
에지코스트기반 모델링 방법에 의한 연동기능이 포함된 MANET의 전달성능 분석

송상복* · 이규호** · 성길영***

Performance Analysis of Transport in MANET including Interworking Functionality using
the Edge Cost Based Modeling Method

Sang Bok Song* · Kyou Ho Lee** · Kil Young Sung***

요 약

최근 무선이동 통신기술 및 임베디드 시스템 기술의 발달과 더불어 그 적용성이 크게 확대되고 있는 MANET을 연구함에 있어서, 에지코스트(Edge Cost)에 기반한 MANET의 특징을 표현할 수 있는 모델링기법을 도입하여 네트워크의 상태변화에 따른 전달성능의 변화를 관찰한 연구결과를 제시하였다. 에지코스트 기반의 모델링 방법론은 4가지의 에지상태를 통해 어느 한 시점에서의 네트워크의 상태를 표현하는 방법이다. 이러한 에지코스트 기반의 모델링에 Real Edge/Infinity Edge 개념 도입과 네트워크 내에 서로 다른 종류의 전달 프로토콜간 연동기능 도입을 가정하여 10개 시나리오의 대상 네트워크를 구분하여 DEVSim++ 엔진을 통해 시뮬레이션하였다. 그 결과 서로 다른 전달 프로토콜간 연동기능은, 네트워크에 포함된 전달 프로토콜의 종류와 연동기능 노드의 수가 많을수록 전달성능 향상 기여도가 높은 결과를 보였다.

ABSTRACT

A growth of mobile and wireless networking technologies have enabled mobile ad hoc networks applicable to a wide range of areas. This paper analyzes dynamics of network transport performance with respect to dynamics of network states especially for the mobile ad hoc networks called MANET. The edge cost based modeling methodology is adopted for the analysis, which can express well the characteristics of MANET. In this methodology the network state at arbitrary time can be specified as one of four edge states. We extracts ten target network scenarios for the simulation analysis by employing not only the Real Edge/Infinity Edge concept but also interworking functionality between different transport protocols. Then we could acquire from simulation of them with the DEVSim++ engine that the more sorts of transport protocols and the more number of interworking nodes are included in the network, the more contribution is for improving network transport performance.

키워드

이동 애드혹 네트워크, 전달성능, 에지코스트, 연동, 시뮬레이션

Key word

Mobile Ad-hoc Network (MANET), Transport Performance, Edge Cost, Interworking, Simulation

* 인제대학교 정보통신공학과

** 인제대학교 정보통신공학과, UHRC (교신저자, kyou@inje.ac.kr)

*** 경상대학교 정보통신공학과, 해양산업연구소

접수일자 : 2010. 10. 13

심사완료일자 : 2010. 10. 28

I. 서 론

이동 애드혹 네트워크(Mobile Ad-hoc Network, MANET)는 무선 통신에 기반하여 이동 노드들이 필요에 따라 임시로 구성하는 네트워크로서, 오래전부터 군사 네트워크, 재해 상황에서의 네트워크 등을 위하여 연구되어 왔으며, 최근 기술 융합과 유비쿼터스 환경이 가시화 되면서 여러 미래형 서비스 중 하나로 각광받으면서 그 중요성이 높아지고 관련 연구가 활발하게 진행되고 있다[1]~[5].

이러한 MANET은 이동성을 가진 노드들끼리 자율적으로 통신경로를 형성하고 서로 통신하는 네트워크의 구성 특징으로 인해 일관성있는 연결구조나 네트워크 형태를 유지되지 않을 뿐 아니라 실제 구현이나 동작과정에 많은 변수가 내재되어 있다.

따라서 MANET 관련 최적 설계요소를 구하기 위해서는 실제 환경 구축이나 테스트베드 등을 이용하기에는 많은 어려움이 따르고 비효과적이다. 모델링 및 시뮬레이션은 이와 같이 실제 시스템 환경을 구축하기 어려운 여건에서 가상의 환경을 통한 분석연구 방법으로 가장 효과적이고 유용한 수단이 될 수 있다.

또한 MANET은 동일한 전달 방식을 가진 노드들끼리 네트워크를 구성하는 것이 기본이지만, 노드의 이동성으로 인해 다른 MANET과 중첩되거나 병합될 수 있어 서로 전달 방식을 사용하는 네트워크로 재구성될 수도 있다. 이러한 네트워크 환경에서는 여러 종류의 네트워크 환경 구축으로 인한 비용증가나, 네트워크 환경의 미시설 또는 장애발생, 특정 전달 프로토콜 네트워크로의 트래픽 집중 등의 문제가 발생 할 수 있으며, 이는 네트워크의 전체 전달성능이 저하되는 요인이 된다. 이 경우 네트워크를 구성하는 일부 노드에 연동 기능을 부여함으로써 트래픽 전달 경로의 유효성을 증가시켜 네트워크의 전체 전달성능을 향상시킬 수 있다[6]~[7].

