

Ad Hoc 망에서 링크 핸드오버 방안

박상준*, 김형종**

Link Handover Scheme in Ad Hoc Networks

Sangjoon Park, Hyungjung Kim

Abstract

In ad hoc networks, the link survivability is firstly considered if a routing between two mobile nodes takes place through wireless environments, because all of mobile nodes participating in a connection dynamically move to anywhere. Also, mobile nodes have multi-role to implement a communication without a static system supported by wired networks. Hence, it is difficult that all mobile nodes continuously provide a reliable connection when the nodes operate each role for the connection. Therefore, it is desired to maximize the lifetime of a route as long as possible for the reliable communication. In this paper, we propose a proactive link management scheme that can provide the continuous route supported by the link handover. It consider the wireless link quality and the power lifetime of a node so that the link handover is implemented for the link survivability without disconnecting the route on the communication.

Key Words : Ad hoc 망, 링크 생존성, 링크관리

* 숭실대학교 정보미디어기술연구소

** 한국정보보호진흥원

1. 서론

최근 이동 통신망의 연구는 고정된 통신망을 기반으로 한 이동망에서 이동 단말기의 자유로운 통신 발생을 극대화하기 위한 Ad Hoc 망으로 확장되고 있다. Ad Hoc 이동통신은 초기에 주로 군사작전 수행을 위해 특정임무 수행 시 조직원 간의 동적인 통신을 지원하기 위하여 연구되다가 점진적으로 일반 환경에 적용하기 위하여 연구가 진행되고 있다. Ad Hoc 망에서는 이동 단말기의 이동으로 단말기들이 특정 네트워크 지역 안에 진입하거나 이탈하는 특성으로 인하여 네트워크 토폴로지가 지속적이고도 동적으로 변화한다. 이는 만일 특정 이동 단말기들 사이에서 통신이 발생하게 되면 통신상의 무선 링크의 끊어짐과 재구성의 발생을 야기한다. 또한 이동 통신에서 단말기에 대한 제한적 사용의 원인이 되는 한정적 전원 용량도 무선 링크 구성에 영향을 미치며 Ad Hoc 망의 특성으로 인하여 전원에 대한 제약이 더 크다고 할 수 있겠다. 따라서 Ad Hoc 망에서는 특정 지역 안에 퍼져있는 이동 단말기들 중에서 통신에 참여하기 위한 몇몇의 이동 단말기들을 정하는 경로지정이 중요하다고 하겠다. 따라서 Ad Hoc 망에 관한 연구가 이러한 이동 단말기가 구성하는 경로의 구성 방법에 대부분 집중되고 있는 것이다. Ad Hoc 망에서의 경로지정 방법은 크게 table-driven 방법과 on-demand 방법으로 나누어진다[1, 4].

Table-driven 방법은 경로지정에 참여하는 Ad Hoc 단말기들이 도달 가능한 다른 모든 단말기들의 위치정보를 자신의 경로 테이블에 지속적으로 보유하고 있는 것으로 망 변화에도 능동적으로 통신을 할 수 있다. 하지만 다른 단말기들의 이동 정보를 네트워크 토폴로지 변화에 따라 갱신을 해야 하며 이러한 갱신을 위해 많은 수의 제어 정보를 주고받기 때문에 오버로드가 생긴다. 특히 기존 무선 환경에서 기지국과 같은 특정 통신시스템이 중

계기 역할을 하면서 통신을 수행하는 방식이 아니고 이동하는 단말기들의 사이에서 발생하는 경로배정과 이를 통한 트래픽 전송이기에 보다 많은 정보 손실이 발생할 우려가 있다. 이는 정보의 재전송이라는 문제를 발생시키며 재전송으로 인한 전송지연 및 트래픽 손실의 발생을 야기한다. Table-driven 방식의 경우 단말기의 자유로운 이동으로 인하여 이동망 토폴로지가 변화할 때마다 단말기들 간에 제어정보를 주고받아야 하기 때문에 앞서 언급한 것처럼 이러한 제어 정보손실 우려가 높을 수 있다. 또한 이동 단말기가 어느 정도의 범위에 까지 단말기들의 정보를 보유하고 있어야 하는 지에 대한 분석이 필요하며 이동 단말기에 많은 수의 단말기 정보를 테이블로 구성하는 것도 단말기에 영향을 미치게 된다. On-demand 방식의 경우 파악이 가능한 이동 단말기의 모든 정보를 보유하고 있는 것이 아니라 통신요구에 대한 수신 단말기의 위치탐색을 통하여 경로지정이 이루어진다. 또한 부분적으로 단말기의 경로 정보 캐싱을 통하여 통신연결의 속도 및 제어정보의 오버로드 감소를 줄이기도 한다. On-demand의 경우 통신요구 후에 경로탐색이 발생하므로 자신의 캐쉬 정보에 수신 단말기의 정보가 없을 경우 수신 단말기 탐색에 대한 지연이 발생할 경우가 있다.

