

Global Mobile Ad Hoc Network에서 다중경로를 이용한 네트워크 성능향상에 관한 연구

A Study on Network Performance Improvement Using Multipath in Global Mobile Ad Hoc Network

Jae-Ho Kim^{*}, Jin-Seung Bae^{*}, Chan-Hyuk Jung^{*}, Ki-Won Lee^{*}, Tae-Soo Moon^{*}
Jae-Seung Ha^{*}, Choong-Yeul You^{*}, Kwang-Bae Lee^{*}, Hyun-Wook Kim^{*}
김재호^{*}, 배진승^{*}, 정찬혁^{*}, 이기원^{*}, 문태수^{*},
하재승^{*}, 유충렬^{*}, 김현욱^{*}, 이광배^{*}

Abstract

With the advent of Ubiquitous environment, wired-wireless combination network is being studied very actively in which mobile nodes having multi-hop communication capability connect wired internet network easily, and shares the information. The study of wired and wireless combination network between MANET(Mobile Ad Hoc Network) and wired network is being focused only on the configuration of heterogeneous network interface. The proposed algorithm establishes independent multi-paths between source node and destination node to prevent data loss when errors happen in route. As the result, it shows that the reliability of the combination network can be improved by making data transmit continuously on the route error.

요약

유비쿼터스 환경의 출현에 따라 멀티 홉 통신이 탑재된 이동 단말기로 쉽게 유선 인터넷망에 접속하여 시스템을 제어하거나 정보를 공유하는 유·무선 통합망 연구가 활발히 진행 중이다. 현재 이동 Ad Hoc 네트워크와 유선망을 연결한 기존 유·무선 통합망에서는 게이트웨이를 이용한 이기종 네트워크 인터페이스 설정과 관련된 연구만 이루어지고 있는 실정이다. 제안한 알고리즘은 경로 상에서 에러 발생 시 데이터 손실을 막기 위해 송신단말기와 목적지 단말기 사이에 독립적인 다중경로를 설정하였다. 그 결과, 경로 에러 시 지속적으로 데이터를 전송하게 함으로써 네트워크의 신뢰성을 향상시킬 수 있었다.

Key words : MANET, GMAHN, Global-MANET, Ad Hoc

I. 서론

^{*} 明知大學校 電子工學科
(Dept. of Electronics Engineering, MyongJi University)

接受日:2008年 1月 28日, 修正完了日: 2008年 3月 5日

※ 명지대학교 산업기술연구소 지원하에 수행된 연구임.

최근 휴대폰과 PDA 등 무선 단말기의 급속한 보급과 무선통신 기술의 발달로 무선 단말기간의 통신과 유선망과의 연결에 대한 중요성이 부각되고 있다. 또 한 유비쿼터스 환경에 맞맞추어 이동 단말기로 특정

시스템을 제어하고 정보를 공유하기 위해서는 유·무선 통합망의 구성과 관리가 중요하다.

무선 네트워크는 구성형태에 따라 두 가지로 구분할 수 있는데, 유선망 환경에 기반을 두고 AP(Access Point)나 기지국을 통해 이동 단말기를 연결하는 Infrastructured 네트워크와 이동 단말기만으로 구성된 Infrastructureless 네트워크로 나눌 수 있다.

Infrastructureless네트워크는 MANET(Mobile Ad Hoc Network)이라고 하며, 산악 지역이나 재난, 전쟁 등 유선 기간망이 구축되지 못한 환경에서 이동 단말기간의 송수신뿐만 아니라, 자체 내의 라우팅(Routing) 기능을 수행하여 통신할 수 있는 자치분산 네트워크이다.[1]

기존 MANET은 긴급 상황 시에 신속히 네트워크를 구성하고 통신을 하기위해 연구되었으나, 최근에는 언제, 어디서든 빠르고 정확하게 정보를 공유하기 위함이 더 큰 목적이 되었다. 따라서 MANET과 무한한 정보를 담고 있는 유선 인터넷망과의 연결을 위해서 다양한 연구가 진행 중이다.

지역경로복구 기법은 송신단말기로 에러정보를 보냄으로써 발생하는 라우팅 오버헤드를 줄일 수 있지만, 그 방법은 지역경로 복구 시 데이터를 단절 상위단말기 버퍼에 저장하고 경로가 설정되면 데이터를 송신하기 때문에 데이터 수신율의 감소와 데이터 전송시간이 늘어나는 단점이 있다.