본 논문에서는 네트워크 전체의 변화특성을 표현하는데 모델링 관점을 두고 에지코스트에 기반한 MANET의 특징을 표현할 수 있는 모델링기법을 도입하여 네트워크의 상태변화에 따른 전달성능의 변화를 관찰한 연구결과를 제시하였다. 에지코스트 기반의 모델링 방법론은 4가지의 에지상태를 통해 어느 한 시점에서의 네트워크의 상태를 표현하는 방법이다[8]. 이러한 에지코스트

트 기반의 모델링에 Real Edge/Infinity Edge 개념 도입과 네트워크 내에 서로 다른 종류의 전달 프로토콜간 연동 기능 도입을 가정하여 시뮬레이션 대상 네트워크를 10개의 시나리오로 구분하여 제시하고, 각 시나리오에 대해 DEVSim++[9]엔진을 통해 시뮬레이션한 결과를 제시하였다.

이를 위하여 본 논문의 2장에서는 에지코스트 기반의 모델링 방법론에 대해 간단히 설명하고, 3장에서는 전달성능을 분석할 시뮬레이션 대상 네트워크를 10개의 시나리오별로 구분하여 제안하였다. 그리고 4장에서 각 시나리오별 시뮬레이션 분석 결과를 제시하고, 5장에서 결론을 맺는다.

II. 에지코스트 기반의 모델링 방법론

2.1 MANET의 모델링

MANET의 연구에 있어서 네트워크 전체의 동작특성을 관찰하기 위해서는 노드간 전달과정과 관련한 상태 및 특성변화의 추적이 중요하며 이는 이산 사건 시스템의 특징을 가진다.

이를 모델링하기 위하여 DEVS(Discrete Event Systems Specification) 방법론은 Zeigler의 DEVS형식론에 기반하여 무결성을 제공하고 주어진 성능지수에 최적화된 추상화수준이 높은 장점이 있다[10][11]. 그러나 이동성을 갖는 MANET구성 노드와 노드간의 연결상태에 의해 구성되는 네트워크 구조의 지속적인 변화 특성을 모델링 하는 데는 어려움이 따른다. 이러한 DEVS의 한계를 해결하고 네트워크의 전달 변화특성 관찰에 적절한 모델링 방법으로 MANET의 노드 이동성에 따른 토폴로지의 지속된 변화를 기준으로 네트워크의 변화 특성을 한 요소로 정의하는 에지코스트 기반의 모델링 방법론은 제안되었다[8].

2.2 에지코스트 기반 모델링 방법론

노드와 노드간 연결 상태를 나타내는 링크를 에지로 정의하면 네트워크 토폴로지는 이 에지를 도식적으로 네트워크를 표현할 수 있다. 이때 네트워크의 상태는 네트워크에 속한 모든 노드들에 대한 에지 연결 상태를 나타내면 표현할 수 있는데, 인접 행렬(Adjacency Matrix)

을 사용하여 노드의 개수 n 에 대한 $n \times n$ 행렬로 에지의 상태를 나타낸다.

위와 같이 MANET의 상태집합은 모든 에지가 연결된 상태에서 모든 에지가 단절된 상태까지 한 시점에서 인접행렬 집합으로 나타내어진다.

노드의 이동에 의해 에지의 연결 상태가 변화하는 것이 네트워크 관점에서 노드의 이동성으로 간주될 수 있으며, 노드와 노드간의 거리를 에지코스트로 하여 이를 모델링 할 수 있다. 에지코스트는 노드간 거리의 변화에 따라 계속해서 변화하며 어느 시점에서 노드와 노드간의 더 이상 통신이 불가능해지면 단절된다. 노드간의 단절의 기준값을 EL(Edge Limit)로 정의하고, 에지가 연결된 상태에서 단절을 결정하는 EL값과 단절된 상태에서 다시 연결되는 EL값을 이력감쇠(Hysteresis Loss) 효과를 갖도록 분리하여 각각 C-EL (Connect-EL)과 D-EL (Disconnect-EL)로 표기한다. 이에 따라 전체 에지코스트는 그림 1과 같이 총 세 구간(Low, Middle, High)으로 나누어지며, 에지의 상태는 다음 네 경우가 존재하게 된다.