Ad Hoc 단말기들의 경로를 구성하는 데에 있어서 위의 두 가지 방법을 혼용한 방안도 제안이 되었다. 두 가지 방안을 혼용한 하이브리드 방안의 경우 일정 지역을 구분하여 지역을 기준으로 두 가지 방안을 선별적으로 사용하는 것이다. 또한 경로 구성 시에 이동 단말기의 위치정보를 기반으로 경로배정을 실시하는 것이 아니고 이동 단말기의 전원용량을 기반으로 경로를 지정하는 방식이 제안되기도 하였다. 이동 단말기의 전원용량을 통한 방식은 경로 구성 시 참여하는 이동 단말기들이 구성할 수 있는 여러 경로 중 전원용량이 가장 큰 경로를 선택하는 방식이나 최소의 전원

이 소모되는 경로를 선택하는 방식 등이 제안되었다.

Ad Hoc 망에서는 경로지정 후에 송수신 단말기의 통신 개시 후 경로 중간에 있는 단말기에 대한 경로 이탈 및 송수신 단말기의 경로 이탈에 대한 방안도 필요하다. 이는 앞서 설명한 대로 이동 단말기가 지속적으로 이동하기 때문이며, 대부분의 경우 단말기의 경로 이탈 후에 중간링크 끊어짐에 대한 오류 메시지 전송과 재라우팅을 위한 제어 메시지 전송 방식이 고려되고 있다. 하지만 일단 중간 링크의 끊어짐이 발생하게 되면 부분적이든 전체적이든 재라우팅이 불가피하며 재라우팅에 대한 지연과 지연발생으로 인한 트래픽의 추가적인 손실이 발생할 수 있다. 이는 취약한 무선 환경을 기반으로 통신을 수행하는 이동 단말기들의 추가적인 취약성을 제공하여 통화품질에 큰 영향을 미치게 된다. 따라서 본 논문에서는 단말기들 사이에 지정된 경로에서 단말기의 이동으로 인하여 중간링크의 끊어짐을 능동적으로 방지하기 위한 링크 핸드오버 방식을 제안한다. 링크 핸드오버 방식은 중간링크의 끊어짐을 방지하기 위해 사전에 다른 단말기와 새로운 링크연결을 통하여 경로연결의 끊어짐 없이 지속적으로 통신을 제공하는 방안이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존의 경로지정 방안에 대해 기술하며 3장에서는 본 논문에서 제안하는 링크 핸드오버 방식을 기술한다. 4장에서는 시뮬레이션 환경 설명 및 성능평가에 대해 설명하고, 끝으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. 기존 경로지정 방식

앞서 설명한 대로 Ad Hoc 망에서 경로지정 방식은 크게 table driven과 on-demand 방식으로 구분된다. Table driven 방식의 경우 DSDV (Destination Sequenced Distance Vector) [2], CSGR (Cluster Switch Gateway

Routing) [3] 등이 있으며, on-demand 방식에는 DSR (Dynamic Source Routing) [4], AODV (Ad Hoc On-Demand Distance Vector Routing) [5], TORA (Temporally Ordered Routing Algorithm) [6] 등이 있다. 또한 위의 두 가지 방식을 혼합한 ZRP (Zone Routing Protocol) [7]가 있다.

DSDV 방식은 Bellman-Ford 방식을 기반으로 이동 단말기가 전송 가능한 다른 단말기들의 위치 정보를 테이블에 저장해두는 전형적인 방법이며 CSGR은 특정 단말기들을 클러스터로 구성하여 라우팅을 하는 방안이다. 클러스터에는 클러스터 헤드와 게이트웨이 단말기를 두며 위치 정보관리에 대한 역할을 이 두 개의 단말기가 차지하게 되어 경로지정을 위한 제어정보의 발생 빈도를 줄이려하였다.

DSR은 경로지정 시에 일단 캐쉬정보에 수신 단말기 정보가 있을 경우 바로 연결을 시도하며 없을 경우 RREQ (Route Request) 메시지를 플래딩 시킴으로서 수신 단말기를 찾는 방안이다. AODV는 수신 단말기의 경로 정보를 일정 시간 동안 유지하다가 재차 통신요구가 발생하면 가지고 있는 경로 정보를 가지고 경로를 설정하고 없을 경우 DSR의 경우처럼 RREQ 메시지를 통한 경로 탐색 프로세스를 거치게 된다. ZRP의 경우 단말기를 중심으로 특정 지역 (zone) 내에서는 table driven 방식을, 지역 밖의 단말기와 통신을 위해선 on-demand 방식을 선택하는 하이브리드 방식이다.