본 논문에서는 자치분산네트워크인 MANET과 기존의 유선 인터넷 기간망을 연결한 GMAHN(Global Mobile Ad Hoc Network) 환경에서, 경로단절 시 지속적으로 데이터를 전송하기위해 지역경로복구 기법에 다중경로(Multi-PATH) 알고리즘을 적용하였다.

제한한 알고리즘의 성능평가를 위해 단말기 이동속도, 게이트웨이 네트워크 관리영역, 게이트웨이 Advertisement 메시지 주기, 데이터 Flow 수 등 4가지 실험관점을 통해 기존 GMAHN 환경에서의 지역경로복구 기법과 다중경로 알고리즘을 적용하였을 경우를 비교, 분석하였다.

본 논문의 2장은 Ad Hoc과 유선망을 연결한 유무선 통합환경과 지역경로복구 기법에 대해 설명하였고, 3장은 제안한 알고리즘에 대해 설명하였다. 4장과 5장에서는 제안한 알고리즘을 다양한 실험환경에 적용하여 분석 및 평가 하였다. 마지막으로 6장에서는 본 논문에서 분석 및 평가된 자료를 근거로 종합하여 결론을 맺는다.

II. 유무선 통합환경

2.1 GMAHN

MANET은 언제, 어디서든 빠르고 쉽게 망을 구성하고 데이터를 송·수신할 수 있기 때문에 최근에는 유비쿼터스 시대에 맞춰 MANET을 유선 인터넷 망이나 홈 네트워크에 연결하여 정보를 주고받을 수 있도록 하는 광범위한 통합 환경을 구축하는 연구가 활발히 진행 중이다.[2]

MANET과 유선망을 연결한 유·무선 통합망을 GMAHN (Global Mobile Ad Hoc Network)이라고 부른다.

그림 1은 GMAHN의 구조를 나타내고 있다.

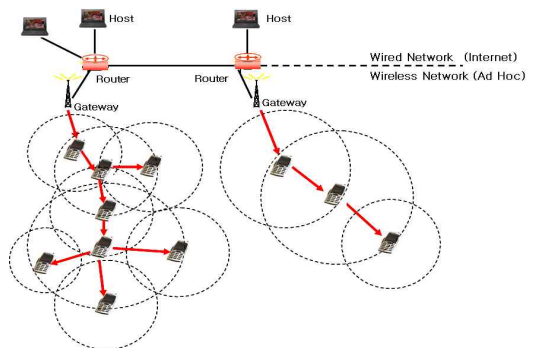


Figure 1. The connection of MANET and Wired Network
그림 1. MANET과 유선망의 연결

그림 1에서와 같이 MANET은 유선망의 게이트웨이(GW)와 연결되며, GW는 MANET상에서 하나의 이동 단말기로 인식된다.

2.2 GW 연결방식

GMAHN에서는 유선망과 MANET의 이기종망간의 연결을 위해서 인터페이스 역할을 하는 GW의 역할이 가장 중요하며, GW와 무선 이동 단말기들과의 망접속방식은 Proactive, Reactive, Hybrid 방식으로 나눌 수 있다[3,4].

2.2.1 Proactive 방식

Proactive 방식은 GW가 자신의 관리반경안의 이동 단말기들에게 자신의 존재를 알리는 메시지 패킷인

GA (Gateway Advertisement) 메시지를 주기적으로 전송한다. 이 메시지를 받은 이동 단말기는 라우팅 테이블의 GW 정보를 업데이트하고, GA 메시지의 설정된 홉 수만큼 이웃 단말기에게 포워딩한다. 이 방식은 경로를 미리 설정할 수 있기 때문에 데이터를 신속하게 전송할 수 있지만 네트워크 부하가 많이 발생하는 단점이 있다.

2.2.2 Reactive 방식

Reactive 방식은 MANET의 On-demand 방식과 같으며, 데이터 전송이 필요한 경우에 경로를 설정한다. 데이터 전송이 필요한 단말기나 GW에서 RREQ패킷을 이웃 단말기에게 전송하면 이를 받은 단말기에서 목적지까지의 주소를 알지 못하면 라우팅 테이블 주소를 업데이트하고 이웃 단말기에게 포워딩한다. 만약 목적지 주소를 알고 있거나 자신이 목적지이면 라우팅 테이블을 업데이트하고 응답패킷인 RREP 패킷을 생성하여 생성된 경로를 통해 유니캐스트 방식으로 전송한다. 최종적으로 RREP 패킷을 받은 송신 측에서 생성된 경로를 통해 데이터를 전송하게 된다.

