

MANET에서 경로 연속성 증대방안에 대한 연구

(A Threshold based Connectivity Enhancement Scheme for Mobile Ad-hoc Networks)

장윤철[†] 박상준^{**} 김병기^{***}
 (Yunchul Jang) (Sangjoon Park) (Byunggi Kim)

요약 Ad-hoc 네트워크 내의 무선 이동 노드들은 일반적으로 전원 용량이 충분하지 않기 때문에 통신 중의 전원관리가 매우 중요하다. 이러한 전력 소모를 고려한 프로토콜로 MTPR, MBCR, MMBCR, CMMBCR 등이 제안되어 있으나, 전송 중 중간노드가 방전되어 링크가 단절되는 현상은 고려하지 못하고 있다. 따라서 경로의 연속성을 보장하기에는 미흡하다. 본 논문에서는 경로의 연속성을 증대하기 위한 세 가지 방안을 제안한다. 신호 세기가 임계치 이하인 경우 사전에 대체 경로를 설정하여 링크 단절에 대비한다. 전원용량이 임계치 이하로 떨어지는 경우에도 이를 미리 알려 대체 경로를 설정한다. 또한 멀티채널 상의 중간 노드는 잔여 용량과 신규 링크 설정 요청에 필요한 전력을 비교하여 선택적으로 허락함으로써 중간 노드의 수명을 연장시키는 방안을 제안한다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안된 방안이 경로 연속성을 강화시키며, 신뢰적인 연결 관리에 의하여 지연 시간을 줄이는 성능 향상을 보였다.

키워드 : Ad-hoc 네트워크, 소모 전력, 링크 연속성, 임계치

Abstract Generally, the mobile nodes in MANET have the limited power capacity available for actual communications. Thus, the power management is very important for packet routing or forwarding. Although MTPR, MBCR and MMBCR are proposed to treat the problem of power consumption, there have been few researches resolving the link breakdown that is occurred by the power exhaustion during transmission. In this sense, the reliable scheme should be required to ensure the routing connectivity. In this paper, we propose three schemes to enforce the routing connectivity. If the signal strength is dropped below a signal threshold, the candidate route is previously selected to prepare the link breakdown. Also, on multi-channel, we propose the lifetime increment scheme of a node that it manage its available power to the needed power of a new link. The simulation results show the enforcement of the link connectivity and the performance improvements of the delay time through the effective connection management.

Key words : Ad-hoc networks, power consumption, link connectivity, threshold

1. 서론

Ad-hoc 네트워크는 고정된 기반 망 또는 기지국 없이 무선 이동 노드들로 구성된 멀티 홉 방식의 네트워크이다. 처음에는 군사적 목적으로 만들어졌지만 최근에는 재난 복구 현장, 홈 네트워크, 그룹회의, 개인 휴대 통신망 등 여러 응용분야에 사용되고 있다. Ad-hoc 네

트워크는 신속하게 구축할 수 있고 기존의 통신 인프라에 의존하지 않으며 빈번한 이동에 대한 적응을 할 수 있는 장점을 가지고 있다. 반면에, 무선망으로 연결된 이동 노드들이라 한정적인 전원용량을 가지고 있고, 제한적인 전파범위를 가지고 있으며 잦은 이동성으로 경로 불연속이 발생할 수 있다는 단점을 가지고 있다. 따라서 MANET (Mobile Ad hoc NETWORKS)의 여러 문제점을 해결하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 최근에 소모 전력을 고려한 프로토콜들로 MTPR[1], MBCR[2], MMBCR[3,4], CMMBCR[2,5] 등이 제안되었다. 이러한 프로토콜들은 전력 소모 관계식을 통해서 효율적으로 전력관리를 하며 데이터를 전송하려는 목적을 가지고 있다. 하지만 경로변화가 잦은 노드들이 안정된 데이터 전송을 하기 위해서는 지속적인 경로 유지를

· 본 연구는 숭실대학교 교내연구비 지원으로 이루어졌습니다.

