

RBN과 MANET에서의 터미널 간 신뢰도 평가

이 준 혁, *김 경 목, **오 영 환

한국정보통신기술대학 정보통신설비과, *서울산업대학교 전자정보공학과, **광운대학교 전자통신공학과

Terminal Reliability Evaluation in RBN and MANET

Jun-Hyuk Lee, *Kyung-Mok Kim, **Young-hwan Oh

Department of Information & Communication, Korea Information & Communication Polytechnic College

*Department of Electronic & Information Engineering, Seoul National University of Technology.

**Department of Electronics & Communications Engineering, Kwangwoon University

Abstract

In this paper, We presented the algorithm for estimating a reliability between nodes in wireless communication network such as RBN and MANET. To estimate the reliability between nodes, we first modeled RBN and MANET as probability graph. Branches of the graph are always reliable and the probability of node failure is independent. After all possible simple path which can be established between two nodes are examined, we perform sharp arithmetic to remove repetition event between two nodes. Using probability for each variable of the minimized Boolean equation, we present the reliability formula.

Key words : RBN, MANET, reliability, Sharp arithmetic

1. 서 론

일반적으로 통신국과 통신국간 또는 단말(Terminal)과 단말간에 통신이 이루어 질 때 통신망의 성능지표(Performance)로서 신뢰도를 이용하게 된다. 통신망의 신뢰도를 알기 위해서는 신뢰도를 계정하는데 일반적으로 통신망은 확률적 그래프(Probabilistic graph) $G = \{V, E\}$ 로 모형화 한다. 이때 그래프의 접합점(node) V 는 통신국, 단말, 등을 지로(Branch) E 는 통신망이 유선인 경우 선로, 채널 등을 무선인 경우 공기(Air)를 의미한다.

본 논문에서는 확률적 그래프의 지로는 완전히 신뢰할 수 있고, 그 반면에 접합점들은 통계적 독립(S-independently)으로 고장확률을 갖는 그래프 모델을 다루고자 한다. 이와 같은 그래프 모델에 대한 응용(Application)들은 RBN(Radio Broadcast Network)과 MANET(Mobile Ad hoc Network)등을 들 수 있다. [1,2]

RBN에서의 통신은 정해진 범위의 주파수를 가진 송, 수신기를 각 Site에 설치함으로써 이루어진다. RBN의 접합점간 신뢰도를 계정하기 위해서, RBN을 비방향성 확률적 그래프로 모형화 한다. 여기서 각 Site는 고장확률을 갖는 접합점으로 표시되고, 접합점간의 상호 통신이 이루어진다면 지로는 접합점간에 존재하고, 그렇지 않으면 존재하지 않는다.

MANET에서의 통신은 이동무선통신을 위한 새로운 패러다임으로서 PDP, 무선랜 카드가 장착된 노트북(Notebook)등과 같이 이동무선 시스템으로 구성된 자율적이고 수평적인 네트워크이다. 여기서 이동무선 시스템들은 상호 지속적으로 연결 관계가 변한다.

MANET은 다양한 Routing Protocol을 갖고 있다. 그중에서 CBRP(Cluster Based Protocol)는 Ad hoc 네트워크의 노드(Nodes)들을 여러 개의 직렬 클러스터(Cluster)로 나눈다.

또한, 상호 클러스터간 정보를 유지하기 위해서 각각의 클러스터에 대해서 클러스터 헤더(Cluster Head)가 선택된다. MANET 역시 비방향성 확률적 그래프로 모형화 한다. 여기서, 클러스터 헤더는 통계적 독립으로 고장확률을 갖는 접합점으로 표시되고 각각의 클러스터들이 인접(Adjacent)하다면, 접합점간의 지로가 존재한다. 만일 그렇지 않다면, 존재하지 않는다. RBN과 MANET의 신뢰도를 계정하기 위한 몇 가지 방법들이 제안되고 있다.

AboEIFotoh[3]등은 버텍스패킹(Vertex-packing)방법을 기반으로 한 효율적인 알고리즘을 제안 하였다. Lin[4]는 Internal 그래프에 의한 Linear-time 알고리즘을 제안 하였다.

