

무선 에드-혹 네트워크 환경을 위한 동적다중경로라우팅 프로토콜

(Dynamic Source Multi-path Routing Protocol for Wireless Ad-hoc Network Environments)

김문정[†] 엄영익^{**}

(Moon Jeong Kim) (Young Ik Eom)

요약 무선 ad-hoc 네트워크란 기존에 설치된 유선망이나 기지국의 도움 없이 이동 호스트들만으로 구성되는 임시적인 네트워크이며, 현재 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서 이동 호스트들간의 메시지 전송을 위해 사용될 수 있는 여러 종류의 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있다. 이러한 ad-hoc 네트워크의 응용 도메인은 매우 다양하며, 그 활용의 범위 또는 네트워크의 규모에 따라 적절한 라우팅 프로토콜이 사용되어야 한다. 또한, 무선 ad-hoc 네트워크 내에 존재하는 이동 호스트들이 유선망의 서비스를 지원하고자 할 수 있으며, 이러한 유선망 서비스를 지원하기 위해서는 ad-hoc 네트워크와 유선망과의 연동이 필요하게 된다. 본 논문에서 제안하는 DSMR(Dynamic Source Multipath Routing) 프로토콜은 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서 이동 호스트들간의 끊임 없는 통신 환경의 제공을 목적으로 하면서, 필요시에 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들에게 유선망 서비스를 제공할 수 있도록 지원한다. 이 기법에서는 각 호스트가 주기적으로 라우팅 메시지를 발송할 필요가 없도록 하며, 경로 요청 및 경로 설정이 데이터 패킷을 보내고자하는 이동 호스트 주체로 이루어지도록 한다. 또한, 다중 경로를 유지하도록 함으로써 경로의 빠른 재설정능을 가능하게 한다는 특징을 갖는다.

Abstract A wireless ad-hoc network is a temporal network formed by a collection of wireless mobile nodes without the aid of any existing network infrastructure or centralized administration. Currently, numerous routing protocols have been developed for changing messages between nodes in a wireless ad-hoc network. Applications of wireless ad-hoc network technology are various and proper routing protocol must be used according to application domain or network size. In a wireless ad-hoc network, some hosts want services from fixed networks. For supporting such services, it is necessary to interconnect wireless ad-hoc networks and fixed networks. The DSMR(Dynamic Source Multipath Routing) protocol, proposed in this paper, focuses on supporting seamless communication services between the nodes within a wireless ad-hoc network and providing fixed networks to the mobile hosts in wireless an-hoc networks. In DSMR protocol, each node need not broadcast routing messages periodically, and mobile hosts that to send data packets initiate route request and route establishment procedure. By maintaining multiple paths in each node, faster route re-establishment is also possible in our scheme.

1. 서론

최근 노트북과 팜탑 컴퓨터 등의 사용이 보편화되고

있으며 이러한 이동 컴퓨팅 단말기들이 보다 소형화되는 추세이다. 또한 다양한 무선 네트워크 제품과 서비스가 제공되고 있으며, 이동 컴퓨팅 기기의 휴대성과 사용자의 이동성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 사용자가 이동 중에도 네트워크 서비스를 끊임 없이 제공할 수 있도록 지원하는 환경을 이동 컴퓨팅 환경이라 한다. 이러한 이동 컴퓨팅 환경에서 무선 통신 매체의 특성인 낮은 대역폭, 잦은 지연, 높은 에러율 등을 고려

[†] 학생회원 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부
tops@ece.skku.ac.kr

^{**} 종신회원 : 성균관대학교 전기전자및컴퓨터공학부 교수
yieom@simsan.skku.ac.kr

논문접수 : 2000년 1월 12일
심사완료 : 2001년 4월 14일

하고, 호스트들의 이동성 문제를 해결하기 위하여 제안된 여러 프로토콜들 중에서 IETF의 Mobile-IP가 현재 거의 표준화된 프로토콜로 인정되고 있다[1].

이동 컴퓨팅 환경이란 기존에 설치된 유선망을 기반으로 하며, 기지국이 관리하는 셀 영역을 벗어난 지역에 존재하는 호스트들에 대해서는 서비스 지원이 불가능한 환경이다. 이에 반하여, 무선 ad-hoc 네트워크 환경이란 기존에 설치된 유선망의 도움 없이 이동 호스트들만으로 구성될 수 있는 임시적인 네트워크 환경이다[2,3,4]. 이러한 무선 ad-hoc 네트워크는 전쟁이나 천재지변 등으로 기존의 유선망을 사용할 수 없는 경우, 또는 기지국 등의 서비스가 지원되지 않는 경우에 응용될 수 있다. 또한, 화재나 홍수 등의 긴급사태 발생시 긴급구조 등의 목적으로 응용될 수도 있고, 전시장, 회의장, 판매장 등 네트워크가 일시적으로 요구되는 경우에도 응용이 가능하다. 이러한 네트워크를 구성하기 위해서는 참가하는 이동 호스트들이 라우터로서의 기능을 제공할 수 있어야 한다.