$$Status_{Edge} = \left\{ \begin{matrix} Connect_{Low}, Connect_{Middle}, \\ Disconnect_{Middle}, Disconnect_{High} \end{matrix} \right\}$$

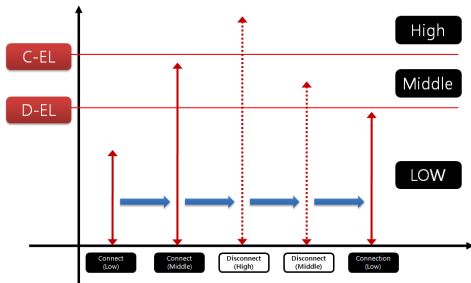


그림 1. 에지코스트 변화에 따른 에지의 상태
Fig. 1. States of Edge According to Edge Cost

2.3 MANET의 상태와 표현

앞 절에서 정의한 개념과 더불어 에지코스트 기반 MANET 표현법으로 네트워크의 상태를 표현하면 다음과 같은 4단계로 표현할 수 있다.

- (1) 에지의 상태는 네 경우로 표현된다.
- (2) MANET 혹은 네트워크는 이런 네 경우의 상태를 가진 에지들의 집합으로 구성된다.

(3) 어느 한 시점의 네트워크 토폴로지 정보는 에지상태에 대한 인접행렬을 통해 표현될 수 있다. 예를 들어 아래와 같은 인접 행렬을 가진 토폴로지는 그림 2와 같다.

(4) MANET의 상태집합은 에지상태를 나타내는 인접행렬의 집합으로 구성된다. MANET의 가장 큰 특징을 토폴로지가 수시로 변하는 네트워크라는 점을 고려하면, MANET은 상태(에지상태를 나타내는 인접행렬의 종류)가 수시로 변하는 시스템이다.

$$1. Status_{Edge} = \left\{ \begin{matrix} Connect_{Low}, Connect_{Middle}, \\ Disconnect_{Middle}, Disconnect_{High} \end{matrix} \right\}$$

$$2. MANET = \{ Edge_1, Edge_2, \dots, Edge_{end} \}$$

$$3. AdjMatrix_x = \begin{bmatrix} 1 & 2 & \dots & n \\ 1 & C_L & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} \\ 2 & C/D_{LMH} & C_L & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} \\ \dots & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} & C_L & C/D_{LMH} \\ n & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} & C/D_{LMH} & C_L \end{bmatrix}$$

$$4. Status_{MANET} = \{ AdjMatrix_1, AdjMatrix_2, \dots, AdjMatrix_{end} \}$$

$$AdjacencyMatrix_{\text{그림 2}} = \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 1 & C_L & C_L & D_H & D_M \\ 2 & C_L & C_L & C_M & C_L \\ 3 & D_H & C_M & C_L & C_M \\ 4 & D_M & C_L & C_M & C_L \end{bmatrix}$$

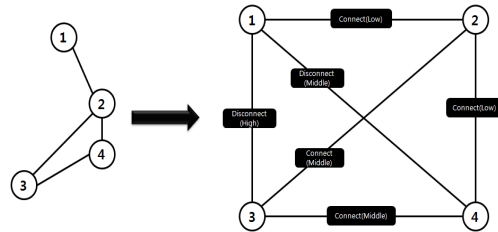


그림 2. Edge 상태를 통한 토폴로지 표현
Fig. 2. Topology Expression with Edge Cost

따라서 MANET은 모든 에지가 연결될 가능성이 있다는 가정 하에 수시로 변하는 에지코스트 값과 C-EL, D-EL 값을 기준으로 한 에지의 상태 변화를 통해 표현될 수 있다. 이는 노드의 동작이 아닌 네트워크의 상태 변화를 통해 MANET을 모델링하는 방법이다.

III. 대상 네트워크 시나리오

시뮬레이션 분석을 위한 대상 네트워크는 총 10개의 시나리오로 구성하였다. 하나의 네트워크는 3개씩의 노드로 구성하고 동일한 전송 프로토콜 방식을 사용하는 것으로 하였다. 서로 다른 전송 프로토콜을 사용하는 네트워크간에 상호 연동기능을 제공하는 연동노드 IN을 가정하여 네트워크에 포함된 IN의 수와 연동에 포함된 전송 프로토콜 종류 등에 따라 시나리오를 표 1과 같이 구분하였다.