본 논문에서도 RBN과 MANET의 단 점간 신뢰도를 계정하기 위한 알고리즘을 제안 하였다. 먼저, RBN과 MANET을 비방향성 확률적 그래프로 모형화 한 다음 두개의 접합점간에 모든 단순경로를 샤프연산을 적용시킨 후, 단 점간 신뢰도를 계정한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 RBN, MANET의 그래프 성질에 대해서, 3장에서는 RBN, MANET의 단 점간 신뢰도 계정에 관한 알고리즘을 제안 하였다. 4장에서는 제안한 알고리즘을 바탕으로 신뢰도 계정 예를 보였다. 5장에서는 결론을 내렸다.

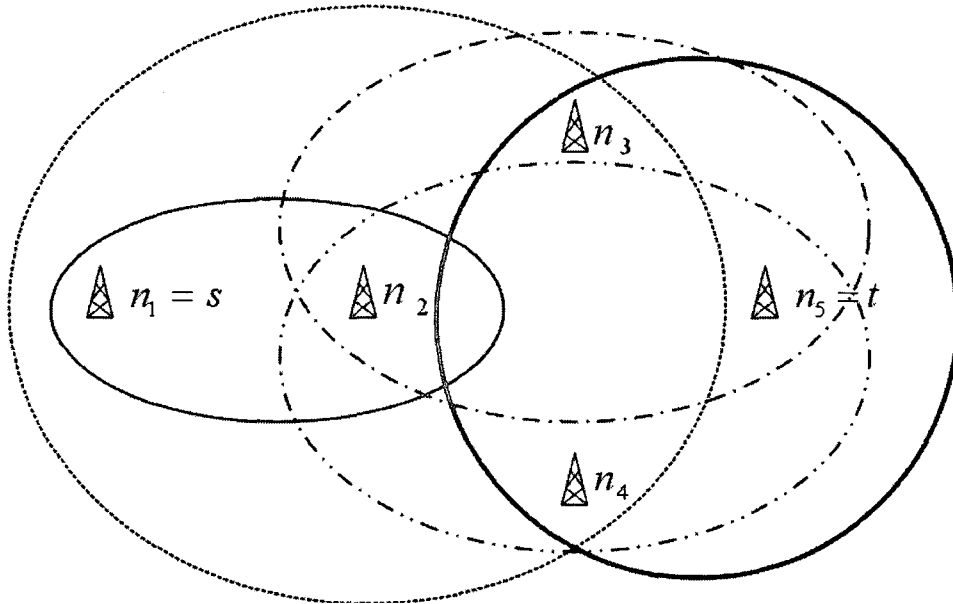
2. RBN과 MANET의 그래프 성질

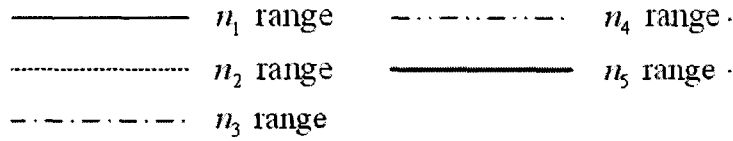
본 논문의 이론 전개에 필요한 그래프의 성질은 증명 없이 설명한다.

2.1 RBN의 그래프 모델

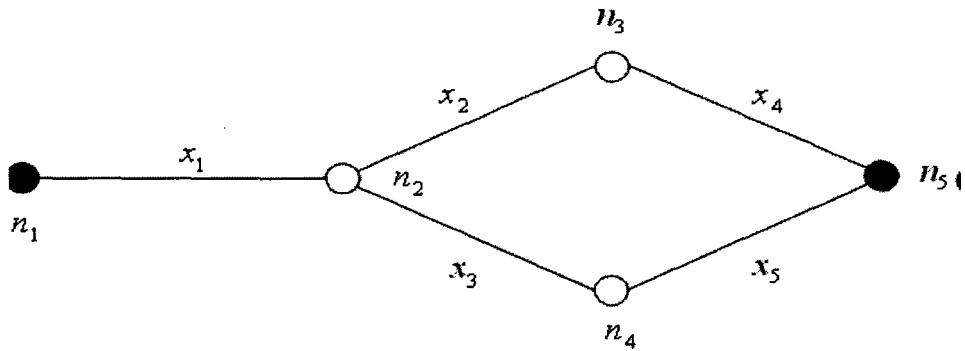
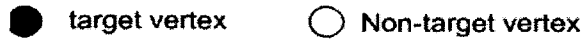
RBN(Radio Broadcast Network)에서의 통신은 정해진 범위의 주파수를 가진 송, 수신기를 각 Site(기지국, 중계국 등)에 설치함으로써 이루어진다. 그림 1(a)은 RBN의 한 예를 나타낸 것이며, 각각의 Circle은 각 Site에 대한 송신기/수신기의 범위(Range)를 나타낸 것이다. 무선 전송을 위한 주변 매체(Surrounding Medium)는 완전 하다고 본다.