본 논문에서 제안하는 DSMR(Dynamic Source Multipath Routing) 프로토콜은 무선 ad-hoc 네트워크 내에 존재하는 이동 호스트들간에 끊김 없는 통신을 제공하며, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들에게 인터넷 서비스와 같은 유선망 서비스까지 제공할 수 있도록 지원하기 위한 라우팅 프로토콜이다. DSMR 프로토콜은 on-demand 기법을 사용하므로 각 호스트로 하여금 주기적으로 라우팅 메시지를 발송하도록 요구하지 않으며, 무선 ad-hoc 네트워크와 인접한 기지국을 찾아서 그 중 한 기지국을 통해 유선망 서비스를 지원 받을 수 있도록 한다. 뿐만 아니라, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 호스트들이 다중 경로를 유지하므로 경로 실패시 경로의 빠른 재설정이 가능하다는 장점을 갖는다. 특히, 이 기법은 경로 요청 및 경로 설정이 데이터 패킷을 보내고자 하는 이동 호스트 주체로 이루어진다는 특징을 갖는다.

유선망과 기지국이 관리하는 셀 영역 내의 이동 호스트들은 Mobile-IP 프로토콜을 지원하는 것으로 가정하고, 본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크 내에서의 DSMR 프로토콜의 동작과 무선 ad-hoc 네트워크와 유선망과의 연동 기법을 위주로 기술한다. 무선 ad-hoc 네트워크와 유선망과의 연동을 위하여 FA(Foreign Agent)는 Mobile-IP 프로토콜과 DSMR 프로토콜을 동시에 지원하여야 하며, 이들 두 프로토콜간의 상호 작용이 이루어져야 한다.

본 논문의 2절에서는 관련 연구를 소개하고, 3절에서

는 DSMR 프로토콜의 개요와 기본동작 및 작업 절차 등을 소개한다. 4절에서는 제안 기법에 대한 성능 평가를 위해 시뮬레이션 결과를 분석하며, 5절에서 결론 및 향후과제를 살펴본다.

2. 관련 연구

유선망에서 이용되는 라우팅 프로토콜들은 일반적으로 거리-벡터 라우팅 알고리즘(distance vector routing algorithm) 또는 링크-상태 라우팅 알고리즘(link state routing algorithm)을 기반으로 최단 경로를 설정한다[6].

이러한 프로토콜들에서는 모든 라우터들이 항상 자신의 라우팅 정보를 서로 주기적으로 교환하게 되므로, 무선 환경에서 사용되는 경우에 제한된 대역폭을 크게 낭비하는 결과를 초래하게 되며, 모든 호스트들이 라우터 기능을 가져야 하는 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서는 라우터의 수가 상대적으로 유선망에서보다도 훨씬 많으므로 이러한 문제가 더욱 심각하게 될 것이다.

본 절에서는 무선 ad-hoc 네트워크를 위해 현재 제안되고 있는 라우팅 프로토콜들의 전체적인 분류 및 장, 단점에 대해 알아보고, 특히 본 논문과 관련된 DSR 및 LMR 프로토콜에 대해 설명한다.

2.1 무선 ad-hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜

현재 무선 ad-hoc 네트워크를 위해, 대표적으로 IETF의 MANET 워킹 그룹에서는 DSR, CEDAR, CBRP, TORA, ZRP 등의 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있으며[4,7,8,9,10,11], 그 외에도 여러 종류의 라우팅 프로토콜들이 제안되고 있다[5,12,17]. 현재 제안되어 있는 라우팅 프로토콜들은 일반적으로, 계층적 구조와 평면적 구조 또는 table driven 방식과 on-demand driven 방식 등으로 분류될 수 있다.

