

DTN에서 상황인식 매트릭스 기반의 효율적인 예측 방법

정래진 · 오영준 · 이강환*

*한국기술교육대학교

An Efficient Prediction method for DTN Routing Based on Context-awareness Matrix

Rae-jin Jeong · Young-jun Oh · Kang-whan Lee*

*Korea University of Technology and Education

E-mail : jrj8819@koreatech.ac.kr

요 약

DTN(Delay/Disruption Tolerant Networks)은 노드의 불규칙적인 움직임으로 인한 연결단절과 불안정한 연결 상태를 극복하기 위해 효율적인 포워딩 전략이 필요하다. 제시하는 알고리즘은 노드의 속도, 방향 등의 상황정보를 활용하며 이를 통해 이후의 이동성을 예측하여 포워딩할 중계노드를 선택하기 위한 방법을 고려했다. 본 논문에서는 중계노드들의 상관관계를 분석하여 안정된 경로를 제공하기 위해 노드의 상황정보를 예측하는 EPCM(Efficient Prediction-based Context-awareness Matrix) 알고리즘을 제안한다. 이를 위해 상황 매트릭스라는 상황 분석 도구를 사용하여 시간에 따라 상황정보를 저장하고, 변화의 추이를 분석하여 노드의 속도, 방향 등의 정보를 예측하는데 활용된다. EPCM 알고리즘은 예측된 상황정보를 활용하여 노드 간 미래의 연결성을 분석하고 중계노드를 선택함으로써 안정된 포워딩 경로를 제공할 수 있고, 불필요한 포워딩으로 인한 자원 낭비를 방지할 수 있다. 제안하는 알고리즘을 시뮬레이션 해본 결과 예측된 상황정보의 값이 실제의 값에 대하여 약 2%내의 오차율을 나타내어 예측의 정확도를 확인하였다.

키워드

DTN(Delay/Disruption Tolerant Network), matrix, Prediction-Based, Context-awareness, Routing

I. 서 론

DTN(Delay/Disruption Tolerant Networks)는 불안정한 통신환경에서 중단간의 연결이 확립되지 않았을 경우, 다양한 이동성을 가지는 중계노드들에게 Store-carry-forward의 동작방식으로 데이터를 목적노드에게 전달하는 것이 특징인 네트워크 모델이다. 이러한 특성을 실생활에서 적용하여 이를 대중교통에 적용하는 연구가 활발히 이루어지고 있다[1]. 그러나 DTN에서는 네트워크에 속해있는 각 노드의 통신 환경, 데이터, 처리능력, 이동성 등의 차이로 인해 발생하는 연결 단절 및 불안정한 연결 상태로 신뢰성 있는 연결을 보장하지 못하고 지연시간이 증가되는 문제점이 발생한다[2]. 따라서 본 논문에서는 유사한 이동성을 가진 클러스터로 구성된 네트워크 구조에서 각각의 클러스터 헤드노드의 이동성을 예측한다. 예측된 이동성 정보를 활용하면 클러스터 헤드노드들에게 메시지를 선택적으로 포워딩함으로써 메시지를 목적노드까지 안정적으로 전달 할 수 있다. 또한, 상황 매트릭스라는 상황 분석 도구를 활용하여 시간의 흐름에 따라 상황정보를 저장하며 데이터 값의 변화의

정도에 따라 예측연산에 활용되는 상황 데이터의 구간을 적용함으로써 노드의 미래의 속도, 방향 등을 산출한다. 중계할 노드들의 이동성을 실제 값과 유사하게 예측하고 포워딩에 적용함으로써 더 안정적인 포워딩 경로를 확립할 수 있으며 보다 효율적인 데이터 전송률 및 낮은 전송 지연을 보여줄 수 확인하였다.

II. 본 론

본 논문에서는 데이터를 포워딩할 중계노드를 효율적으로 선택하기 위해, 중계노드들의 속도와 방향을 시간에 따라 저장하고 미래의 이동성을 분석한다. 기존의 예측기반 알고리즘들은 중계노드를 선택할 때 높은 전달예측성(Delivery predictability)을 가진 중계노드에게 메시지를 전달하였다[3]. 또한, 두 노드가 조우할 것인지를 나타내고 언제 만날 것인지를 보장하지 못한다. 이러한 문제점을 극복하기 위해 두 노드가 조우하는 시간을 통계적 도구를 활용하여 연결성을 파악하는 방법이 연구되고 있다[4]. 제안하는

EPCM 알고리즘은 상황 매트릭스에 저장된 중계 노드들의 속도와 방향 값의 변화량에 따라 구간을 정하여 연산에 적용함으로써 미래의 방향과 속도를 예측한다. 예측된 중계노드들의 상황정보를 활용하여 포워딩 경로를 확립하면 더 신뢰성 있는 전송이 가능하다.