- 시나리오 1은 동일한 프로토콜을 사용하는 3개의 노드로 구성하고 시뮬레이션 시간 5~45초간 총 40초의 트래픽을 인가하고 네트워크의 전송성공률 및 이동성을 분석한다.
- 시나리오 2는 두 개의 서로 다른 프로토콜(A, B)를 사용하는 노드를 각각 세 개씩 구성하고 연동노드(IN)가 없는 경우이다. 트래픽은 각 프로토콜 종류별로 반반씩 인가한다. 다른 프로토콜로 가는 절반은 모두 전달에 실패할 것으로 예상되며, 다음 시나리오 3과 성능을 비교하기 위하여 구성하였다.
- 시나리오 3은 시나리오 2의 경우에 서로 다른 프로토콜간 연동전달 기능을 하는 노드 IN[A,B]를 추가한

경우의 네트워크이다. 시나리오 2의 경우와 동일한 방법으로 트래픽을 인가하면 연동노드의 효능을 확인할 수 있다.

- 시나리오 4는 상기 시나리오 3의 경우에 또 다른 종류의 프로토콜(C)을 사용하는 노드 세 개를 추가한 경우로서, 완전한 연동이 이루어지지 않는 경우의 성능을 확인하기 위함이다.
- 시나리오 5는 시나리오 4의 경우에서 연동 기능이 제공되지 않았던 프로토콜 B와 C간 연동기능을 제공하는 IN[B,C]를 추가하여 시나리오 4에서 미흡했던 연동기능을 보완한 경우이다. 다음 시나리오 6과 트래픽별 특성 분석을 위한 비교대상이 된다.
- 시나리오 6은 시나리오 4의 경우와 동일한 구성에서 IN[A,C]을 통하여 프로토콜 C를 사용하는 노드들의 전달기능을 제공하도록 한 경우로, 앞의 시나리오 5와 연동 프로토콜의 종류가 다르므로써 트래픽별 특성 분석을 위한 비교대상이 된다.
- 시나리오 7은 앞의 시나리오 5와 6에서 미흡한 프로토콜간 연동에서, 세 종류의 프로토콜간 연동기능을 모두 제공하도록 세 종류의 연동노드 IN(A,B), IN(B,C), IN(A,C)을 포함하는 경우의 성능을 분석하기 위해 구성하였다.
- 시나리오 8은 시나리오 7에서 하나의 연동노드가 세

표 1. 대상 네트워크 시나리오
Table 1. Target Network Scenarios

시나리오 번호	프로토콜 (노드수)	연동 [프로토콜]	전달 트래픽 부하
1	A(3)	-	트래픽 노드(1)→(3) : 5초~45초
2	A(3),B(3)	-	트래픽1(20초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~25초, 트래픽2(20초)노드(1)→(6)[A→B]:27초~47초
3	A(3),B(3)	IN[A,B]	트래픽1(20초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~25초, 트래픽2(20초)노드(1)→(6)[A→B]:27초~47초
4	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B]	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
5	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B], IN[B,C]	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
6	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B], IN[A,C]	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
7	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B],IN[A,C], IN[B,C]	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
8	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B,C](1)	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
9	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B,C](2)	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초
10	A(3),B(3),C(3)	IN[A,B,C](3)	트래픽1(10초)노드(1)→(3)[A→A]:5초~15초, 트래픽2(10초)노드(2)→(4)[A→B]:16초~26초 트래픽3(10초)노드(3)→(7)[A→C]:27초~37초, 트래픽4(10초)노드(4)→(9)[B→C]:38초~48초

종류의 프로토콜간 연동기능을 모두 제공하는 IN(A,B,C)를 포함하는 경우로, 일부 프로토콜에 대한 연동기능을 가진 경우와 모든 프로토콜의 연동 기능을 가진 경우와 성능을 비교하기 위해 구성하였다.

- 시나리오 9는 시나리오 8의 경우에서 두 개의 IN(A,B,C)를 포함하는 경우로, IN의 숫자에 따른 성능 변화를 분석하기 위해 구성하였다.
- 시나리오 10은 시나리오 8의 경우에서 세 개의 IN(A,B,C)를 포함하는 경우이다.

IV. 성능분석 결과

제시된 MANET DEVS 모델의 시뮬레이션을 위해 DEVS 형식론으로 모델링 된 모델의 시뮬레이션을 지원 하는 시뮬레이션 엔진인 DEVSim++을 사용했으며[9], 시뮬레이션 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation Parameters

파라미터(Parameter)	값(단위)
시뮬레이션 총 수행시간	50(초)
시뮬레이션 시간 전진 단위	0.001(초)
트래픽 발생 시간	0.001(초/당 1 packet)
트래픽 발생 형태	균등 발생
네트워크 구성 노드수	8개
트래픽 총 인가량	총 40초, 약 4만 패킷

그림 3은 시나리오1~3의 평균 전송성공률을 비교하여 나타낸 것이다.