CEDAR, CBRP와 같은 계층적 구조의 라우팅 프로토콜들은 특정 라우터들이 주변 호스트들에 대한 정보를 유지하고 경로 발견을 위해 특정 라우터들 간에만 패킷을 전달하도록 하므로 빠른 경로 설정이 가능하다는 장점을 갖는 반면, 이러한 특정 라우터들을 효과적으로 선택하고 유지하기 위한 오버헤드와 호스트들의 이동이 잦은 경우에 이를 관리하기 위한 오버헤드가 크다는 단점을 갖는다. 이에 반하여, ZRP, DSR과 같은 평면적 구조의 라우팅 프로토콜들은 경로 발견을 위해 모든 호스트들이 라우터로서 동작해야 하므로 경로 발견의 시간이 비교적 길다는 단점을 갖는 반면, 경로 정보를 유지하기 위한 특정 라우터를 선택하지 않으므로 이에 대한 오버헤드가 없고 경로에 해당되지 않는 호스트들이 이동하는 경우 추가적인 계산이 요구되지 않으므

로 네트워크 환경의 변화에 적응성이 강하다는 장점을 갖는다.

또 다른 분류로, DSDV 등과 같은 table driven 방식의 라우팅 프로토콜들은 무선 ad-hoc 네트워크 내에 참가하는 모든 이동 호스트들로 하여금 주기적으로 라우팅 정보를 방송하도록 하며 전체적인 망 토폴로지를 항상 유지하도록 요구한다. 따라서 이러한 프로토콜들은 데이터를 전송하기 위해 빠른 경로 설정이 가능한 반면, 라우팅 정보의 주기적인 방송으로 인하여 무선 네트워크 환경에서 매우 중요한 자원인 대역폭 낭비 및 이동 호스트 자체의 배터리 소모 등의 오버헤드를 초래하게 된다. 이에 반하여, DSR, LMR 등과 같은 on-demand driven 방식의 라우팅 프로토콜들은 임의의 호스트가 데이터 패킷을 전송하고자 하는 경우에만 경로 요청 패킷을 방송하여 경로를 설정하도록 한다. 따라서 이러한 프로토콜들은 네트워크 환경의 변화에 적응성이 강하며, 이동 호스트들의 이동성이 낮을 경우에 라우팅을 위한 오버헤드가 많이 들어든다는 장점을 갖는 반면, 데이터를 전송하기 위한 경로 설정시 지연이 초래된다는 단점을 갖는다.

무선 ad-hoc 네트워크의 응용 도메인은 매우 다양하며, 그 활용 영역 또는 네트워크의 규모에 따라 적절한 라우팅 프로토콜이 사용되어야 한다.

2.2 DSR (Dynamic Source Routing) 프로토콜

DSR 프로토콜[7]은 연결 지향 패킷 포워딩 기법을 사용하며, 라우팅 정보를 주기적으로 전달하지 않는다. DSR 프로토콜의 동작방법은 크게 경로설정 단계와 경로유지 단계로 구분될 수 있다. 경로설정 단계에서는, 하나의 이동 호스트가 다른 이동 호스트를 찾고자할 때 경로요청패킷을 방송하며, 중간 이동 호스트들은 자신의 주소를 덧붙여 포워드한다. 목적지 이동 호스트는 받은 경로요청패킷을 참조해서 경로응답패킷을 만들고, 경로응답패킷에 기재된 경로를 따라 출발지 이동 호스트로 패킷을 전송한다. 설정된 경로에 대해서는 포인트-투-포인트 라우팅이 사용되며, 출발지로부터 목적지까지의 경로 내에 있는 모든 이동 호스트들은 설정된 경로를 라우트 캐쉬에 저장해 두었다가 재사용할 수 있다. 경로유지 단계에서는 경로내의 모든 호스트가 이웃 호스트와의 연결을 항상 확인하고 있다가 단절을 처음 발견한 이동 호스트가 출발지 호스트에게 경로실패를 알려준다. 필요하면 출발지 이동 호스트는 새로운 경로설정을 위해 경로설정단계로 다시 들어간다. 그림 1은 DSR 프로토콜의 경로설정단계를 보인다.

DSR 프로토콜은 라우팅 정보 메시지를 주기적으로



그림 1 DSR 프로토콜의 경로설정단계

방송하지 않으므로 네트워크의 대역폭 낭비를 줄이며, 배터리 전력이 절약되고, 사용하지 않는 경로는 계산하지 않으며, 호스트간 전송이 양방향이어야 할 필요가 없으며, 네트워크 변화에 적응성을 갖는다는 장점을 갖는다. DSR 프로토콜은 이러한 장점을 그대로 갖는 동시에, DSR 프로토콜과는 달리 다중경로를 유지하므로 경로실패시 보다 빠른 경로 재설정이 가능하도록 설계되었다.