이 방식은 네트워크 부하는 적게 발생하지만, 데이터를 전송하기 전 경로를 설정하기 때문에 지연 시간이 발생한다.

2.2.3 Hybrid 방식

Hybrid 방식은 위 두 방식을 혼합한 것으로, GW에서는 Proactive 방식보다 적은 홉 수의 관리반경을 가지고 이동 단말기를 관리하며, 관리반경 밖의 단말기에서는 데이터 송·수신이 필요할 때에만 Reactive 방식으로 경로를 설정한다.

2.3 지역경로복구

이동 단말기의 특성상 수시로 위치가 변화하기 때문에 경로를 설정하여 데이터를 전송하는 도중에 단말기의 이동 또는 배터리 소모로 인한 경로 단절이 빈번하게 발생한다.

이동 단말기들은 Hello 메시지를 이웃 단말기들에게 전송하고 수신함으로써 경로가 유효한지 확인하는데, 만약 경로가 단절된 경우, 단절된 상위 단말기에서는 RERR 패킷을 생성하여 송신측으로 보내고 새로 경로를 설정하는 과정을 거친다.

지역경로복구기법(Local repair)은 단절 상위 단말기에서 경로 단절을 감지하면, 지역경로복구가 가능한

위치인지 확인하고 경로를 복구한다. 이때 RERR 패킷을 생성하지 않고 송신 단말기의 역할을 대신하여 RREQ 패킷을 생성, 이웃 단말기에게 전송한다.

지역경로복구가 가능한 범위는 단절 상위단말기의 위치가 송신측보다 수신측에 가까운 경우이다. (즉 Forward hops > Reverse hops)

Forward hops는 송신측에서 단절 상위단말기까지의 홉 수이고, Reverse hops는 단절 상위단말기에서 수신측까지의 홉 수이다.[5]

그림 2는 지역경로복구를 이용하여 경로를 재설정하는 과정을 나타낸 것이다.

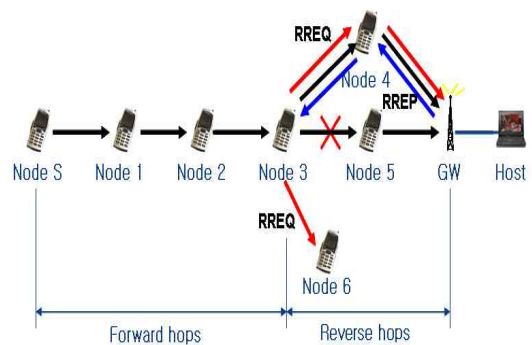


Figure 2. Route resetup process using Local repair

그림 2. MANET과 유선망의 연결

노드(단말기)5의 이동으로 경로가 단절되면 단절 상위노드인 노드3에서는 지역경로복구 알고리즘을 수행하여 경로를 재설정한다. 그림에서는 노드4를 이용한 경로를 설정하여 데이터를 전송하고 있다.

지역경로복구 기법은 경로를 신속하게 복구하고 네트워크 부하를 줄일 수 있지만, 경로를 재설정하고 데이터를 전송하기 전에 단절 상위단말기의 버퍼에 데이터를 저장하기 때문에, 지연 시간이 오랫동안 발생하거나 버퍼의 크기가 작으면 데이터 손실이 발생할 수 있다. 또한 하나의 단말기에서 다수의 데이터 Flow를 처리할 경우에는 데이터 손실이 쉽게 발생하여 데이터 수신율이 감소하고 네트워크 성능이 저하되는 단점을 가지고 있다.

III. 제안한 다중경로 알고리즘

본 장에서는 지역경로복구 기법의 단점을 보완하고

네트워크 성능을 향상시킬 수 있는 다중경로 알고리즘을 제시한다.

3.1 패킷필드

다중경로 알고리즘에서는 RREQ, RREP 패킷에 다중경로 설정을 위한 RFH(Route First Hop), NH(Neighbor hop) 필드를 추가한다. RFH는 송신단 말기에서 전송한 RREQ 패킷을 최초로 받은 중간단 말기의 고유 주소값이며, NH는 RREQ 패킷을 전달한 중간단 말기의 고유 주소값이다. 노드들은 RFH와 NH 필드를 확인하여 경로의 중복여부를 검사하고 다중경로를 설정한다.