제안하는 EPCM 알고리즘은 클러스터 기반 네트워크 구조에서 동작한다. 클러스터를 구성하기 위해 DDV(Dynamic Distance Vector)-hop[5] algorithm을 활용하여 속도와 방향이 유사한 노드들로 클러스터를 구성한다. 클러스터 헤드노드가 다른 클러스터 헤드노드를 선택하여 메시지를 전달할 때, EPCM 알고리즘을 적용하여 중계할 클러스터 헤드노드를 선택함으로써 효율적인 전송을 할 수 있다. 이를 위해 DDV-hop 알고리즘에서의 노드의 속도와 방향 값을 상황 매트릭스에 시간에 따라 타임 슬롯(Time slot)이라는 테이블의 형태로 저장하여 분석한다.

타임 슬롯에 저장된 데이터는 이전의 데이터의 차이 값에 따라 3가지 경우의 구간으로 나누어진다. 두 데이터 값 차이가 임계 값의 범위 안이라면 유지구간(Maintenance Interval), 차이 값이 임계 값보다 크다면 증가구간(Increased Interval), 작다면 감소구간(Decreased Interval)로 설정한다.

구간이 생성되면 값의 추이가 변화하기 시작되는 타임 슬롯을 Start Interval로 정하고, 끝나는 타임 슬롯을 End Interval로 지정한다. 값이 상황 매트릭스에 저장되면서 값의 추이가 변화하면 새로운 Start Interval과 End Interval을 지정하고, 이전의 추이와 같다면 End Interval만을 증가시켜 구간을 확장한다.

위의 방식에 따라 예측연산에 활용할 타임 슬롯의 구간이 정해진다. 수식 1과 2에서 정해진 구간에 따라 미래의 속도와 방향을 예측할 수 있다.

$$f_1(v_{i+1}) = v_i + \frac{\omega_i(v)}{t_{v_i}^{EI} - t_{v_i}^{SI}} \sum_{t=t_{v_i}^{SI}}^{t_{v_i}^{EI}} (v_i(t) - v_i(t-1)) \quad (1)$$

$$f_2(Dir_{i+1}) = Dir_i + \frac{\omega_i(Dir)}{t_{Dir_i}^{EI} - t_{Dir_i}^{SI}} \sum_{t=t_{Dir_i}^{SI}}^{t_{Dir_i}^{EI}} (Dir_i(t) - Dir_i(t-1)) \quad (2)$$

여기서, $\omega_i(v), \omega_i(Dir)$ 은 0에서 1까지의 값을 가지는 속도와 방향에 대한 가중치이다. $t_{v_i}^{SI}, t_{v_i}^{EI}$ 는 속도의 변화가 시작되고 끝나는 타임 슬롯의 시간을 의미하며, $t_{Dir_i}^{SI}, t_{Dir_i}^{EI}$ 는 방향의 변화가 시작되고 끝나는 타임 슬롯의 시간을 나타낸다. $v_i(t)$ 와 $Dir_i(t)$ 는 시간이 t 일 때 노드 i 의 속도와 방향을 나타낸다.

속도와 방향에 대한 가중치는 예측한 값과 실제 값을 비교하여 오차의 정도를 수정하여 해당 가중치 값을 조정할 수 있다. 이는 수식 3과 4로 나타낼 수 있다.

$$\omega_i(v) = \omega_i^{pre}(v) \times \left(1 - \frac{v_i^{RV} - v_i^{PV}}{v_i^{PV}}\right) \quad (3)$$

$$\omega_i(Dir) = \omega_i^{pre}(Dir) \times \left(1 - \frac{Dir_i^{RV} - Dir_i^{PV}}{Dir_i^{PV}}\right) \quad (4)$$

여기서, $\omega_i^{pre}(v)$ 와 $\omega_i^{pre}(Dir)$ 은 이전의 가중치를 의미하며 v_i^{PV} 와 Dir_i^{PV} 는 예측된 속도와 방향 값을 의미하며, v_i^{RV} 와 Dir_i^{RV} 는 실제의 속도와 방향 값이다.