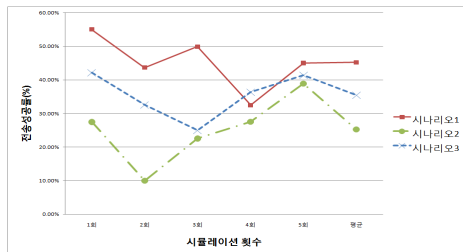


그림 3. 시나리오 1~3 전송성공률
Fig. 3. Transport Success Rates of Scenario 1~3

그림 3에서 동일 프로토콜을 사용하는 3개 노드로 구성되어 40초의 트래픽을 인가한 경우(시나리오 1)에는 평균 45.22%의 전송성공률과 최대 55.03%, 최소 32.49%의 성공률로 22.54%의 편차를 보였다. 시나리오 2의 경우 다른 종류의 프로토콜을 사용하는 노드로 전달될 트래픽은 모두 전송실패가 되었으며, 평균 전송성공률은 25.29%, 최대 전송성공률 38.91%, 최소 전송성공률 9.98%로 28.93%의 편차를 보였다. 시나리오 3은 시나리오 2에 연동노드 IN[A,B]이 포함된 경우로 평균 전송성공률이 35.46%로 연동노드의 효과를 잘 보여주고 있다.

그림 4는 시나리오 4와 5의 전송성공률을, 그림 5는 각 트래픽 별 전송성공률의 차이인 트래픽 편차를 비교한 그래프이다.

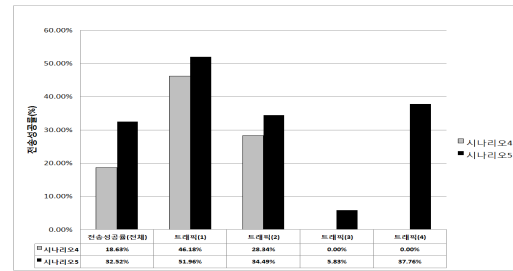


그림 4. 시나리오 4와 5의 전송성공률
Fig. 4 Transport Success Rates of Scenario 4 and 5

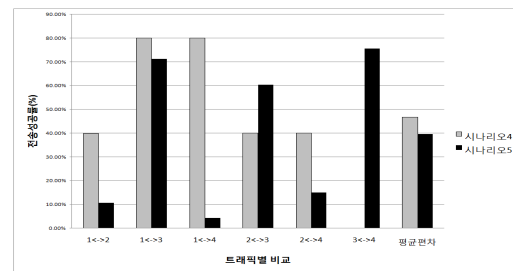


그림 5. 시나리오 4와 5의 트래픽편차
Fig. 5. Traffic Variances of Scenario 4~5

시나리오 5는 하나의 연동노드만을 포함하는 시나리오 4에 비하여 평균 13.89%의 전송성공률 향상을 보였다. 시나리오 5에서, 반드시 실패 할 수밖에 없는 트래픽 (3)과 (4)의 결과를 제외하고도 트래픽(1)의 경우 대략 5%, 트래픽(2)의 경우 대략 4%의 전송 성공률이 향상되었다. 이것은 또다른 연동노드 IN[B,C]가 추가됨으로서 추가적으로 전송 가능한 경로가 있을 가능성이 높아진

이유일 것으로 생각된다. 그림 6은 시나리오 5~7의 전송성공률을 비교한 그래프이고, 그림 7은 트래픽 간의 편차를 비교한 그래프이다.