3.2 다중경로 설정

다중 경로를 설정하기 위해서 단말기에서는 경로테이블(PATH Table)을 설정한다. 송신단말기에서 목적지로 경로설정을 할 때, 우선 각각의 단말기는 경로 설정 시 라우팅 테이블 및 이웃단말기 테이블 외에 경로테이블을 생성한다.

송신 단말기로부터 RREQ 패킷을 받은 중간단말기는 역방향 경로테이블에 RFH와 NH값을 저장하여 역방향 경로를 설정한다.

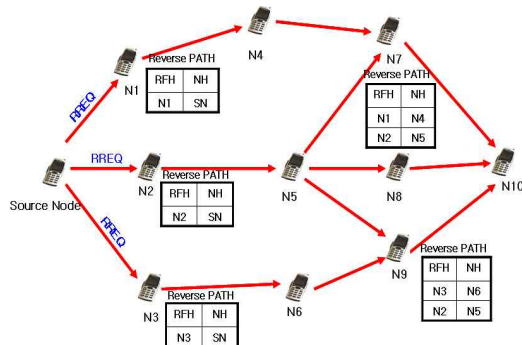


Figure 3. Reverse Multi-PATH setup using PATH table
그림 3. 경로테이블을 이용한 역방향 다중경로 설정

그림 3과 같이 N1~N3은 송신 단말기로부터 RREQ 패킷을 수신한 뒤 경로테이블에 RFH와 NH를 저장하여 역방향 경로를 설정한다. N7의 경우는 N4와 N5에서 RREQ 패킷을 받기 때문에 두 개의 경로를 저장하게 되며, 목적지인 N10에서는 3개의 경로를 설정한다.

RREQ 패킷을 받은 목적지 단말기에서는 그림 4와 같이 응답패킷인 RREP 패킷을 생성하여 각각의 경로로 전달한다. 이때 RREP 패킷에도 RFH와 NH 정보를 저장하기 때문에, RREP를 수신한 중간단말기는 경로테이블에 순방향 경로를 저장하고 RREQ 패킷을 보낸 단말기에게 전달한다.

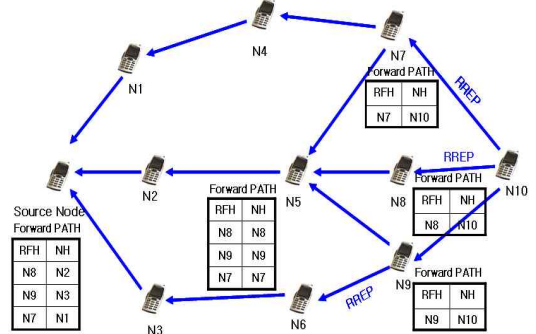


Figure 4. Forward Multi-PATH setup using PATH table
그림 4. 경로테이블을 이용한 순방향 다중경로 설정

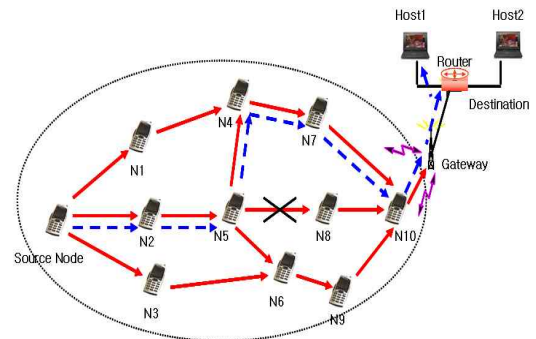


Figure 5. The procedure of Multi-PATH setup to GMAHN
그림 5. GMAHN에서의 다중경로 설정과정

그림 5에서와 같이 GMAHN 환경에서 송신 단말기가 유선망 호스트로 데이터를 전송하기 위해서 다중경로를 설정하였을 경우, 최초로 설정된 경로인 N2-N5-N8-N10-GW를 통해서 데이터를 전송하게 된다. 만약 N8이 이동하여 경로가 단절된 경우, N5에서는 두 번째로 생성된 다중경로인 N4-N7-N10-GW를 통해 신속하게 데이터를 보냄으로써 데이터 패킷의 손실을 최소화하고 데이터 수신율을 높일 수 있다.