Ad Hoc 망에서의 경로 구성에서 추가적인 고려사항은 이동 단말기의 전원용량이다. 기존의 이동 통신망에서 보다 단말기의 전원을 고려해야 하는 이유가 이동 단말기가 경로에 참여하기 때문이다. 전원용량을 기반으로 한 경로지정 방식은 기존의 방식에서 고려하지 못한 것이며 경로 구성 시에 중요하게 고려되어야 한다. 이동 단말기의 전원용량을 기반으로 경로를 지정하는 방안으로는 MRPC (Maximum Residual Packet Capacity)와

MTPR (Minimum Total Transmission Power Routing) 등이 있다 [8, 9]. MRPC는 경로지정 시에 단말기들의 남아있는 전원용량 정보를 기반으로 가장 용량이 많이 남아있는 경로를 선택하는 방식이다. 또한 MTPR은 전원용량이 가장 적게 드는 경로를 선택하는 방식이다.

Ad Hoc 망에서는 초기 지정된 경로가 통신이 끝날 때까지 유지 되지 못하는 것은 링크 끊어짐 현상이 빈번하기 때문이다. 기존 방식의 경우 중간 링크가 끊어질 경우 부분적 경로 재설정을 위한 프로세스를 가동하며, 만일 부분적인 경로 재설정이 여의치 않을 경우 전체적인 재라우팅을 실시한다. 하지만 이러한 방식의 경우 일단 링크 끊어짐이 발생한 후의 반응적인 방식이므로 경로 재설정에서 오는 지연을 막을 수 없다. 또한 통신상에서 지연이 발생하게 되면 통신상의 불안정으로 인하여 트래픽의 손실은 불가피하다. 따라서 링크의 끊어짐을 막는 것에 대한 방안이 제안되어야 한다.

[10]은 이러한 링크 끊어짐을 줄이기 위해 GPS 시스템을 이용하여 사전에 새로운 경로를 재설정하여 링크가 끊어지기 전에 새로운 경로를 배정하는 방안이다. [10]에서 링크의 끊어짐을 예측하기 위한 방식은 다음과 같다. GPS 시스템을 통한 두 개의 이동 단말기 i, j 의 위치좌표가 (x_i, y_i) 이며 (x_j, y_j) 이고 각각의 이동 속도가 v_i, v_j 임을 가정한다. 또한 두 단말기의 이동 방향이 θ_i 와 θ_j ($0 \leq \theta_i, \theta_j < 2\pi$) 일 경우 링크의 지속시간은 다음과 같다.

$$E_t = \frac{-(ab + cd) + \sqrt{(a^2 + c^2)r^2}}{a^2 + c^2} - \frac{(ad - bc)^2}{a^2 + c^2} \quad (1)$$

여기서 $a = v_i \cos \theta_i - v_j \cos \theta_j$, $b = x_i - x_j$, $c = v_i \sin \theta_i - v_j \sin \theta_j$ 와 $d = y_i - y_j$ 이다.

하지만 [10]의 경우 반드시 GPS 시스템의 위치좌표 정보가 이동단말기에 전달되어야 한다. 만일 GPS 위성시스템에 문제가 있거나 단말기가 GPS 정보를 받지 못할 경우 (페이딩 같은 현상이 발생)에는 사용하지 못하는 단점이 있다.

3. 링크 핸드오버 방식

핸드오버는 기존의 이동통신망에서 이동 단말기가 하나의 셀을 벗어나 인접 셀로 진입할 때 무선 링크의 연속성을 제공하기 위하여 이동망과 단말기가 실시하는 방안이다. 핸드오버를 제공하는 이유는 통신상에서 새로운 호에 대한 블로킹 보다 진행되고 있는 호에 대한 강제종료 혹은 블로킹이 이동망 서비스 제공에 보다 부정적이기 때문이다. 마찬가지로 Ad Hoc에서도 링크 끊어짐의 경우 재라우팅의 지연으로 인하여 문제가 발생하기 때문에 이에 대한 방안이 필요한 것이다. 경로 상의 링크 핸드오버를 실시하려면 두 가지를 고려하여야만 한다. 첫째 [10]에서와 같이 이동 단말기 이동으로 거리상으로 멀어지는 것에 대한 핸드오버 실시이며 두 번째는 이동 단말기의 전원용량이 핸드오버에 고려되어야 하는 것이다. 본 논문에서 제안하는 링크 핸드오버의 경우 이동 단말기의 이동 거리와 전원용량을 고려한다. 따라서 경로지정에 참여하는 특정 단말기가 경로를 이탈하여 그 거리가 멀어지거나 전원용량이 임의 레벨 이하로 떨어졌을 때에 더 이상 통신에 참여하지 않고 링크 핸드오버를 실시하는 것이다. 그러므로 링크 핸드오버 실시를 위해 거리적인 임계치 ($S_{threshold}$)와 전원용량의 임계치 ($P_{threshold}$)를 둔다. 이동 거리에 대한 측정은 지리적 정보에 의존하지 않고 단말기 쌍방간에 전달되는 전파신호의 세기를 측정하여 거리에 따른 수신신호의 세기를 판단하며, 전원용량의 측정은 단말기가 구동하는 오퍼레이션에 의해 소모되는 양에 대한 측정을 기반으로 한다. 이동 단

