용 전송파워: 40mW, 전송 주파수: 5.22GHz), 채널 60(최대허용 전송파워: 200mW, 전송 주파수: 5.3GHz), 채널 100(최대허용 전송파워: 1W EIRP, 전송 주파수: 5.5GHz) 설정으로 일정 기간 링크 상태를 측정하였다 [그림 2-3]. 실험 결과에서 볼 수 있듯이 파워 증가에 따라 수신 신호의 세기 자체는 다소 증가하고 있으나 오히려 처리량은 약간 감소한다. 이것은 주파수가 높을수록 주위 환경에 더 많은 영향을 받기 때문에 데이터 손실이 더 많이 발생하기 때문이다. 또한, RTT 측정 결과는 주기성을 보이며 0.2~70ms 범위에서 값이 크게 변화한다.

마지막으로 시나리오 3 을 지원하기 위해 한 건물의 서브네트워크에 옥외 AP 및 무지향성 안테나를 설치하여 버스 정류장과 통신이 가능하도록 한다. 따라서 DTN 노드가 설치된 차량이 특정 경로를 따라 필요한 정보를 수집하고, 해당 지점에서 머무르면서 수집된 정보를 중앙 서버에 보내거나 인터넷에 접속하는 것이 가능하다. 예를 들어, 교내 순환버스에 DTN 노드가 설치된다면 일정 주기마다 일정 시간 동안 다른 DTN 노드와 통신을 할 수 있다. 대부분의 이런 메시지 전달(ferry) 시나리오에서는 DTN 노드의 이동성 패턴을 미리 알 수 있다. 해당 DTN 시나리오의 장난감 기차로 구성된 소규모 테스트베드에서 성공적으로 테스트되었다[4]. 또한, 원격 환경 모니터링 동작을 지원하기 위해 웹 카메라를 설치하고, 원격 DTN 노드에서 관련 영상을 수신할 수 있다. 물론 웹 카메라와 원격 모니터링 DTN 노드를 다른 건물의 서브네트워크에 위치시킬 수 있으며, 그 사이에 장거리 무선 링크나 무선이동 서브네트워크가 위치할 수도 있다.

IV. 향후 과제

현재 다양한 DTN 응용 시나리오에서 실제 구현된 DTN 라우팅 알고리즘을 사용한 성능 평가를 진행하고 있다. 향후 더욱 현실적인 실험 환경을 제공할 수 있는 형태로 확장하여, 실제 구현된 다양한 DTN 라우팅 프로토콜의 성능 비교를 수행할 것이다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음. [2007-F-038-03, 미래 인터넷 핵심기술 연구]. 본 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터연구소에 감사 드립니다.

참고 문헌

- [1] Delay tolerant networking research group (DTNRG), <http://www.dtnrg.org>
- [2] J. Shen, S. Moh, and I. Chung, "Routing Protocols in Delay Tolerant Networks: A Comparative Survey," ITC-CSCC 2008.
- [3] ACM Wireless Networks and Systems for Developing Regions Workshop 2008, <http://moment.cs.ucsb.edu/winsdr08/>
- [4] 권태경, 장덕현, 최낙중, 류지호, 이충호, 박용덕, "DTN 에서의 메시지 전달 시나리오," 미래인터넷 기술 데모/전시회 2008.