IV. 시뮬레이션 환경

본 논문에서 사용한 시뮬레이션 툴은 버클리 대학에서 개발한 분산 객체 네트워크 시뮬레이터인 NS-2(Network Simulator)를 사용하였고, 시뮬레이션 실험환경과 파라미터는 표1, 표2와 같다.[6]

Table 1. Simulation Environment

표 1. 시뮬레이션 실험환경

Hardware		Pentium4 1.7GHz CPU
O/S		WOW Linux 7.1
Software	Simulator	NS-v2.1b9a
	Language	C++, Tcl

Table 2. Simulation Parameter

표 2. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Topology size	800m×500m
Simulation time	900s
Tansmission range	250m
Number of mobile nodes	15
Number of Hosts	2
Number of gateways	2
Number of sources[Flows]	5
Traffic type	CBR
Packet size	512 bytes
Packet rate	4 packet/s
Maximum speed	10m/s
Node Pause time	0s
Gateway Advertisement Message Interval	3s
Gateway Network hop	3 hop
Gateway connection	Hybrid

전체 시뮬레이션 환경은 800×500m이고 전송범위가 250m인 이동단말기 15개와 유·무선망을 연결해주는 Gateway와 Host는 각각 2개씩 설정하였다. Gateway에서는 Hybrid 방식으로 최대 3홉까지 게이트웨이 네

트워크 관리환경 내의 단말기를 관리하며, Gateway Advertisement 메시지는 3초마다 단말기에게 전송된다. 동시에 송·수신하는 데이터 흐름인 Flow 수는 5개이며, 각 Flow당 초당 512bytes의 데이터 패킷 4개를 일정하게 전송하는 CBR 패킷을 사용하였다. 각 단말기는 시뮬레이션이 시작되면 정지없이 최대 10m/s의 속도로 지속적으로 이동하며, 900초 동안 시뮬레이션이 실시된다.

V. 시뮬레이션 결과분석

지역경로복구 기법을 적용한 GMAHN 환경에서 다중경로를 설정하여 단말기의 이동속도, 데이터 Flow 수, Gateway 관리환경범위, Gateway Advertisement 메시지 주기를 변화시키면서 데이터 수신율과 네트워크 부하를 측정하였다.

5.1 단말기 이동속도

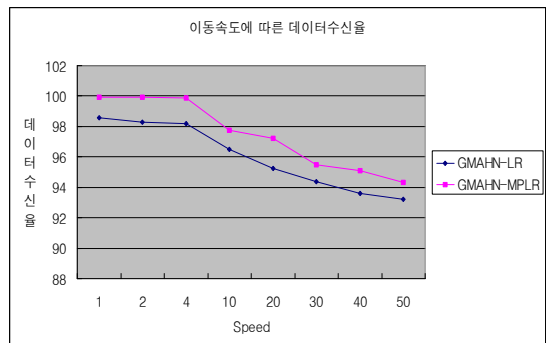


Figure 6. Data reception rate according to node speed
 그림 6. 단말기 이동속도에 따른 데이터 수신율

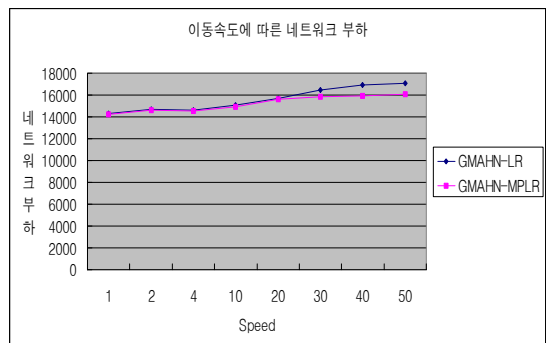


Figure 7. Network overhead according to node speed
 그림 7. 단말기 이동속도에 따른 네트워크 부하

이동 단말기는 수시로 위치가 변하기 때문에 이로 인해 GMAHN에서의 토폴로지를 변화시키고, 경로가 쉽게 단절되는 원인이 된다.

그림 6과 7은 단말기 이동속도에 따른 데이터 수신율과 네트워크 부하를 나타낸 그림이다. 이동속도가 증가하면 토폴로지가 더 빨리 변화되고 경로도 쉽게 단절되므로, 이로 인해 데이터 수신율이 감소하고 경로 재설정 패킷으로 인한 네트워크 부하가 증가한다.