[†] 비 회 원 : 숭실대학교 컴퓨터학과
u406@korea.com

^{**} 비 회 원 : 숭실대학교 정보미디어기술연구소 교수
lubimia@hanmail.net

^{***} 종신회원 : 숭실대학교 컴퓨터학부 교수
bgkim@computing.ssu.ac.kr

논문접수 : 2004년 11월 26일

심사완료 : 2005년 2월 22일

해야 한다는 면에서는 미흡한 점이 있다. 본 논문에서는 노드들 사이의 경로 연속성 증대를 위한 방안을 제안한다. 노드들 사이의 경로 연속성 증대를 위하여 신호 세기 및 전원 사용에 대한 임계치 방안 고려하였다.

2. 경로 연속성 증대 방안

2.1 신호세기 기반의 우회 경로 설정

중간노드의 링크 혹은 송수신 노드의 링크 상에서 환경적 변수로 인해 신호감쇄가 발생하게 되는데, 여기서 노드의 전원 상태를 환경적 변수로 볼 수 있다. 그림 1은 비대칭 채널에서 up-link 노드로의 신호강도가 감쇄할 때 링크의 연속성을 위해서 링크가 끊어지기 전 우회경로를 획득 하는 과정을 보여주고 있다. 그림 1(a)에서는 노드 b가 노드 a로부터 받는 신호의 강도가 임계치 이하가 되면, 노드 b는 링크가 끊어지기 전에 신호가 약해졌다는 제어메시지 (C_Msg)를 노드 a로 보낸다.

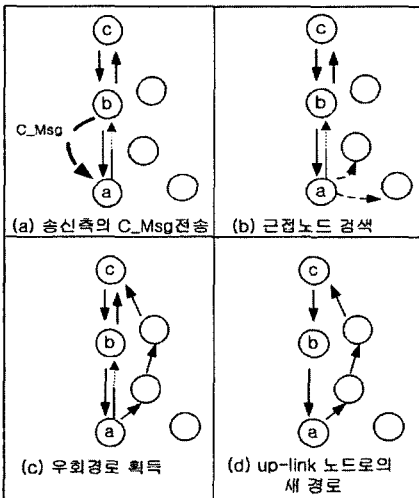


그림 1 신호 세기에 따른 우회경로 획득

그림 1(b)에서 제어메시지 (C_Msg)를 받은 노드 a는 링크가 끊어지기 전에 목적지 노드로 가는 우회 경로를 설정하기 위해 정상적인 세기의 신호로 데이터를 송신할 수 있는 근접 노드를 검색해서 경로 요청 메시지를 보낸다. 그림 1(c)에서는 링크가 끊어지기 전에 최단경로 알고리즘을 이용해 목적지 노드 c까지 경로를 획득한다. 단, 라우팅 테이블에서 노드 b가 포함되는 라우팅 정보는 제외시킨다. 그림 1(d)는 신호가 약해져서 링크가 끊어졌을 경우, 이전에 획득한 우회경로가 새 경로로 대체되어 사용되는 것을 보여준다. 그림 1의 과정을 의사코드로 나타내면 그림 2와 같다. 노드가 이동하여 두 노드 간의 거리가 d가 되었을 때, 수신신호 강도

$RSSI(d)$ 는 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다[6]. $RSSI(d_0)$ 는 두 노드간의 기준거리 d_0 에 대한 기본 신호강도를 나타낸다. n은 경로손실 파라미터이며 2.76정도의 값을 갖는다[3,8].

$$RSSI(d) = RSSI(d_0) - 10n \log(d/d_0) \quad (3)$$

그림 2의 신호에 대한 임계치 (T_{RSSI})는 수식 (3)의 범위 내에서 얻을 수 있으며 본 절에서 제안하는 알고리즘에 적용할 수 있는 것이다.

```

RSSINn : Nn이 수신하는 신호의 세기;
TRSSI : 초기에 설정된 신호세기의 임계치;
c_msg(Nn, Nm) : Nn이 Nm에게 전송하는 제어메시지;

if RSSINa <= TRSSI then
    send c_msg(Nb, Na);
    repeat
        RN = shortest_path(Na, Nd);
    until(Nb ∉ RN)
endif
    
```