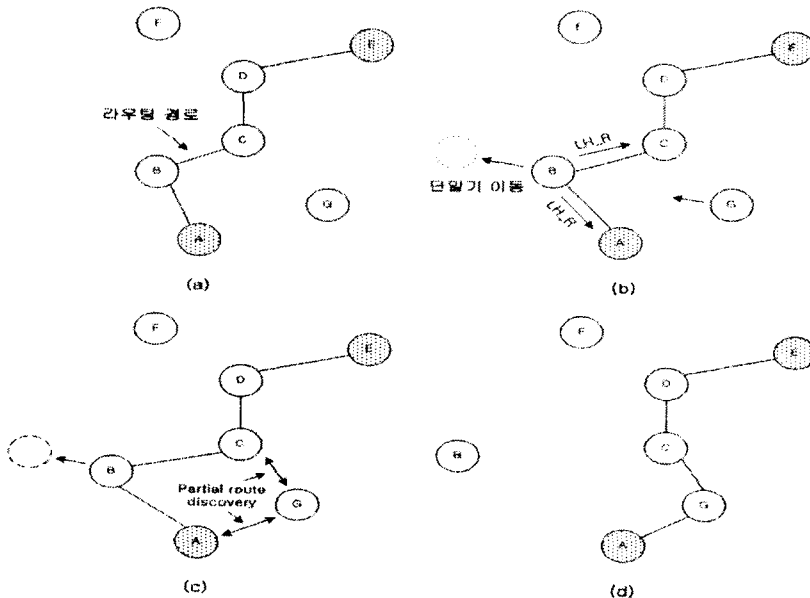
말기가 이동하거나 전원용량 임계치에 도달하여 링크 핸드오버를 가동시킬 경우 먼저 LH_R (Link Handover Request)을 주위 단말기들에 전달한다. LH_R 메시지를 받은 이웃 단말기들은 부분적 재라우팅 프로세스를 가동한다. 새로운 부분적인 재라우팅 프로세스는 기존의 방안을 사용할 수 있다. 만약 새로운 부분적 경로가 발견되었을 경우 새로운 경로를 이전 경로가 끊어지기 전에 가동한다. 새로운 부분적 경로가 정해지면 해당 사항을 송수신측에 전달한다. 만약 부분적인 경로가 발견되지 않을 경우 전체적인 재라우팅 가동을 위해 송수신측 단말기들에 알린다. 링크 핸드오버 가동을 위한 행위는 송신 단말기와 수신 단말기, 경로 상의 중간 단말기로 구분된다. 송수신 단말기가 이동으로 인하여 링크 핸드오버를 가동한다면 LH_R 메시지 전송없이 부분적 재라우팅 프로세스를 가동한다. 중간 단말기들은 위의 설명한 바와 같이 LH_R 메시지를 전송하고 ack 메시지를 받은 후에 부분적 재라우팅을 가동한다. 만약 송수신측 단말기의 전원이 임계치 이하로 얼마 남지 않았다면 이는 통신을 하는 주체에 대한 문제이기

때문에 통신 끊어짐은 불가피하다.

3.1. 전송 거리에 대한 임계치

이동 단말기 간의 거리가 멀어짐으로 링크가 끊어지는 것은 단순히 거리상의 차이로 인하여 발생하는 것이 아니고 거리 차이로 인하여 신호의 세기가 낮아지므로 링크가 끊어지게 되는 것이다. 이동 단말기 간의 거리차이로 인하여 수신강도가 신호 임계치에 도달하게 되면 경로 상에서 이탈하는 이동 단말기 사이에서 링크 핸드오버를 발생시킨다.

<그림 1>은 거리상의 차이로 발생하는 링크 핸드오버를 보이고 있다. <그림 1-(a)>는 정상적으로 송수신측이 이동 단말기 A와 수신측인 단말기 E 간의 경로가 설정된 것을 보이고 있다. 그림처럼 초기에 경로가 설정되었다 하더라도 경로 상의 단말기들은 끊임없이 움직인다. <그림 1-(b)>는 이동 단말기 B가 이동함에 따라 이웃하는 단말기 A와 단말기 C와의 수신 강도가 임계치 이하로 낮아져 단말기 A와 단말기 C에 링크 핸드오버를 위한 LH_R 메시지를 전송하는 것을 보이고 있다.