2.3 LMR (Lightweight Mobile Routing) 프로토콜

LMR 프로토콜[4]의 경로설정과정은 그림 2에서와 같다. 그림 2-(a)는 경로요청 전달 전의 상태로, 이웃하는 호스트들과의 연결만은 확인하고 있으며, 출발지 호스트(S)가 경로요청패킷을 방송하면 중간 호스트들(M1,M2,M3,M4)은 경로요청패킷을 각 이웃 호스트들에게 그대로 전달한다. 이를 목적지 호스트(D)가 받으면, D는 자신에게 경로요청패킷을 전달한 호스트들에게 경로응답패킷을 발송하고 M1, M2 등은 경로응답패킷을 다시 전달하며 자신과 D와의 거리를 기록해둔다. 그림 2-(b)에서는 경로응답패킷의 전달이 완료된 후의 상태를 보이며, 결과적으로, S는 D까지의 최단거리가 3이며 M1 또는 M3를 통해 D까지 가는 두 가지 경로를 알게 된다.

그림 2에서, 만일 M4와 D 간의 연결이 끊기면 M4는 이 사실을 자신의 이웃 호스트들을 통해 역으로 S까지 알리게 되며, S는 최단 경로를 다시 계산하지 않더라도 D까지의 최단 거리가 3이며 M1을 통해 D까지 가는 경로가 존재함을 알게된다.

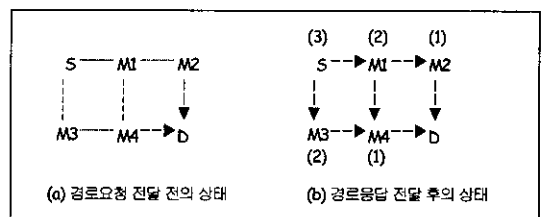


그림 2 LMR 프로토콜의 경로요청-응답단계

LMR 프로토콜은 각 호스트로 하여금 직접 이웃하는 호스트들과의 연결만을 관리하도록 하며, 경로 설정시 다중경로를 찾아 유지하도록 한다. 직접 이웃하는 호스트들과의 연결이 변경되면 이를 또 다른 이웃 호스트들에게 전달하게 되며, 최단 경로를 다시 계산하지 않는다는 장점을 갖는다.

3. DSMR 프로토콜

3.1 개요

본 논문에서 제안하는 DSMR(Dynamic Source Multipath Routing) 프로토콜은 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들에게 끊임 없는 통신을 지원하며, 인터넷과 같은 유선망의 서비스도 지원할 수 있도록 제안된 기법이다. DSMR 프로토콜은 DSR 프로토콜과 같이 라우팅 정보 메시지를 주기적으로 방송하지 않으므로 네트워크의 대역폭 낭비를 줄이며, 배터리 전력이 절약되고, 사용하지 않는 경로는 계산하지 않으며, 호스트간 전송이 양방향이어야 할 필요가 없으며, 네트워크 변화에 적응성을 갖는다는 장점을 갖는 동시에, 다중경로를 유지하므로 경로실패시 보다 빠른 경로 재설정 가능하도록 설계된 프로토콜이다.

본 기법에서는 DSMR 프로토콜에 참여하는 모든 이동 호스트들이 라우팅 기능을 제공한다고 가정한다. 또한, 본 기법은 on-demand 방식[13]을 사용하는 프로토콜로서, 데이터를 보내고자 하는 호스트가 자발적으로 경로설정을 시도한다. 즉, 각 호스트들이 주기적으로 어떠한 라우팅 메시지도 발생시키지 않는다. DSMR 프로토콜이 적용되는 네트워크 환경은 그림 3에서 보이는 바와 같다.

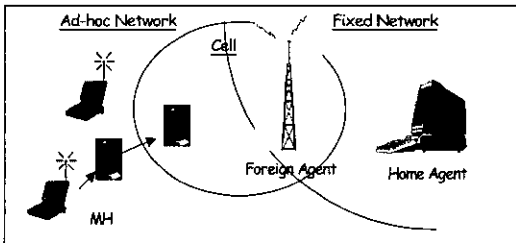


그림 3 DSMR 프로토콜이 적용되는 네트워크 환경

DSMR 프로토콜에서는 데이터를 보내고자 하는 호스트(S)가 자발적으로 경로 설정을 시도하며, 목적지 호스트(D)는 자신에게 도달되는 경로 설정 패킷들에 대해 선택적으로 경로 응답 패킷을 S에게 전송한다. 경로 응