그림 2 신호 세기에 따른 우회 경로 설정 알고리즘

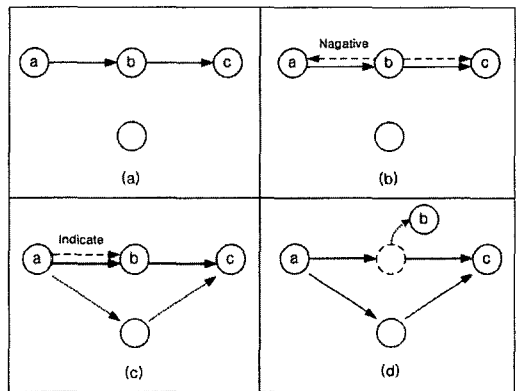


그림 3 임계치 기반의 링크 회피

2.2 임계치 기반의 링크 회피

본 논문에서는 모든 중간 노드가 자신의 잔여 전원용량을 사전 설정된 임계치와 비교하여, 그 이하가 되면 대체 경로를 미리 설정하는 방법을 제안한다. 잔여 전원이 임계치 이하인 노드는 이웃 노드들에게 negative signal을 브로드캐스팅하며, 이 신호를 받은 up-link 노드는 대체 경로를 설정하여 전원이 고갈된 노드를 제외시킨다. 대체경로가 주 경로로 된 이후에도 기존 경로에

서 탈퇴한 노드는 통신을 주고받을 수 있으므로 dead 노드수를 줄일 수 있다. 그림 3은 임계치를 이용한 링크 회피 과정을 보여주고 있다. 그림 3(a)에서와 같이 소스 노드 a 는 중간노드 b 를 통해 목적지 노드 c 로 데이터를 전송하고 있다. 그림 3(b)는 중간노드 b 가 잔여 잔여량이 임계치에 도달했음을 인식하고 이웃노드들에게 negative signal을 전송하는 것을 보여주고 있다. 그림 3(c)에서, 중간노드 b 로부터 negative signal을 받은 소스 노드 a 는 목적지 노드 c 로의 다른 경로를 획득한 후에 중간노드 b 에게 대체 경로 획득을 알리는 메시지를 전송한다. 이 과정에서 경로 획득 절차를 수행했을 때, 노드 b 가 포함된 경로는 제외시킨다. 중간노드 b 가 탈퇴를 하면서 기존의 링크는 끊어지고, 대체 경로를 새 경로로 사용하게 된다[그림 3(d)]. 그림 3의 과정을 의사 코드로 나타내면 그림 4와 같다. 노드의 운영 단계를 transmit, receive, signaling, silence, idle로 구분했을 때 데이터를 전송하는 transmit 구간에서 전원이 가장 많이 소모된다는 것을 알 수 있다[3]. 잔여 전원용량이 그림 4의 임계치 T_{power} 이하로 내려가면 해당되는 중간노드는 negative signal을 보낸 후 우회경로 설정이 확정되면 탈퇴를 한다.

```

 $P_{N_n}$  :  $N_n$ 의 전원용량;
 $T_{power}$  : 초기에 설정된 전원용량의 임계치;
 $n\_msg(N_n)$  :  $N_n$ 이 이웃노드들에게 전송하는 negative 메시지;
 $i\_msg(N_n, N_m)$  :  $N_n$ 이 노드  $N_m$ 에게 전송하는 indicate 메시지;

if  $P_{N_b} \leq T_{power}$  then
    send  $n\_msg(N_b)$ ;
    repeat
         $R_N = shortest\_path(N_a, N_b)$ ;
    until  $(N_b \notin R_N)$ ;
    send  $i\_msg(N_a, N_b)$ ;
endif
    
```