RBN은 그림 1(b)과 같이 비방향성 확률적 그래프로 모형화 되는데, 모든 Site n_1, n_2, n_3, n_4, n_5 는 접합점으로 표시하며, 특히 s 를 소스점(Source Vertex), t 를 싱크점(Sink Vertex)라고 한다. 각각의 Site간에 통신이 이루어진다면 지로는 접합점간에 존재하고, 그렇지 않으면 존재하지 않는다. 여기서 χ_i 는 지로를 나타낸다. 접합점 n_i 와 지로 χ_i 는 그 값이 $\{0,1\}$ 과 같은 논리 변수를 말하며, 접합점의 확률은 $P_{n_i} = P(n_i=1)$, $q_{n_i} = P(n_i=0) = 1 - P_{n_i}$ 로 규정한다. 여기서 P_{n_i} 는 접합점 n_i 가 동작하는 확률을, q_{n_i} 는 그렇지 않을 확률을 의미한다. 지로의 확률은 $P_{\chi_i} = P(\chi_i=1)$ 로 가정한다. 즉, 지로는 완전히 신뢰할 수 있다고 본다. 다시 말해서, 무선 전송을 위한 주변매체는 완전하다고 본 것이다.





(a)

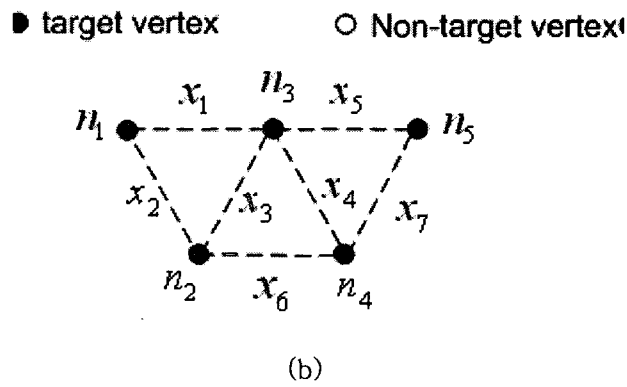
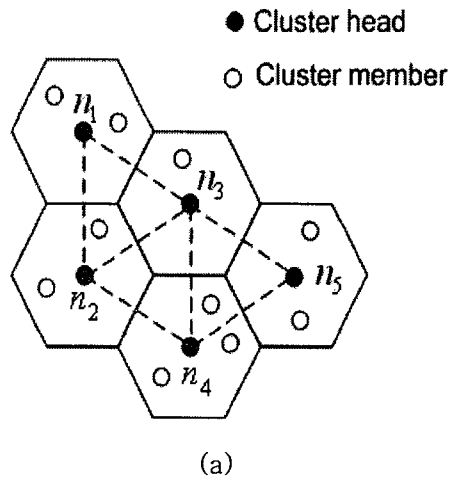


(b)