GMAHN-LR은 기존 지역복구기법만 적용한 알고리즘이고, GMAHN-MPLR은 다중경로기법을 추가한 알고리즘이다. 데이터 수신율에서는 기존 알고리즘보다 약 1.1~2.2%향상, 네트워크부하는 0.4~6%정도 감소됨을 알 수 있다.

5.2 데이터 Flow 수

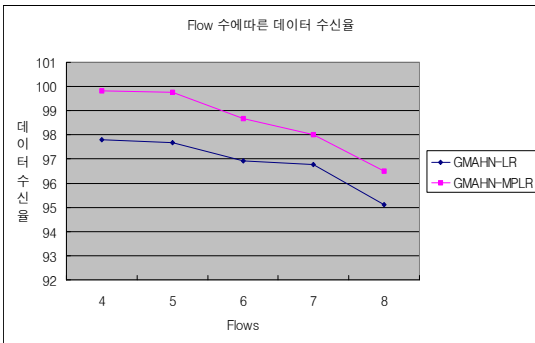


Figure 8. Data reception rate according to the number of data flows

그림 8. 데이터 Flow 수에 따른 데이터 수신율

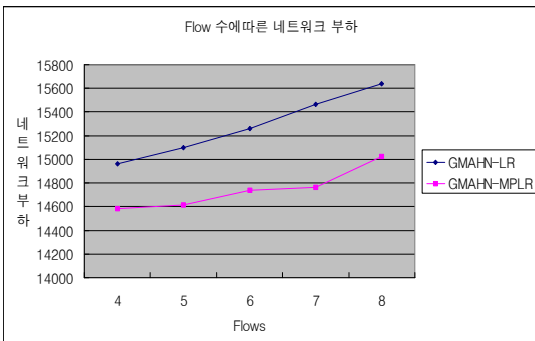


Figure 9. Network overhead according to the number of data flows

그림 9. 데이터 Flow 수에 따른 네트워크 부하

데이터 Flow는 송신측에서 수신측으로 데이터를 전송하는 일련의 흐름을 의미하며, Flow 수가 많을수록 동시에 발생하는 데이터 전송이 많기 때문에 네트워크 부하가 많이 발생한다. (그림 9) 또한 데이터 Flow가 하나의 단말기에서 중복되어 전송될 수 있기 때문에 단말기 개별 성능에 따라 데이터 손실이 발생하게 되고 한정된 대역폭에서 각각의 데이터 Flow가 경쟁하기 때문에 데이터 수신율은 급속하게 감소됨을 알 수 있다.

두 알고리즘을 비교하면 GMAHN-MPLR의 데이터 수신율은 약 1.3~2%정도 향상되고, 네트워크 부하는 2.5~4% 감소한다. 이는 각 Flow에서 경로가 단절되거나 경로에러가 발생하였을 경우, 지역경로복구 과정을 수행하지 않고, 다중경로를 통해서 데이터를 보내기 때문이다.