<그림 1> 거리에 따른 링크 핸드오버

<그림 1-(c)>에서는 단말기 A와 단말기 C가 partial route discovery 메시지 전송을 통하여 새로운 부분 경로를 탐색하여 단말기 G를 찾아 새로운 경로설정을 하는 것을 보이고 있다. <그림 1-(d)>는 링크 핸드오버가 완료되어 단말기 B가 경로에서 완전히 이탈하고 단말기 G가 새로운 경로 노드로 참여하는 것을 보이고 있다. 이동 단말기는 다른 이동 단말기와 통신을 하면서 항상 신호의 강도를 모니터링할 수 있다. [11]과 [12]는 두 이동 단말기 사이의 거리를 기반으로 수신하는 신호강도에 대해 RSSI (Received Signal Strength)로 나타내며 다음 수식으로 얻어진다.

$$RSSI(d, t)[dBm] = RSSI(d_0)[dBm] - 10n \log\left(\frac{D(d, t)}{d_0}\right) \quad (2)$$

여기서 $RSSI(d, t)$ 는 측정 시간 t 를 기반으로 거리 d 사이에서 수신하는 신호강도를 나타내며, $RSSI(d_0)$ 는 레퍼런스 거리에 기본 신호강도를 나타낸다. 또한 n 은 경로손실 파라미터이며 $D(d, t)$ 은 측정 시간 t 에 대한 측정거리이다.

신호의 감쇄는 거리 d 에 영향을 받으며 거리가 멀어짐에 따라 $RSSI$ 은 줄어들게 된다. 따라서 하나의 링크신호 범위는 다음과 같이 나타낸다.

$$RSSI(d_0)[dBm] - 10n \log \times \left(\sqrt{\frac{D^2(d, t) \ln(D^* A)}{\pi D^* d_0^2}} \right) \leq \quad (3)$$

$$RSSI(d, t) \leq RSSI(d_0)[dBm]$$

여기서 D^* 는 일정지역 안에서의 이동 단말기들의 밀도를 나타내며 A 는 일정지역의 면적,

$\sqrt{\frac{\ln(D^* A)}{\pi D^*}}$ 는 전송파라미터이다 [13, 14].

신호에 대한 임계치는 식 (3)에서의 $RSSI$ 범위 내에서 구하게 된다. 신호에 대한 임계치를 구하기 전에 먼저 메시지 전달에 대한 단말기 간의 메시지 전송시간을 구한다. 본 논문에서는 MAC 계층으로 IEEE 802.11을 가정한다. 따라서 만일 단말기의 메시지 전송을 위한 평균 시그널링 전송 시간 (T_{signal})은 다음과 같다.

$$T_{signal} = T_{trans} + P_{propa} + T_{DIFS} + CW^*$$

$$T_{trans} = T_{pream} + T_{PLCP} + T_{payload} \quad (4)$$

여기서 T_{trans} 는 메시지 전송시간 (message transmission time)이고 P_{propa} 는 메시지 전파 시간 (message propagation time), T_{DIFS} 는 MAC 프레임간의 시간 (distributed inter frame space time-DIFS)을 나타낸다. 그리고 CW^* 는 경쟁 지연시간 (contention delay time)을 나타내며 T_{pream} 는 물리적 프리앰블 지속시간 (physical preamble duration time)이다. 또한 T_{PLCP} 는 PLCP 헤더 지속 시간 (PLCP header duration time)이고 $T_{payload}$ 는 데이터부분 전송시간 (payload transmission time)이다. 따라서 n 만큼의 홉을 거쳐서 메시지를 전송하는 걸리는 시간은 다음과 같이 나타낸다.

$$M_{time} = 2 \sum_{i=0}^n T_{signal} \quad (5)$$

또한 Δt 에 대한 $\Delta RSSI$ 는 다음과 나타낸다.

$$\begin{aligned} \Delta RSSI(\Delta d, \Delta t) &= 10n\{\log[D(d_b, t)] \\ &\quad - \log[D(d_{t+\Delta t}, t + \Delta t)]\} \\ &= 10n \log \left\{ \frac{[D(d_b, t)]}{[D(d_{t+\Delta t}, t + \Delta t)]} \right\} \quad (6) \end{aligned}$$

임계치 시간 $t_{threshold}$ 을 구하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} t_{threshold} &= \\ &= \frac{\log \sqrt{d_{max}^2 \ln(D^* A)} - \log \sqrt{\pi D^* d_0^2}}{\log[D(d_b, t)] - \log[D(d_{t+\Delta t}, t + \Delta t)]} \\ &\quad - \sum_{signaln=1}^k T_{signaln} \quad (7) \end{aligned}$$

임계치 시간 $t_{threshold}$ 는 링크 핸드오버를 하는 데에 걸리는 시간을 나타낸다. 따라서 신호 임계치 $S_{threshold}$ 는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} S_{threshold} &\geq \\ &= 10n \log \sqrt{\frac{D^2(d, t_{threshold}) \ln(D^* A)}{\pi D^* d_0^2}} \quad (8) \end{aligned}$$

그러므로 $RSSI(d, t) \approx S_{threshold}$ 일 경우 이동 단말기는 링크 핸드오버를 실시하게 된다.