그림 4 임계치 기반의 링크 회피 알고리즘

따라서 설정된 임계치를 그림 4에서의 링크 회피 알고리즘에 적용함으로써 dead 노드 수를 줄이고 경로의 연속성을 증대시킬 수 있는 것이다. 만일 우회 경로가 탐색되지 않는다면, 기존의 방식과 마찬가지로 임계치 이하의 전원을 가진 노드를 사용하게 된다. 이것은 임계치 이하의 전원 노드를 사용하지 않는다면 연결 상태가

지속될 수 없기 때문이다.

2.3 제한적 릴레이

다중채널 상에서 송수신을 중계하는 중간노드는 여러 개의 링크들을 중계해 줄 수 있다. 앞 절에서 언급한 바와 같이 노드는 데이터를 전송하기 위해서 상당량의 전원을 소모해야 한다. 만약 충분한 전원을 보유하고 있지 못한 중간 노드가 또 다른 중계 요청을 받아들인다면, 전원 수명시간의 단축으로 단시간 내에 링크 단절을 초래할 것이다. 본 절에서는 중간 노드가 중계 서비스를 하는 도중 다른 노드로부터 경로 요청이 왔을 때, 사전에 설정된 임계치를 비교하여 그 이하가 되면 링크 요청을 거부함으로써 중간 노드의 수명시간을 연장시키는 방법을 제안한다. 노드 i 에서 노드 j 까지 링크를 통한 전송 비용 $C_{i,j}$ 를 다음과 같이 정의할 수 있다[4].

$$C_{i,j} = \frac{B_i}{E_{i,j}} \tag{4}$$

B_i 는 노드 i 의 잔여 전원용량, $E_{i,j}$ 는 노드 i 에서 노드 j 까지 패킷을 전송하는데 필요한 전원용량을 의미한다. 중간 노드의 전원용량이 임계치 이하가 되었을 때 경로 요청을 거부함으로써 노드의 수명시간 단축으로

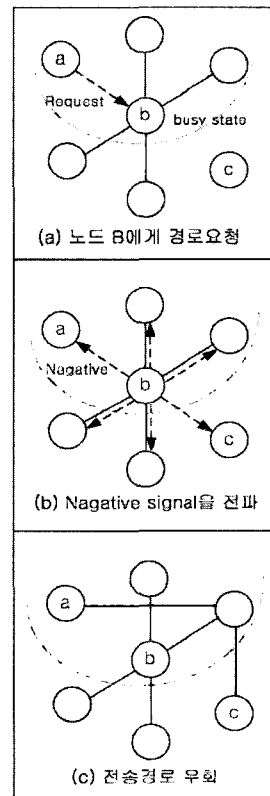


그림 5 임계치에 따른 제한적 릴레이

인해 발생하는 링크단절을 줄일 수 있다. 그림 5는 두 노드 간의 통신을 중계해 주는 중간노드 *b*의 잔여 전원이 임계치 이하일 때(busy 상태)의 제한적 릴레이를 보여주고 있다. 그림 5(a)에서 중계 서비스중인 노드 *b*가 주변 노드 *a*에서 목적지 노드 *c*까지의 경로 요청 메시지를 받는다. 그림 5(b)에서 중간노드 *b*는 잔여 전원용량이 임계치에 접근하였음을 인식하고 busy 상태라는 것을 알리기 위해 이웃노드들에게 negative signal을 브로드캐스트 한다. 그림 5(c)에서 소스 노드 *a*는 자신의 전파 경계 범위 안에서 노드 *b*를 제외한 다른 노드들 통해 목적지 노드까지의 경로를 설정한다.

3. 시뮬레이션

제안 방식들의 성능을 평가하기 위하여, 시뮬레이션을 수행하여 기존 방식인 CMMBCR과 비교한다.