5.3 Gateway 네트워크 관리범위

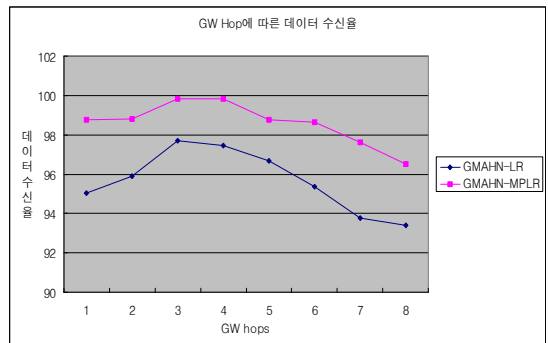


Figure 10. Data reception rate according to GW hops

그림 10. GW hop에 따른 데이터 수신율

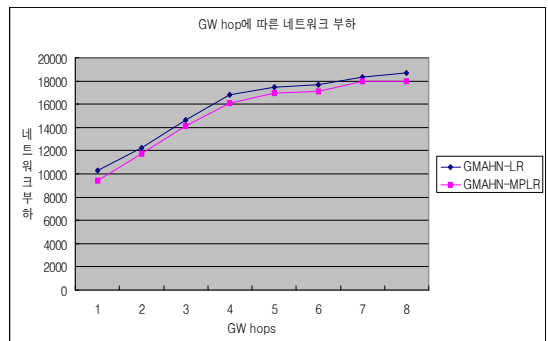


Figure 11. Network overhead according to GW hops

그림 11. GW hop에 따른 네트워크 부하

Gateway는 유선망과 무선망을 연결하는 중요한 역할을 수행하며, 본 논문에서 설정한 방식은 Hybrid로 일정범위까지는 GW가 직접 관리하고 그 이외 범위는 데이터 전송이 필요할 때 경로를 설정한다. 그림 10과 11은 GW의 홉 수를 변화시킴으로써 데이터 수신율과 네트워크 부하를 비교하였다.

그림 10에서 두 알고리즘 모두 3~4홉일 때 데이터 수신율이 가장 높음을 알 수 있다. 이는 홉 수가 3~4 홉일 때 가장 효율적으로 네트워크를 관리하지만 홉 수가 증가하면 네트워크 부하도 증가하여 데이터 수신율을 감소시키는 원인이 되기 때문이다.

기존 알고리즘과 비교해보면, GMAHN-MPLR의 데이터 수신율은 약 2.2~3.7% 향상되고, 네트워크 부하는 4~8% 감소됨을 알 수 있다.

5.4 Gateway Advertisement 메시지 주기

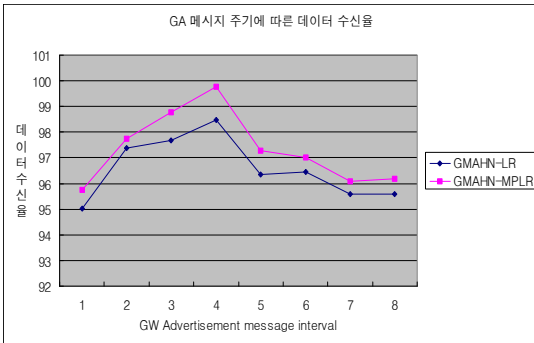


Figure 12. Data reception rate according to GA interval
 그림 12. GA interval에 따른 데이터 수신율

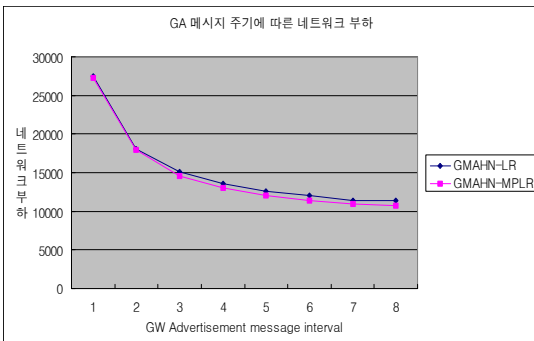


Figure 13. Network overhead according to GA interval
 그림 13. GA interval에 따른 네트워크 부하

Gateway Advertisement(GA) 메시지는 GW에서 네트워크를 관리하기 위한 제어메시지로 GW의 주소값을 저장하여 관리영역 안의 단말기들에게 전송한다. 이 메시지를 받은 단말기는 GW의 위치정보를 저장하고, 홉 수만큼 이웃 단말기에게 전달한다.

그림 12, 13과 같이 GA 메시지의 주기가 3~4초일 경우 데이터 수신율이 가장 높음을 알 수 있다. 이는 GA 메시지 주기가 짧으면 불필요한 정보를 자주 보냄으로써 네트워크 부하를 증가시키고, 데이터 전송에 영향을 주어 수신율이 감소되며, 반대로 주기가 길어지면 네트워크 부하는 줄어들지만, GW 정보를 신속하게 업데이트 하지 못하기 때문에 데이터 전송시 경로단절 혹은 시간지연으로 데이터 수신율이 감소하게 된다.

GMAHN-MPLR이 약 2.9~3.6% 높은 데이터 수신율과 0.7~5.4% 적은 네트워크 부하를 보이고 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 GMAHN 환경에서 지역경로복구 기법을 사용한 기존 방식에 대한 문제점을 보완하고 네트워크 성능을 향상시킬 수 있는 다중경로 기법을 제안하여 비교, 분석하였다.

단말기 이동속도, 데이터 Flow수, GW 네트워크 관리범위, GA 메시지 주기를 변화시키고 실험한 결과, 각 환경에서 모두 기존 알고리즘보다 높은 데이터 수신율과 네트워크 부하의 감소를 확인할 수 있었다.