3.2. 전원 소모에 대한 임계치

이동 단말기는 휴대용 전원을 가지고 운영되기 때문에 전원사용에 대해 고려하여야 한다. 특히, Ad Hoc 망에서는 이동 단말기가 단순히 통신 호에 대한 전원소모뿐만 아니라 경로에 참여해야 하므로 전원소모가 보다 많이 일어난다. 또한 각각의 운영과 경로에 참여하는 데에 전원소모가 발생하기 때문에 각각의 이동 단말기가 서로 다른 전원소모를 보일 수 있다. 기존에 전원용량을 고려하여 경로지정

방식을 적용하더라도 시간과 운영에 따른 전원소모를 통하여 특정 단말기가 다른 단말기보다 먼저 꺼질 수 있는 가능성을 제시한다. <표 1>은 이동 단말기 운영에 따른 시간호름 속에서 전원소모에 대해 나타낸다.

<표 1> 상태 파라미터

파라미터	파라미터 설명
w	시간은 데이터의 송수신과 시그널링 교환을 하지 않은 휴지상태시간
λ	통신이 발생한 상태에서 데이터의 송수신이 없는 상태시간
δ	시그널링 시간
τ	데이터 수신 시간
ϵ	데이터 송신 시간

본 논문에서는 이동 단말기의 운영을 크게 5가지 transmit, silence, signaling, receive, idle으로 구분하며, <표 1>은 각 운영모드에 대한 사용 파라미터이다. 전원소모는 데이터 전송을 위한 transmission 시에 가장 많이 소모된다. 따라서 전원용량이 임계치 $P_{threshold}$ 이하로 내려가면 해당 단말기는 링크 핸드오버를 실시한다. 그러므로 이동 단말기에 대한 전체 전원 사용량은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} T_{power} &= Idle_{power-cost} + Silence_{power-cost} \\ &\quad + Signaling_{power-cost} + Receive_{power-cost} \\ &\quad + transmit_{power-cost} \quad (9) \end{aligned}$$

그러므로 이동 단말기는 $T_{power} \geq P_{threshold}$ 인 동안에 무선 환경에서 정상적인 운영을 지속할 수 있다.

4. 시뮬레이션 환경 및 결과

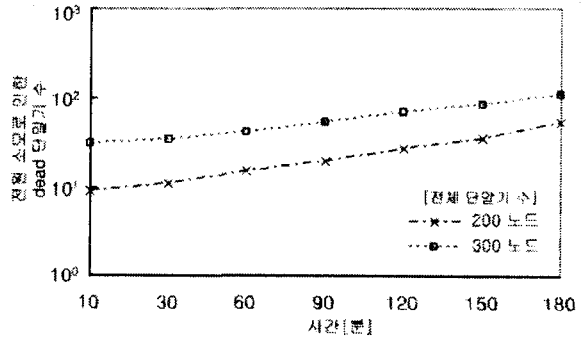
시뮬레이션 전체면적 A 에서 Ad Hoc 이동 단말기는 2차원 포아송 프로세스에 의해 발생된다. 본 논문에서는 채널 점유에 대한 MAC 프로토콜로 IEEE 802.11로 하며 전송율은 2 Mbps로 가정한다. 또한 IEEE 802.11 구현시스템으로 2.4 GHz WaveLAN 시스템을 가정한다. 제안한 알고리즘을 평가하기 위하여 기본적인 경로지정방식으로 AODV로 하였다. 단말기의 이동은 랜덤 이동을 가정하였으며 이동속도는 고정되어 있다고 가정한다. <표 2>는 시뮬레이션 파라미터를 나타내고 있다. 또한 단말기의 이동의 임의성을 높이기 위하여 이동과 정지를 반복할 수 있도록 하였다. 이동 단말기는 앞서 설명한 바와 같이 경로 참여시에 경로를 이탈하거나 전원소모가 다되어 임계치 [시그널 $RSSI(d, t) \approx S_{threshold}$ 혹은