표 1은 시뮬레이션 파라미터를 나타내고 있다. 시뮬레이션을 위한 노드의 이동은 랜덤 형태의 이동을 보장한다. 그림 6은 환경적인 신호감쇄로 인한 패킷 손실율을 보여주고 있다. 기존의 방식과 제안된 방식 둘 다 같은 패킷 손실율을 나타내다가 RSSI 23dB부터 경향이 달라지는 것을 볼 수 있다. 그림 7은 링크가 끊어졌을 때, 경로 재획득을 시도하는 기존의 방식과 사전에 정해진 임계치에 도달하는 시점에서 사전에 경로 재획득을 시도하는 제안된 방식을 비교한 결과 제안된 방식의 성공률이 높은 것을 알 수 있다. 그림 8은 전원 용량의 임계치에 따른 링크 회피 방안과 기존의 방식과의 비교를

표 1 시뮬레이션 파라미터

Area(mxmx)	50×50, 100×100, 200×200, 300×300
Number of nodes	100
Coverage of node	70m
Mobility	Random way point
Speed	1m/s
Packet size	100byte/s
Default RSSI	75dB
Threshold	25dB

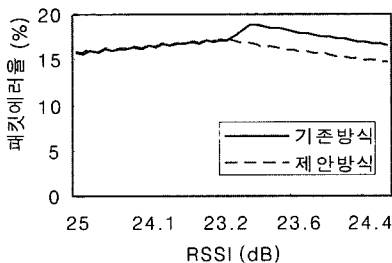


그림 6 신호감쇄에 따른 패킷 손실율

보이고 있다.

본 시뮬레이션을 위해 $idle_{cost} = 0.177$, $silence_{cost} = 1.316$, $signaling_{cost} = 1.46$, $receive_{cost} = 1.575$, $transmit_{cost} = 1.825$ 로 가정하였고 정해진 전원용량에서 모드별 소모량을 적용해 전원을 소모시켰다[3,7]. 그림 9는 임계치 기반의 제한적 릴레이 방안에 대한 성능 분석을 보이고 있다. 그림에서 보면 높은 임계치를 설정할수록 경로 요청 수락율은 줄어드는 것을 볼 수 있다. 하지만 링크 요청을 거부함으로써 중간 노드의 수명시간이 연장될 수 있고 중계 서비스를 하는 여러 링크들의 단절을 줄일 수 있는 것이다.