답 패킷을 받은 S는 복수개의 경로중 하나의 경로를 선택하여 데이터 패킷을 전송하게 되며, 나머지 경로는 RC(Route Cache) 내에 저장해 두었다가 현재 경로의 실패가 있을 경우 빠르게 경로를 재설정하기 위해 사용된다. 무선 ad-hoc 네트워크에서 유선망 서비스를 지원 받고자하는 호스트(S')는 목적지 주소를 255.255.255.255로 설정한 경로 설정 패킷을 방송하게 되고, 이를 전달받은 FA들은 자신에게 도달되는 경로 설정 패킷들에 대해 선택적으로 경로 응답 패킷을 S'에게 전송한다. S'은 둘 이상의 FA들로부터 경로 응답을 받을 수 있으며, 그 중 하나의 FA를 PA(Preferred Agent)로 선정하여 이를 통해 자신의 HA로 등록을 요청할 수 있다. 등록이 완료되면, S'는 PA를 통해 유선망 서비스를 지원 받게 되는 것이다.

3.2 기본 동작

본 절에서는 DSMR 프로토콜에서 사용되는 제어 패킷들의 형식과 자료 구조들에 대해 먼저 설명한다. 그리고 DSMR 프로토콜의 기본 동작으로 우선 무선 ad-hoc 네트워크 내의 임의의 이동 호스트가 PA를 선정하여 자신의 HA로 등록하는 과정을 설명하고, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 임의의 이동 호스트가 목적지 호스트를 찾아 데이터를 전송하는 과정을 목적지 호스트가 ad-hoc 네트워크 내에 존재하는 경우와 ad-hoc 네트워크 밖에 존재하는 경우로 구분하여 설명한다.

3.2.1 패킷 형식 및 자료 구조

DSMR 프로토콜에서는 그림 4에서 보이는 바와 같이, 4개의 제어 패킷을 사용한다.

Type	SourceID	DestID	TTL	IM_IDs	SeqNo	checksum
(a) 경로 설정 패킷 (RQP:Route reQuest Packet)						
Type	SourceID	DestID	IM_IDs	Strength	SeqNo	checksum
(b) 경로 응답 패킷 (RRP:Route Reply Packet)						
Type	SourceID	DestID	HAA	IM_IDs	checksum	
(c) 멤버 설정 패킷 (MQP:Member reQuest Packet)						
Type	SourceID	DestID	CoA	IM_IDs	checksum	
(d) 멤버 응답 패킷 (MRP:Member Reply Packet)						

그림 4 패킷 형식

RQP(Route reQuest Packet)는 무선 ad-hoc 네트워크 내의 호스트 S가 목적지 호스트 D까지의 경로를 찾기 위해서 방송하는 패킷이다. TTL 필드는 RQP가 무한히 방송되는 것을 방지하기 위해 사용되며, SeqNo 필드는 RQP를 전달하는 중간 호스트들에 의해 동일한 RQP가 중복 처리되는 것을 방지하기 위한 목적과 RRP와 알맞은 대응을 확인하기 위한 목적으로 사용된다. 그리고

IM_IDs 필드는 해당 패킷을 전달한 중간 호스트들의 주소를 기록하기 위해 사용된다.

RRP(Route Reply Packet)는 RQP를 받은 D 또는 D까지의 경로를 알고 있는 임의의 호스트가 S에게 해당 경로를 알리기 위해 보내는 패킷이다. D가 이동 호스트인 경우에 D는 Strength 필드를 0으로 설정하며, FA를 찾는 RQP였다면 FA는 자신에게 RQP를 전달한 호스트의 신호 세기(signal strength)를 Strength 필드에 기입하여 S가 최적의 PA를 선정할 때 사용할 수 있도록 한다. D(또는 FA)는 자신에게 도달되는 경로 설정 패킷들에 대해 선택적으로 RRP를 만들어 전송하므로 한 S로부터 도착한 RQP에 대해 하나 이상의 RRP를 생성하게 된다.

무선 ad-hoc 네트워크 내의 S는 둘 이상의 FA들로부터 RRP를 받을 수 있으며, 그 중 하나의 FA를 PA로 선택하고, PA를 통해 자신의 HA로 등록을 요청하는 MQP(Member reQuest Packet)를 전송한다. PA는 S의 HA에 등록을 완료한 후, S에게 MRP(Member Reply Packet)를 전송하게 되며, 이러한 과정이 완료되면 S는 PA에 의해 유선망 서비스를 지원 받을 수 있게 된다.

FA는 자신이 관리하는 이동 호스트들에 대한 정보를 VisitorList로 유지하며, 이의 구조는 그림 5에서 보인다. FA의 셀 내에 존재하는 이동 호스트의 경우에는 Route 필드에 "direct"로 기록하고, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들 중 자신을 통해 HA로 등록한 경우에는 해당 이동 호스트까지의 경로를 기록하여 유지한다.