<표 2> 시뮬레이션 파라미터

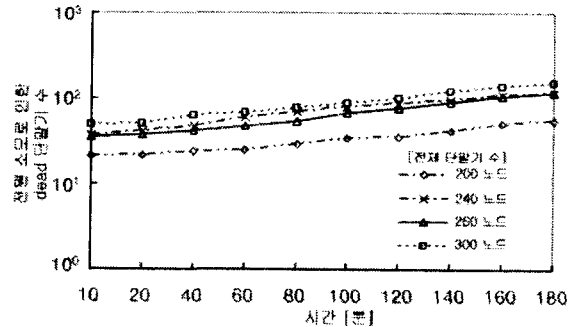
802.11 MAC 파라미터	시그널 파라미터	전원 파라미터
T_{power}	144 μ s	$RSSI(d_0)$ [65-75]
T_{PLCP}	48 μ s	d_0 1m
T_{upload}	데이터/전송율	n 1.762.76
P_{wps}	0.12ms	D^* [0.2-0.3]
T_{DFS}	50 μ s	A 1000m \times 1000m
CW	min=32,max=1024	방향 [0,2 π]
$Slot\ Time$	20 μ s	

전원소모 $T_{power} \approx P_{threshold}$]에 이르렀을 때에 링크 핸드오버를 가동한다. 식 (7)과 (9)를 통하여 임계치 $S_{threshold}$ 와 $P_{threshold}$ 를 각각 얻을 수 있다. 전체 시뮬레이션 시간은 3시간이며 하나의 단말기에 대한 전원용량은 연속적인 데이터 전송시간 ($transmit|\epsilon$) 30분 이하로 한다. <그림 2>와 <그림 3>은 시뮬레이션 시간이 흘러감에 따라 전원소모가 다 되어 정지되는 이동 단말기의 수를 보이고 있다. 이동 단말기가 연결을 시도하여 통신연결이 성공적

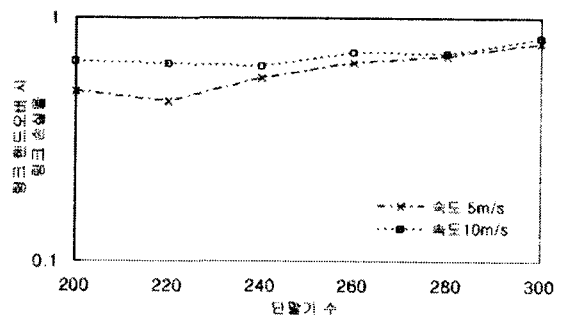
으로 이루어지면 평균 240초의 통신시간을 할당한다. 또한 <그림 3>의 경우 이동 단말기의 이동 속도는 5m/s이다. 이동 단말기들은 이동이 심할 경우에 혹은 단말기의 수가 더 많을 경우에 비율적으로 더 많은 dead 단말기 수를 보이고 있다.



<그림 2> 시간흐름에 따라 전원 소모로 인한 dead 단말기 수 (정지된 단말기)



<그림 3> 시간 흐름에 따라 전원 소모로 인한 dead 단말기 수 (이동 단말기)



<그림 4> 링크 손실율

이러한 이동성과 단말기의 수에 의해 결과적으로 링크 핸드오버에 영향을 미치는 것이다. <그림 4>는 단말기들의 속도가 $5m/s$, $10m/s$ 일 경우에 발생하는 링크 핸드오버에 대한 링크 손실율을 보이고 있다. 링크 핸드오버 시에 링크 손실이 발생하는 것은 partial route discovery 메시지를 통하여 새로운 부분 경로를 찾는데 실패하였을 경우와 시뮬레이션 시간의 흐름에 따른 dead 노드의 증가로 인하여 경로를 찾는 확률이 낮아지기 때문이다. 또한 그림에서 보면 단말기가 $5m/s$ 와 $10m/s$ 로 이동시 단말기 수가 240일 경우에 링크 손실율이 낮아지는 것을 보이고 있는데 이는 단말기의 랜덤 이동과 중간 노드의 파워소모에 따른 일시적으로 성능의 변화가 온 것이다. 따라서 전체적으로 링크 핸드오버에 대한 링크 손실율은 단말기 수가 증가할수록 그리고 단말기의 속도가 증가할수록 증가하는 것이다. <그림 4>를 통하여 언급하고자 하는 것은 만약 링크 핸드오버와 같은 선수적인 링크관리 방안이 사용되지 않는다면 링크 손실율은 1이 된다는 것이다. 그러므로 시뮬레이션 결과를 통하여 보듯이 최소 20% 이상의 성능향상을 얻을 수 있는 것이다.

5. 결론

Ad Hoc 망에서는 자유로이 이동하는 단말기들로 인하여 통신을 위한 경로변경이 불가피하다. 경로의 변경은 부분적인 경로변경을 적용하더라도 지연이 발생하며 이러한 지연은 트래픽 손실을 통한 전체적인 통신 품질에 지대한 영향을 미칠 수 있다. 따라서 경로 상의 일부 링크가 끊어지기 전에 새로운 링크연결을 통하여 지연을 방지할 수 있다. 본 논문에서는 링크 끊어짐을 방지하기 위하여 링크 핸드오버 방식을 제안하였다. 제안된 링크 핸드오버 방식은 이동 단말기가 경로를 이탈할 경우 혹은 전원이 다 되어 더 이상 통신이 힘들 경우에