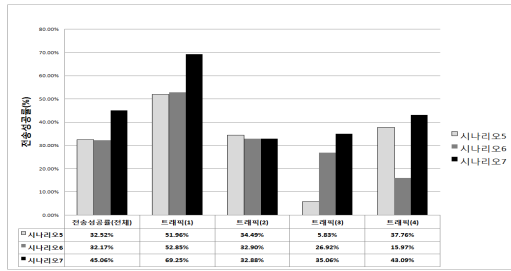


그림 6. 시나리오 5~7의 전송성공률
Fig. 6. Transport Success Rates of Scenario 5~7

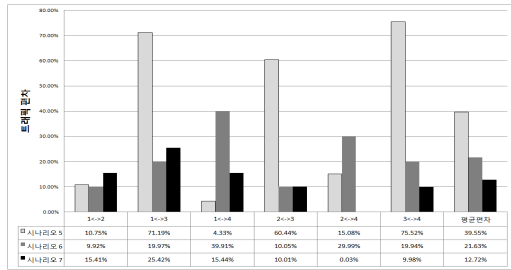


그림 7. 시나리오 5~7의 트래픽별 편차
Fig. 7. Traffic Variances of Scenario 5~7

전송성공률의 비교는 네트워크의 평균적 상태를 나타내는 지표로, 시나리오 5와 6은 프로토콜의 종류는 다르지만 같은 수의 연동노드를 포함하고 있어 비슷한 결과를 나타내고 있으며, 이에 비해 시나리오 7은 시나리오 5와 6에서 포함되지 않은 프로토콜간 연동기능을 제공하는 노드가 추가되어 약 13% 가량의 향상된 결과를 보이고 있다. 특히 연동 트래픽인 트래픽(2)~(4)간의 편차가 시나리오 5와 6에서는 각기 다르게 나타났는데 비하여 시나리오 7에서는 트래픽 간의 전송성공률 격차가 줄어들어 비교적 균형적 전송이 이루어진 것으로 나타났다.

평균 편차는 시나리오 5 > 시나리오 6 > 시나리오 7 순으로 나타났다. 시나리오 6에서 편차가 적게 나타난 이유는 트래픽(1)이 같은 프로토콜A 노드로 가는 동일 트래픽이기 때문으로 분석된다. 즉, IN[A,B], IN[A,C]을 통해 프로토콜 A 노드간의 통신 가능성이 향상되었고 그에 따라 트래픽(1)과 관련된 편차가 대체로 시나리오 5에 비하여 낮게 나타났다. 그 외의 경우에 있어서 트래픽

별 편차는 예상했던 대로 시나리오7이 가장 낮게 나타났다. 편차는 낮을수록 좋은 것으로 볼 수 있으므로 더 향상된 성능을 보인 것이다. 그 이유로는 어느 한쪽이 확실 히 높았던 다른 시나리오에 비해 시나리오7의 편차는 균 등했고 그 이유는 모든 프로토콜간의 직통 연동이 가능 했기 때문으로 분석된다.

그림 8은 각 시나리오에서 트래픽 종류별로 5회씩 실시된 시뮬레이션에서 나타난 최소 전송성공률과 최대 전송성공률의 편차를 나타낸 그래프이다.

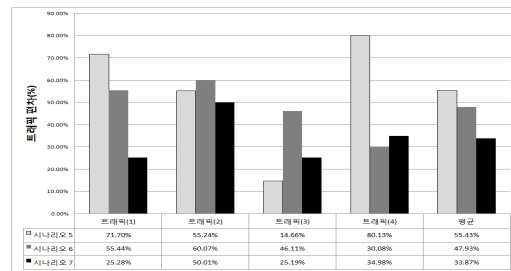


그림 8. 시나리오 5~7의 트래픽 최소/최대 편차
Fig. 8. Traffic Min/Max Variances of Scenario 5~7

총 5회의 반복 실험 과정에서 나타난 트래픽 별 최소/ 최대 전송성공률의 편차는 노드의 이동성에 따른 MANET의 확률적 특성에 따른 상황변화에서 IN의 종류에 따른 대처 능력을 살펴 볼 수 있다.

평균 최소/최대 전송성공률 편차는 시나리오5 > 시나리오6 > 시나리오7의 순으로 나타났으며 시나리오7이 매우 큰 차이로 성능이 개선되었다. 특히 트래픽(1)이 A 프로토콜간에 일어나는 트래픽이라 트래픽(1)에 대한 편차가 시나리오 5~6의 평균편차에 큰 영향을 준 것으로 분석된다. 이를 통하여 프로토콜 종류별 연동기능이 제공될 수록, 그리고 그 수가 많을수록 네트워크 전달 성능을 향상시킨다는 것을 알 수 있다.