Mobile-HostName	Route
-----------------	-------

그림 5 VisitorList 구조

DSMR 프로토콜에 참여하는 각 이동 호스트와 FA들은 다중 경로 유지 및 최적 경로 또는 최적 PA를 선정하기 위하여 그림 6에서 보이는 구조를 갖는 RC(Route Cache)와 TRC(Temporal Route Cache)를 유지하도록 한다. RC는 다중 경로를 유지하기 위해 사용되며, 현재 사용중인 경로에 해당하는 flag 필드의 값을 1로 설정하고, 그 외의 예비 경로 엔트리에 대한 flag 필드의 값을 0으로 설정한다. FA에 대한 경로에 해당하는 flag 필드의 값은 2로 설정하고 FA중 PA로 선정된 경우의 경로에 대해서는 flag 필드의 값을 3으로 설정한다. TRC는 최적 경로 또는 최적 PA를 선정하기 위해 사용하거나 동일한 패킷에 대한 중복 처리를 방지하기 위해 사용하며, 일정 시간 동안만 정보를 유지하도록 하기 위해

SeqNo 필드와 TimeStamp 필드를 둔다. RC는 목적지 또는 PA까지의 빠른 경로 재설정을 위해 사용되며 경로 설정 비용을 감소 시켜주는 역할을 담당한다.

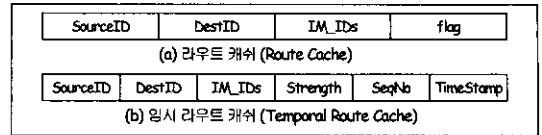


그림 6 라우트 캐쉬와 임시 라우트 캐쉬의 구조

3.2.2 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 자신의 HA로 등록하는 과정

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트 S가 HA로 등록하는 과정은 그림 7에서와 같다. 그림 7에서 FA와 HA 사이의 동작과정은 Mobile IP를 따른다.

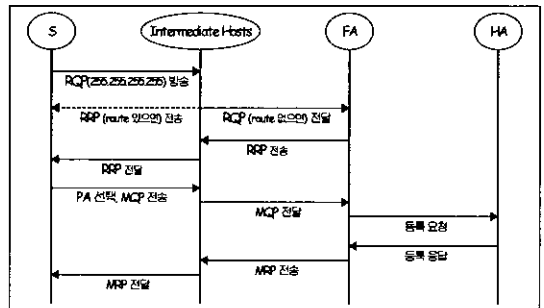


그림 7 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 HA로 등록하는 과정

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트(S)가 유선망 서비스를 지원 받고자 한다면, 먼저 연결 가능한 FA를 찾는 과정이 필요하다. 이를 위해 S는 그림 7에서와 같이, 목적지 주소를 255.255.255.255로 설정한 RQP를 방송하며, 이를 전달받은 중간 호스트들은 자신의 RC를 확인하여 FA로의 경로가 존재한다면, 해당 경로를 삽입하여 FA 대신 RRP를 만들어 S에게 전달하고, 경로가 존재하지 않는다면 자신의 주소를 RQP의 IM_IDs 필드의 끝에 삽입한 후 이웃 호스트들에게 RQP를 다시 방송한다. RQP를 받는 FA는 자신에게 RQP를 전달한 호스트로부터 가장 먼저 도착한 RQP에 대해서 각각 하나의 RRP를 만들고, RRP는 IM_IDs 필드의 정보를 따라 S에게 전송된다. S는 둘 이상의 FA들로부터 RRP를 받을 수 있으며, 스스로 적

결한 PA를 선택하여 MQP를 전송하고, MQP를 받은 FA는 S의 HA에게 등록(registration)을 완료한 후 S에게 MRP를 전송하게 되고, 이 때부터 S는 PA를 통해 유선망 서비스를 지원 받을 수 있게 된다.

3.2.3 무선 ad-hoc 네트워크 내에서 데이터 패킷 전송 과정

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 목적 호스트에게 데이터 패킷을 전달하는 과정은 목적 호스트가 무선 ad-hoc 네트워크 내에 존재할 경우와 유선망 또는 다른 ad-hoc 내에 존재할 경우에 각각 다르며, 각 경우를 그림 8과 그림 9에서 보인다.