사전에 자신이 가지고 있는 링크를 다른 단말기에 넘기는 것이다. 본 논문에서는 거리상의 임계치와 전원소모에 대한 임계치를 두어 핸드오버를 실시하는 것으로 하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 링크 핸드오버 방안을 통한 링크 생존성의 성능향상을 보였다. 또한 본 논문에서 제안한 링크 핸드오버 방식의 경우 기존의 GPS 시스템 없이 시스템 운영에서 보다 쉽게 측정할 수 있는 신호수신 강도와 잔여 전원량 등을 통하여 핸드오버를 가동시킬 수 있다. 신호수신 강도의 문제는 기존의 이동 통신망에서도 이동 단말기가 이동으로 인하여 자신의 기지국으로부터 멀어지면 신호수신 강도가 약해져 다음 기지국으로 핸드오버를 실시하는 것과 같으므로 Ad Hoc 망에서도 적용될 수 있으며 전원사용에 대한 것은 자가적으로 전원측정이 가능하므로 또한 적용 가능성이 있다.

참고문헌

- [1] C.K. Toh, "Ad Hoc Mobile Wireless Networks", Prentice Hall, 2002.
- [2] C. Perkins and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," ACM SIGCOMM' 94, pp.234-244, Sep. 1994.
- [3] C-C. Chiang, H-K. Wu, W. Liu and M. Gerla, "Routing in Clustered Multihop Mobile Wireless Networks with Fading Channel," IEEE SICN'97, pp.197-211, Apr. 1997.
- [4] C. Perkins, "Ad Hoc Networks", Addison Wesley, 2001.
- [5] C. Perkins, "Ad-Hoc On-Demand Distance Vector Routing," MILCOM'97 panel on Ad-Hoc Networks, Nov. 1997.
- [6] Park, V.D and Corson, M.S., "A Highly Adaptive Distributed Routing Algorithm for Mobile Wireless Networks," IEEE

- INFOCOM'97, pp.1405-1413, Apr. 1997.
- [7] Hass Z.J. and Pearlman M.R., "The Performance of Query Control Schemes for the Zone Routing Protocol," ACM SIGCOMM'98, pp.167-177, Sep. 1998
- [8] C-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks," IEEE Communication Magazine, vol.39, no.6, pp.138-147, June 2001.
- [9] A. Misra and S. Banerjee, "MRPC: Maximizing Network Lifetime for Reliable Routing in Wireless Environment," IEEE WCNC'02, pp.800-806, Mar. 2002.
- [10] W. SU, S.J. Lee and M. Gerla, "Mobility Prediction and Routing in Ad Hoc Wireless Networks," International Journal of Network Management, vol.11, no.1, Jan. 2001.
- [11] S.Y. Seidel and T.S. Rappaport, "914 MHz Path Loss Prediction Models for Indoor Wireless Communications in Multifloored Building," IEEE. Trans. on Antennas and Propagation, vol.40, no.2, Feb. 1992.
- [12] P. Bahl and V.N. Padmanadhan, "RADAR: An In-Building RF-based User Location and Tracking Systems," IEEE INFOCOM'00, pp.775-784, Mar. 2000.
- [13] T.K. Philips, S.S. Panwar and A.N. Tantawi, "Connectivity Properties of a Packet Radio Network Model," IEEE Trans. on Information Theory, vol.35, no.5, Sep. 1989.
- [14] A. Tang, C. Florens and S.H. Low, "An Empirical Study on the Connectivity of Ad Hoc Networks," IEEE Aerospace'03, pp.1333-1338, Mar. 2003.

주 작 성 자 : 박 상 준

논문 투고일 : 2004. 01. 16

논문 심사일 : 2004. 04. 26(1차), 2004. 05. 17(2차),
2004. 05. 24(3차)

심사판정일 : 2004. 06. 01

● 저자소개 ●

**박상준**

1996년 동국대학교 전자계산학과 학사

1998년 숭실대학교 컴퓨터학과 석사

2002년 숭실대학교 컴퓨터학과 박사

2000년 ~ 2002년 한국정보보호진흥원 시스템기술팀 연구원

2002년 ~ 2003년 런던대 ISG 박사후과정

2003년 ~ 현재 숭실대학교 정보미디어기술연구소 전임연구원

연구분야: 4세대 이동통신, Ad hoc 네트워크, 생존성기반 네트워크 시스템

**김형종**

1996년 성균관대학교 정보공학과 학사

1998년 성균관대학교 정보공학과 석사

2001년 성균관대학교 전기전자 및 컴퓨터공학 박사

2001년~ 현재 한국정보보호진흥원 기반시설보호단 선임연구원

연구분야 : 취약성분석, 네트워크보안, 침입감내, 지식기반시물레이션 방법론, Ad hoc 네트워크