이는 경로가 쉽게 단절되는 이동 단말기의 특성으로 경로에러가 발생하였을 경우, 경로를 재설정하여 데이터를 전송하는 기존방식에 비해서 신속하게 다른 경로로 데이터를 전송하기 때문에 데이터 패킷의 손실이 없고 지연시간과 네트워크 부하가 발생하지 않는 점이 데이터 수신율과 네트워크 성능을 향상시키는 역할을 한다.

향후 연구해야 될 분야는 단말기 각각의 전송범위와 전송과위를 변화시키는 등 다양한 환경에서의 비교, 분석이 필요하다.

참고문헌

[1] Tonylarsen and Nicklas Hedman, "Routing Protocol in Wireless Ad-hoc Networks : A Simulation Study", Master's thesis, Lulea

University of Technology, Stockholm, 1998.

- [2] Elizabeth M.Royer and et. al, "A Review of Current Routing Protocols for Ad Hoc Mobile Wireless Networks" IEEE Personal Communication, pp.46-55, Apr, 1999.
- [3] Ali Hamidian, A Study of Internet Connectivity for Mobile Ad Hoc Networks in NS 2, Master's thesis, Lund Institute of Technology, Sweden, January 2003.
- [4] Ryuji Wakikawa and Jari T. Malinen and Anders Nilsson and Antti J. Tuominen, "Global connectivity for IPv6 Mobile Ad Hoc Networks" IETF Internet draft, Oct, 2003.
- [5] Yang-geun Jang, "A Study on Minimization of Routing Overhead in Global-MAHN" MyoungJi University, December, 2006.
- [6] The Network Simulator-NS2.
<http://www.isi.edu/nsnam/ns>

저 자 소 개

정 찬 혁 (정회원)



2000년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2002년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2006년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

2005년 ~ 현재 : 정보통신

연구진홍원 연구원

<주관심분야> Ad Hoc Network, 센서네트워크, 이동통신

이 기 원 (정회원)



2000년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2003년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2004년 9월 ~ 현재: 명지대학교 대학원 전자공학과 (박사과정수료)

<주관심분야> Embedded system, ad hoc network

김 재 호 (학생회원)



2006년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2008년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
<주관심분야>GMAHN, Automatic Robot, Computer Network

문 태 수 (정회원)



1989년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1994년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1999년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

<주관심분야> System Architecture, Embedded system.

배 진 승 (학생회원)



2002년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
2004년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2004년 3월 ~ 현재: 명지대학교 대학원 전자공학과 (박사과정)

<주관심분야> Embedded system, Automatic Robot

하 재 승 (정회원)



1991년 : 명지대학교 전자공학과 졸업 (공학사)
1993년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2001년 : 명지대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

2005년 ~ 현재 : 명지전문대학

정보통신과 부교수

<주관심분야> SDR(Software Defined Radio), Mobile IP, Ad-Hoc

유 충 열 (정회원)



1988년 : 명지대학교 전자공학과
졸업 (공학사)
1991년 : 명지대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1996년 : 명지대학교 대학원
전자공학과 (공학박사)

2003년 ~ 현재 : 명지대 방목기초교육대학 조교수
<주관심분야> Microprocessor, Computer Architecture

김 현 옥 (정회원)



1978년 : 고려대 전자공학과
졸업 (공학사)
1980년 : 고려대 대학원
전자공학과 (공학석사)
1987년 : 고려대 대학원
전자공학과 (공학박사)

1980년 ~ 1981년 : 동양전문대 전자공학과 전임강사
1981년 ~ 1988년 : 명지대 전자공학과 전임강사
1990년 ~ 현재 : 명지대 전자공학과 정교수
<주관심분야> Embedded system, Ad Hoc Network,
MPEG-4

이 광 배 (정회원)



1979년 : 고려대학교 전자공학과
졸업 (공학사)
1981년 : 고려대학교 대학원
전자공학과 (공학석사)
1984년 ~ 1986년 : Univ. of Southern
California, 컴퓨터공학 공학석사

1986년~1991년: Arizona state Univ.컴퓨터공학 공학박사
1992년 ~ 현재 : 명지대학교 전자공학과 정교수
<주관심분야> Embedded system, Ad Hoc Network,
Computer Network