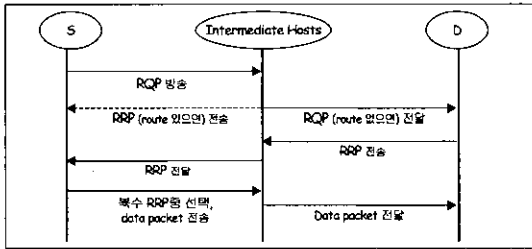


그림 8 무선 ad-hoc 네트워크 내의 목적지 호스트로의 데이터 패킷 전송 과정

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트(S)가 같은 무선 ad-hoc 네트워크 내의 목적 호스트(D)에게 데이터 패킷을 전달하고자 한다면, 우선, 그림 8에서와 같이 경로를 설정하기 위해 RQP를 방송하여야 한다. RQP를 전달받은 중간 호스트들은 자신의 RC를 확인하여 D까지의 경로가 존재한다면, 해당 경로를 삽입하여 D 대신 RRP를 만들어 S에게 전달하고, 경로가 존재하지 않는다면 자신의 주소를 RQP 헤더에 삽입한 후 인접 호스트들에게 RQP를 다시 방송한다. RQP를 받은 D는 바로 전 호스트로부터 가장 먼저 도착한 RQP에 대해서 각각 하나의 RRP를 만들어 RRP 헤더 내의 source route를 따라 S에게 전달하게 된다. S는 D로부터 둘 이상의 RRP를 받을 수 있으며, 가장 빨리 도착한 RRP의 경로를 따라 데이터 패킷을 전송하게 된다.

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트(S)가 유선망 또는 다른 네트워크 내에 존재하는 목적지 호스트(D)에게 데이터 패킷을 전달하고자 할 때에도 그림 9에서와 같이 경로를 설정하기 위해 RQP를 방송하여야 한다. RQP를 전달받은 중간 호스트들은 자신의 RC를 확인하여 D까지의 경로가 존재한다면, 해당 경로를 삽입하여 D 대신 RRP를 만들어 S에게 전달하고,

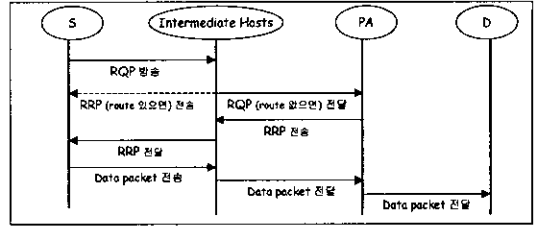


그림 9 무선 ad-hoc 네트워크 밖의 목적지 호스트로의 데이터 패킷 전송 과정

경로가 존재하지 않는다면 자신의 주소를 RQP 헤더에 삽입한 후 이웃 호스트들에게 RQP를 다시 방송한다. 궁극적으로 S의 PA가 RQP를 받게 되면 자신의 라우팅 테이블을 참조하여 D 또는 D의 HA로의 경로를 확인한 후, 바로 전 호스트로부터 가장 먼저 도착한 RQP에 대해서 각각 하나의 RRP를 만들어 RRP 헤더 내의 source route를 따라 S에게 전달하게 된다. S는 PA로부터 둘 이상의 RRP를 받을 수 있으며, 가장 빨리 도착한 RRP의 경로를 따라 데이터를 전송하게 된다.

3.3 DSMR 알고리즘

DSMR 프로토콜의 작업 절차는 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트중 유선망 서비스를 지원 받고자 하는 호스트가 적절한 FA를 찾아 자신의 HA에 등록하는 경우, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 목적지 호스트에게 데이터 패킷을 보내려는 경우, 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 RQP, RRP, MQP, 그리고 MRP를 받았을 경우 각각에 대한 작업 및 이 과정에서 필요한 FA의 작업으로 나누어 설명한다.

3.3.1 유선망 서비스를 지원 받고자 하는 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트

무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트중 유선망 서비스를 지원 받고자 하는 이동 호스트의 작업 절차를 알고리즘 1에서 보인다.

알고리즘 1 HA 등록 알고리즘

```

Tw : timeout for waiting RRP
{
    broadcast RQP;
    while (not received RRP during Tw) {
        update Tw and TTL;
        broadcast new RQP;
    }
    // RRP arrives
    perform PA-selection routine;
    transmit MQP to the PA;
    wait until MRP arrives;
    // MRP arrives
    set selected route's flag to 3 in RC;
}
    
```

알고리즘 1에서 사용되는 PA-selection routine은 여러 가지 정책 및 선택 사항을 두어 PA를 선택하기 위한 작업으로, 이 과정은 알고리즘 2에서 보인다.