<그림 1> RBN과 그래프 모델

2.2 MANET의 그래프 모델

MANET(Mobile Ad hoc Network)에서의 통신은 통신 인프라가 없는 환경에서 동적이고, 임의로 위치가 변하는 이동 무선시스템으로 구성된 네트워크이다. MANET의 Routing Protocol 중 CBRP는 Ad hoc 네트워크의 노드들을 여러 개의 직렬 클러스터에 나눈다. 또한 상호 클러스터간 정보를 유지하기 위해서 각각의 클러스터에 대해서 클러스터 헤더가 선택된다. 그림 2(a)는 CBRP를 갖는 MANET의 일례이며, 클러스터들을 Hexagonal cell들로 나타내었다. 여기서 n_1 , n_2 등은 클러스터 헤더를, 그 외의 노드들은 클러스터 member를 나타내었다. MANET은 그림 2(b)와 같이 비방향성 확률적 그래프로 모형화 된다. 각각의 클러스터 헤더는 고장확률을 갖는 접합점으로 표시되고, 클러스터들이 서로 인접(Adjacent)하다면 접합점간의 지로가 존재한다. 그렇지 않다면 존재하지 않는다. MANET에 대한 이외의 확률적 그래프의 제반 성질은 앞에서 설명한 RBN의 경우와 동일하다.



<그림 2> MANET과 확률적 그래프 모델

3. RBN과 MANET의 두 접합점간 신뢰도 계정에 관한 알고리즘

2장에서 서술한 확률적 그래프 모델을 바탕으로 두 접합점간 신뢰도 계정에 관한 알고리즘을 다음과 같이 제안한다.

[단계 1] 주어진 RBN과 MANET을 확률적 그래프로 표현한다.

[단계 2] 특정한 두 접합점간의 모든 단순경로를 구한다. 여기서, 단순경로라 함은 접합점과 지로로 구성되는 그래프에 있어서 폐로를 형성함이 없이 두 접합점 사이에 이루어지는 경로를 의미한다.

[단계 3] 단순경로를 변수가 적은 항부터 순서대로 나열하여 논리식 형태로 표현한다.

[단계 4] 각 항간에 순차적으로 반복하여 샤프산법(Sharp operation)을 적용한다.[5]
 이때 각 항간에 동일변수가 상보(Complement)가 될 때까지 샤프연산을 시행한다.

[단계 5] 샤프연산에 의해서 구해진 최소화 된 논리식에 각 변수에 대한 확률 값을 취하여
 두 접합점간 신뢰도 계정식을 구한다.

4. RBN과 MANET의 신뢰도 계정 계산 예

3장에서 제안한 알고리즘을 실예에 의한 수치 계산을 통하여 확인 하도록 한다.

4.1 RBN의 신뢰도 계정에 대해서 그림-1을 이용한다.

알고리즘의 순서에 따라

[단계 1] RBN 즉, 그림-1(a)에 대한 확률적 그래프는 그림-1(b)로 표현된다.
 여기서, 소스 접합점은 n_1 , 싱크 접합점은 n_5 로 본다.

[단계 2] 접합점 n_1 과 n_5 사이의 모든 단순경로를 구하면 다음과 같은 접합점의 직렬 연결의 집합을 얻는다. $\{n_1 n_2 n_3 n_5, n_1 n_2 n_4, n_5\}$
 여기서, 단순경로를 접합면만으로 표현한 것은 지로는 완전히 신뢰할 수 있다고 가정하였기 때문이다.

[단계 3] 논리식 형태로 표현하면 다음과 같다

$$F = n_1 n_2 n_3 n_5 + n_1 n_2 n_4 n_5$$

[단계 4] 각 항간에 순차적으로 반복하여 샤프 산법을 적용하면,

$$F = n_1 n_2 n_3 n_5 + n_1 n_2 n_3 n_4 n_5$$

$$[\text{단계 5}] P_{s, t} = P [F] = p_{n_1} p_{n_2} p_{n_3} p_{n_5} + p_{n_1} p_{n_2} q_{n_3} p_{n_4} p_{n_5}$$

4.2 MANET의 신뢰도 계정에 대해서 그림-2를 이용한다.

알고리즘의 순서에 따라

[단계 1] 주어진 MANET 즉, 그림-2(a)에 대한 확률적 그래프는 그림-2(b)로 표현된다. 여기서, 소스 집합점은 n_1 , 싱크 집합점은 n_5 로 본다.