그림 9는 시나리오 7~10의 전송성공률 비교 그래프 이고, 그림 10은 트래픽별 편차 비교 그래프, 그리고 그림 11은 트래픽의 최소 및 최대 전송성공률 편차 비교 그래프이다. 전송성공률 비교를 통해 연동노드의 종류와 개수에 따른 전송성공률 향상 폭이 큰 것을 확인 할 수 있었다. IN[A,B,C]의 숫자가 늘어날 때 마다 전송성공률은 계속해서 증가했고, IN[A,B], IN[B,C], IN[A,C]가 1개씩 포함된 3개의 IN을 가진 네트워크(시나리오7)보다 IN[A,B,C]가 3개인 네트워크(시나리오10)가 20.82%나

되는 평균 전송성공률 향상을 보였다. 이로부터 IN의 수는 많을수록 전송성공률이 높아지고, 특히 네트워크에 포함된 모든 종류의 프로토콜 간의 연동 기능을 제공할 수 있는 연동노드가 네트워크의 전달성능에 좋은 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

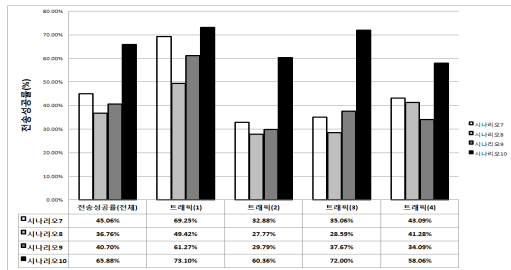


그림 9. 시나리오7~10의 전송성공률
Fig. 9. Transport Success Rates of Scenario 7~10

하는 능력이라고 볼 수 있는 반복 횟수에 따른 최소/최대 전송성공률의 경우는 일정 이상의 연동능력을 제공한 경우 거의 동일하게 나타나(시나리오7, 시나리오9, 시나리오10) 일정 이상의 연동능력을 제공하는 IN이 포함된 경우 대응능력이 올라간다고 볼 수 있다. 그림 12는 시나리오 전체의 전송성공률을 그래프로 나타낸 것으로써, 연동노드의 종류와 개수에 의한 MANET의 전달성능 변화를 한눈에 볼 수 있다.

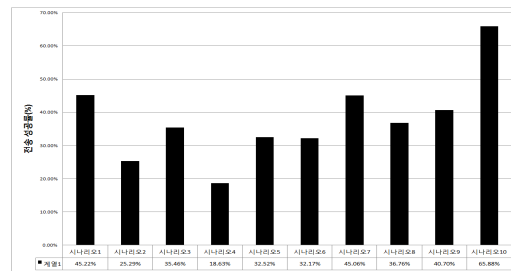


그림 12. 시나리오 전체의 전송성공률
Fig. 12. Transport Success Rates of All Scenarios

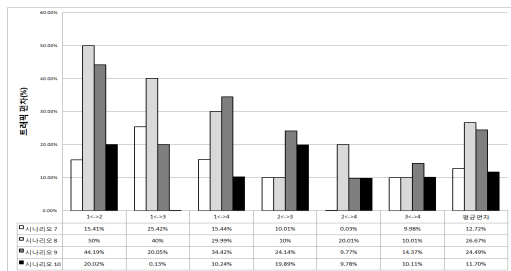


그림 10. 시나리오7~10의 트래픽별 편차
Fig. 10. Traffic Variances of Scenario 7~10

시나리오 1을 제외한 나머지 시나리오들은 모두 시나리오 2를 기준으로 하여, 연동노드를 추가한 경우들이다. 가장 전송 성공률이 저조하게 나타난 것은 시나리오 4로 3종류의 프로토콜을 사용하는 MANET에서 두 종류 간 연동기능을 제공하는 하나의 연동노드를 포함하는 경우이다. 이러한 결과가 나온 까닭은, 세 종류의 프로토콜에 의한 네트워크 구성 노드 수가 많은데다 인가된 패킷 중 절반이 전송경로가 제공되지 않은 경우이었기 때문으로 해석된다.

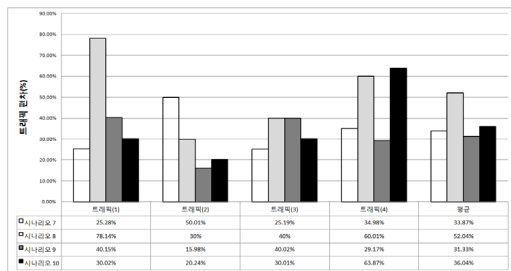


그림 11. 시나리오7~10의 트래픽 최소/최대 편차
Fig. 11. Traffic Min/Max Variances of Scenario 7~10

시나리오 5~10의 경우들은 모두 시나리오 2에 비해 성능이 향상되는 결과를 보였다. 특히 3개의 연동노드를 포함하여 모든 프로토콜에 대한 직접 연동기능이 제공된 시나리오 7과 시나리오 10의 경우 시나리오 1보다 더 높은 성능을 보였으며, 그 정도가 경미한 시나리오 7에 비하여 시나리오 10의 경우는 시나리오 1보다 20.66% 향상된 전송성공률을 보여 성능이 대폭 개선된 것으로 나타났다.