상기 수식들에 따라 노드들의 속도와 방향을 예측할 수 있으며, 예측된 미래의 이동성으로 어느 클러스터 헤드노드들이 목적노드를 향해 이동하고 있는지 확인할 수 있다.

III. 실험 및 분석

본 논문에서 제안하는 EPCM 알고리즘의 성능을 확인해 보기위해 노드의 실제 속도가 예측된 값과 얼마나 차이가 있는지 오차율을 계산하여 알고리즘의 정확도를 확인한다. 이를 위해 1000×1000(m)의 영역에서 노드들을 임의의 위치에 지정한다. 그 후 노드들은 지정된 속도에 따라 이동하며, 시간의 흐름에 따라 속도와 방향이 변화한다.

표 1. 모의실험 환경

항목	내용
노드의 수	100 EA
속도	0~30 m/s
가속도	0~5 m/s ²
속도 가중치, $\omega_i(v)$	0.6
네트워크 영역	1000×1000 (m)

그림 1은 정지시간에 따른 EPCM알고리즘의 오차율을 나타낸 것이다. 오차율은 예측된 속도와 실제의 속도가 얼마나 차이가 있을 것인지 확인할 수 있는 지표이다. 시뮬레이션 결과, 실제의 속도 값과 EPCM알고리즘을 통해 산출된 예측 값이 최소 0.1에서 1.8%의 정도의 오차율을 보이고 있다.

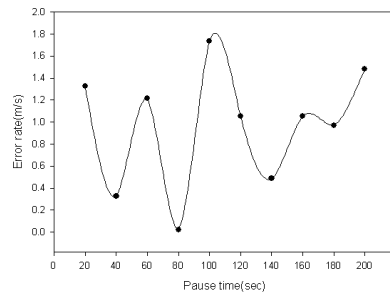


그림 1. 정지시간에 따른 EPCM알고리즘의 오차율

동작하는 시간에 따라 불필요한 데이터가 계산에 포함됨으로써 예측 값의 정확성이 낮아질 수 있으나 제안하는 EPCM 알고리즘은 이동성을 예측하기 위해 일정한 범위안의 데이터만 활용함으로써 예측 값이 일정한 오차율을 보이고 있음을 알 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 노드의 이동성과 속도를 활용하여 노드 간 연결을 예측하는 상황 매트릭스를 구성하며 노드의 이동성을 예측하는 EPCM 알고리즘을 제안하였다. 시간에 따른 노드의 속도와 방향의 변화에 따라 예측연산에 활용하는 데이터를 부분적으로 활용함으로써 정확한 상황정보를 예측할 수 있다. 예측된 정보를 바탕으로 노드의 움직임이 다양한 DTN 환경에서 중계할 노드를 선택함으로써 신뢰성 높은 연결을 제공할 것이라 기대된다. 하지만 다양한 상황에 따른 변수들을 고려하지 않았기 때문에 여러 환경에서도 예측의 정확도를 보장할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다.

참고문헌

- [1] Christian Quandri, Dario Maggiorini, Sabrina Gaito and Gian Paolo Rossi, "On the Scalability of Delay-Tolerant Routing Protocols in Urban Environment", in Proc. Wireless Days, 2011, pp 1-6
- [2] Mary R. Schurgot, Cristina Comaniciu and Katia Jaffres-Runser, "Beyond Traditional DTN Routing : Social Networks for Opportunistic Communication", Communications Magazine IEEE, July 2012, pp. 155 - 162
- [3] Anders Lindgren, Avri Doria and Olov Schelen, "Probabilistic Routing in Intermittently Connected Networks", Service Assurance with Partial and Intermittent Resources, ser. LNCS, P. Dini, P. Lorenz, and J. N. d. Souza, Eds. Springer, 2004, vol.3126, pp 239-254.
- [4] Samir Medjiah, Tarik Taleb and Toufik Ahmed "Sailing over Data Mules in Delay-Tolerant Network", IEEE Transactions on wireless communications, vol. 13, no. 1, January 2014.
- [5] Young-jun Oh, Kang-whan Lee, "Energy conserving routing algorithm based on the direction for Mobile Ad-hoc network", Proceedings Conference on Information and Communication engineering, vol. 17, no. 1, pp. 870-873, 2013.