[단계 2] 집합점 n_1 과 n_5 사이의 모든 단순경로를 구하면 다음과 같은 집합 점의 직렬 연결의 집합을 얻는다.

$$\{n_1 n_3 n_5, n_1 n_3 n_4 n_5, n_1 n_3 n_2 n_4 n_5, n_1 n_2 n_3 n_4 n_5, n_1 n_2 n_4 n_3 n_5\}$$

[단계 3] 논리식 형태로 표현하면 다음과 같다

$$\begin{aligned} F &= n_1 n_3 n_5 + n_1 n_3 n_4 n_5 + n_1 n_3 n_2 n_4 n_5 \\ &\quad + n_1 n_2 n_3 n_4 n_5 + n_1 n_2 n_4 n_3 n_5 \\ &= n_1 n_3 n_5 + n_1 n_2 n_4 n_5 \end{aligned}$$

[단계 4] 각 항간에 순차적으로 반복하여 샤프 산법을 적용하면

$$F = n_1 n_3 n_5 + n_1 n_2 n_3 n_4 n_5$$

$$[\text{단계 5}] P_{s, t} = P [F] = p_{n_1} p_{n_3} p_{n_5} + p_{n_1} p_{n_2} q_{n_3} p_{n_4} p_{n_5}$$

5. 결 론

RBN에서의 통신은 정해진 범위의 주파수를 가진 송·수신기를 각 Site에 설치함으로써 이루어진다. 또한 MANET은 통신 인프라가 없는 환경에서 동적이고, 임의로 위치가 변하는 이동무선 통신시스템으로 구성된 네트워크이다. 본 논문에서는 이와 같은 무선 통신망의 특정한

접합점간의 신뢰도를 계정하기 위한 알고리즘을 제안하였다. 먼저 RBN과 MANET을 이에 상응하는 비방향성 확률적 그래프로 모형화한 다음, 두개의 특정한 접합점간의 단순경로를 접합점의 직렬 연결 형태로 구하였다. 여기서 단순경로를 접합점만으로 표현한 것은 지로는 완전히 신뢰할 수 있다고 가정하였기 때문이다. 다음, 단순경로간의 중복된 사상을 제거하기 위해 서프연산을 적용 시킨 후, 신뢰도를 계정하였다. 기존의 알고리즘과 제안한 알고리즘의 복잡도(Complexity)를 비교한 결과 동일하게 $O(|V|)$ 이다.

본 연구에서는 확률적 그래프의 지로는 완전하다고 가정하였다. 다시 말하여, $P_{x_i} = P(x_i = 1)$ 로 보았다. 그러나 현실적으로는 그렇지 않다. 예를 들면 상응하는 Site간의 거리, 그들 안테나의 방향, 송·수신기의 Power, 물리적 장애물의 존재(산, 고층빌딩) 등이다. 앞으로 더 연구해야 할 과제로는 확률적 그래프의 지로가 완전치 않을 경우, 두 접합점간 신뢰도 계정에 관한 연구가 필요하다고 본다.

향후에는 본 연구에서 고려한 네트워크의 링크고장 뿐만 아니라, 노드의 고장도 고려하여 네트워크의 성능을 평가하는 연구가 이루어져야 할 것이다. 그리고 무선 센서 네트워크를 위해 제안된 다른 라우팅 기법이 적용된 네트워크에 대한 성능평가도 진행 되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] J. F Arnaud, "Frequency Planning for Broadcast Service in Europe", Proc. IEEE, Vol 68, 1980, pp 1515~1522
- [2] E·M·Royer and C·K·Toh, "A Review of Current Routing Protocol for Ad-hoc Mobile Wireless Network", IEEE Personal Commun, Vol 6, No. 2, pp 46~55, 1999
- [3] H·AboEIFotoh and C·J·Colbourn, "Computing 2-Terminal Reliability for Radio-Broadcast Networks", IEEE, Trans. Reliability, Vol. 38, No 5, pp 538~555, 1989
- [4] Min-Sheng Lin, "A Linear-Time Algorithm for Computing K-Terminal Reliability on Proper Interval Graphs", IEEE Trans. Vol 51, No 1, pp 58~62, 2002
- [5] D·C Rine, Computer Science and Multiple-Valued Logic Theory and Application, Elsevier Science, New York, 1984