트래픽별 편차를 통해서도 동일한 내용이 확인 되었다. IN의 종류보다는 숫자에 트래픽 편차는 더 영향을 받는 모습을 보였으며, 3개의 IN이 존재하는 네트워크 간에는 거의 같은 결과가 나타났다.

이를 통해 서로 다른 전달 프로토콜간 연동기능은, 지원하는 네트워크에 포함된 전달 프로토콜의 종류와 연동기능 노드의 수가 많을수록 네트워크의 전달성능 향상에 대한 기여도가 높다는 것을 알 수 있다.

노드의 이동성에 따른 네트워크의 상태변화에 대응

V. 결론

최근 무선 이동 통신기술 및 임베디드 시스템 기술의 발달과 더불어 그 적용성이 크게 확대되고 있는 MANET을 연구함에 있어서, 4가지의 에지상태를 통해 어느 한 시점에서의 네트워크의 상태를 표현함으로써 MANET의 특징을 모델링할 수 있는 기법을 도입하여 네트워크의 전달성능 변화를 관찰한 연구결과를 제시하였다.

이러한 에지코스트 기반의 모델링에 네트워크 내에서 서로 다른 종류의 전달 프로토콜 간 연동기능을 도입한 시뮬레이션 대상 네트워크 시나리오 10개를 제시하고, 각 시나리오에 대해 DEVSIM++ 시뮬레이션 엔진을 통해 시뮬레이션하고 그 결과를 제시하였다.

10개의 시나리오별 MANET에서 전달성능을 비교한 결과, 서로 다른 전달 프로토콜간 연동기능은 지원하는 네트워크에 포함된 전달 프로토콜의 종류와 연동기능 노드의 수가 많을수록 네트워크의 전달성능 향상 기여도가 높다는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 사용한 에지코스트 기반의 모델링 방법론은 노드간 데이터 전달에 대한 네트워크의 상태변화에만 집중하였기 때문에 MANET이 갖는 다른 요소들은 추상화(Abtract)되었다. 이러한 요소들에 대한 구체적인 표현기법이 추가되면 보다 더 정확한 결과를 얻을 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] Boukerche, et al., "Algorithms and Protocols for Wireless and Mobile AD HOC Networks," John Wiley & Sons Inc, 2008.

[2] Tavli, et al., "Mobile Ad Hoc Networks: Energy-Efficient Real-Time Data Communications," Springer, 2008.

[3] George Aggelou, "Mobile Ad Hoc Networking," RMcGraw-hill, 2005.

[4] Sarkar, et al., "Ad Hoc Mobile Wireless Networks: Principles, Protocols and Applications," CRC, 2007.

[5] IETF MANET Working Group
<http://www.ietf.org/html.charters/manet-charter.html>

[6] 이규호, 송상복, "다중 프로토콜 네트워크에서의 연

동성제공을 통한 전달 성능 향상에 관한 연구," 한국해양정보통신학회 논문지, 제13권, 제1호, pp. 60-65, 2009년 1월.

[7] Kyou H. Lee, et. al., "Improvement of Data Transport Performance and Network Accessibility in Mobile Ad Hoc Network including Interworking Nodes," Proceedings of 2009 International Conference of Korea Institute of Maritime Information & Communication Sciences (ICKIMICS2009), Manila, Philippines, July 2009.

[8] 송상복, 이규호, "노드 이동성을 고려한 애드 혹 네트워크의 이산 사건 시스템 기반 모델링 및 시뮬레이션 방법론," 한국시뮬레이션학회 논문지, 제18권, 제4호, pp 127~136, 2009.

[9] Tag G. Kim, "DEVSimm++ v3.0 Developer;s Manual Ver 2.1," System Modeling Simulation Lab(KAIST), 2006.

[10] 김탁곤, "이산사건 시스템 모델링 시뮬레이션 기법," 대한전자공학학회논문지, 제19권, 제1호, pp. 105~114, 1992.

[11] Zeigler, N.P., et al., "Theory of Modeling and Simulation: Integrating Discrete Event and Continuous Complex Dynamic Systems," Academic, 2000.

저자소개

송상복(Sang Bok Song)

한국해양정보통신학회 논문지
제13권 제1호 참조

이규호 (Kyou Ho Lee)

한국해양정보통신학회 논문지
제14권 제11호 참조

성길영 (Kil Young Sung)

한국해양정보통신학회 논문지
제12권 제8호 참조