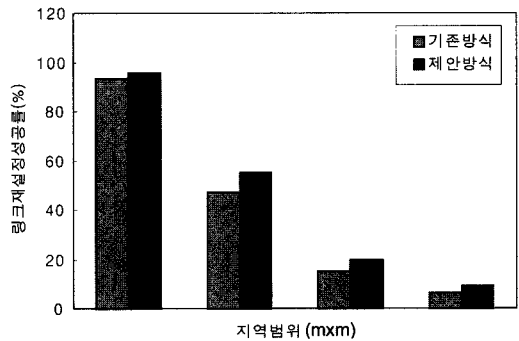


그림 7 링크 재설정 성공률

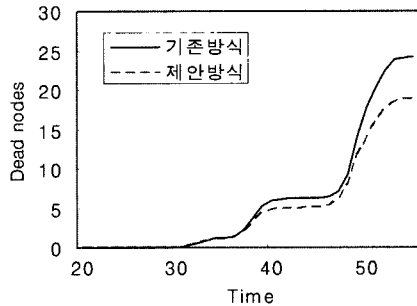


그림 8 전원 소모로 인한 dead 노드 수

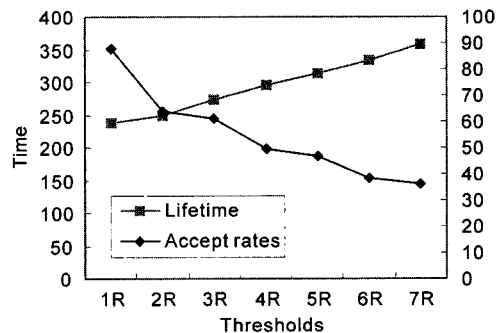


그림 9 노드 수명과 경로요청 수락율

4. 결론

본 논문에서는 Ad-hoc 네트워크에서의 경로 연속성 방안을 제안하였다. 첫째, 환경적인 요소나 신호 감쇄로 인해 신호 세기가 약화될 경우, 송신노드가 대체경로를 설정한다. 둘째, 중계역할을 하는 중간노드의 전원용량이 임계치에 도달하는 경우, 중간노드는 중계를 받던 노드들에게 negative 메시지를 보낸다. 셋째, 멀티채널 상에서 중계노드의 전원상태가 임계치에 도달할 때 다른 노드로부터 오는 중계요청을 거부함으로써 중간노드의 수명시간을 연장하는 방안이다. 제안된 방안은 기존의 방식보다 패킷 손실을 줄일 수 있었고 지역과 시간에 따라 링크 재설정율도 보다 높일 수 있었다. 그리고 전원용량에 따른 임계치를 사용하여 dead 노드수를 줄일 수 있었으며 노드의 수명시간도 연장시킬 수 있었다. 따라서 제안된 방안으로 경로 연속성을 증대시킬 수 있고 링크 단절로 인해 경로 재획득 과정을 수행해야 하는 지연시간과 처리율 감소를 줄일 수 있다.

참고 문헌

- [1] Keith Scott, Nicholas Bambos "Routing and Channel Assignment for Low Power Transmission in PCS," Universal Personal Communications, 1996. Record., 1996 5th IEEE International Conference on pp.498-502 vol.2, 1996.
- [2] C.-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks," IEEE Communications Magazine, June. 2001.
- [3] Mark Stemm, Paul Gauthier, Daishi Harada, Randy H. Katz, "Reducing Power Consumption of Network Interfaces in Hand-Held Devices," Proceedings MoMuc-3, 1996.
- [4] Archan Misra, Suman Banerjee, "MRPC: Maximizing Network Lifetime for Reliable Routing in Wireless Environments," IEEE Wireless Communications and Networking Conference, (WCNC 2002), Vol.2, pp.800-806, March, 2002.
- [5] Dongkyun Kim, J.J Garcia-Luna-Aceves and Katia Obraczka, "Power-aware routing based on the energy drain rate for mobile ad hoc networks," Computer Communications and Networks, 2002. Proceedings. Eleventh International Conference on, 14-16 Oct. 2002.
- [6] Scott Y. Seidel and Theodore S. Rappaport, "914Mhz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Buildings," IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol.40. No.2, Feb, 1992.
- [7] Paramvir Bahl and Venkata N. Padmanabhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking System," IEEE INFOCOM'00, pp.775-784, Mar, 2000.
- [8] T.K. Philips, S.S. Panwar, A.N. Tantawi, "Connectivity properties of a packet radio network model," IEEE Transactions on Information Theory, Vol. 35, no.5, pp.1044-1047, Sept. 1989.



장 윤 철

2003년 대전대학교 컴퓨터공학과 학사
2005년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사. 관심분야는 MANET, 이동통신, 모바일 인터넷. e-mail: u406@archi.ssu.ac.kr



박 상 준

1996년 동국대학교 전자계산학과 학사
1998년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사
2002년 숭실대학교 컴퓨터학과 박사
2002년~2003년 런던대 ISG 박사후과정
2004년~현재 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전임연구교수. 관심분야는 MANET, 유비쿼터스 디지털 방송



김 병 기

1977년 서울대학교 전자공학과 학사
1979년 한국과학기술원 전산학전공 석사
1979년 한국과학기술원 전산학전공 박사
1979년~1982년 경북대학교 전자공학과 전임강사. 1982년~현재 숭실대학교 정보과학대학 컴퓨터학부 교수. 관심분야는 MANET, 유비쿼터스 디지털 방송