알고리즘 2 PA 선정 알고리즘

```
option : criteria for choosing PA
Tg : period of gathering route information from
    FAs for choosing PA
{
  if (option = time) {
    create MQP for the first RRP;
    put the route information in RC with
    flag 2 for all RRP;
  }
  else if (option = quality) {
    put route information into TRC for the
    RRP; arrived during Tg;
    create MQP for the selected RRP with maximum
    value of Strength field;
    move TRC to RC with flag 2;
  }
}
```

신속한 연결을 원하는 경우라면 가장 먼저 도착한 RRP를 근거로 MQP를 전송할 경로를 선택할 수 있으며, 나머지 경로에 대해서는 flag를 2로 두어, 경로 실패 시 빠른 경로 재설정을 위해 사용한다. 또한, 보다 안전한 경로를 원하는 경우라면 RRP 내의 Strength 필드 중 가장 큰 값을 가진 경로를 선택하여 MQP를 생성할 수 있다.

유선망 서비스를 원하는 이동 호스트라면 PA로의 경로를 항상 유지하여야 하므로, 임의의 호스트로부터 경로 실패 메시지를 받았을 때 자신의 RC 내에서 해당 경로를 삭제하며, flag 필드의 값이 3인 경로가 삭제된 경우에 자신의 RC 내에 임의의 FA까지의 또다른 경로가 존재하는지 확인한다. 이 때, 경로가 존재한다면 PA까지의 경로에 높은 우선 순위를 두어 경로 재설정을 시도하며, 그렇지 않다면 새로운 FA를 찾기 위해 RQP 방송과 PA 선정 과정을 다시 진행하여 등록하여야 한다.

3.3.2 데이터 패킷을 전송하려는 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트

선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트중 데이터 패킷을 전송하기 위한 작업 절차는 알고리즘 3에서 보인다.

데이터 패킷을 보내기 위해서는 우선, 자신의 RC 내에 해당 경로가 있는지 확인한 후, 해당 경로가 존재한다면 RC내 해당 경로의 flag 필드를 1로 설정하고 그 경로로 데이터 패킷을 전송한다. 경로가 존재하지 않는다면, 알고리즘 1에서와 같이, RQP를 방송하여 경로를 먼저 설정한 후 가장 먼저 도착한 RRP에 의해 경로를 설정할 수 있게 된다.

알고리즘 3 데이터 패킷 전송을 위한 작업 알고리즘

```
Tw : timeout for waiting RRP
{
  if (D's route found in RC) {
    set selected route's flag to 1 in RC;
    transmit data packet to D;
  }
  else {
    broadcast RQP;
    while (not received RRP during Tw) {
      update Tw and TTL;
      broadcast new RQP;
    }
    // RRP arrives
    transmit data packet for the first RRP;
    put the route information in RC with flag
    1 for first RRP;
    put the route information in RC with flag
    0 for other RRP;
  }
}
```

임의의 호스트로부터 경로 실패 메시지를 받게 되면, 자신의 RC 내에서 해당 경로를 삭제한다. 메시지 전달 중에 경로 실패가 있는 경우라면 자신의 RC 내에 목적지 호스트까지의 또다른 경로가 존재하는지 확인하여, 경로가 존재한다면 새로운 경로로 데이터 패킷을 전송하며, 그렇지 않다면 새로운 RQP를 방송하여 새로운 경로를 설정하게 된다.

3.3.3 RQP, RRP, MQP, 또는 MRP를 받은 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트

DSMR 프로토콜에서 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트가 RQP, RRP, MQP, 또는 MRP를 받았을 때의 작업절차를 알고리즘 4, 5, 6, 7에서 보인다.

알고리즘 4 RQP를 받은 이동 호스트의 작업 알고리즘

```
// RQP arrives
if (Addrdest == Addrself) { //자신이 목적지 호스트인 경우
  if (duplicate information for (SourceID,SeqNo,last
  IM_ID) in TRC)
    discard RQP;
  else {
    insert new entry in the TRC;
    set TimeStamp to current time;
    create RRP and transmit it to the source host;
  }
}
else { //자신이 목적지 호스트가 아닌 경우
  TTL ← TTL - 1;
  if (TTL equals zero or its own ID exists within
  RQP)
    discard RQP;
  else if (route to destination found in RC)
    create RRP and transmit it to source host;
  else {
    append its own ID to the end of IM_IDs;
    broadcast RQP;
  }
}
```

알고리즘 5 RRP를 받은 이동 호스트의 작업 알고리즘

```
// RRP arrives
insert new entry in RC and set the entry's flag to zero;
forward RRP to the next host on IM_LIDs field;
```

알고리즘 6 MQP를 받은 이동 호스트의 작업 알고리즘

```
// MQP arrives
forward MQP to the next host on IM_LIDs field;
```

알고리즘 7 MRP를 받은 이동 호스트의 작업 알고리즘

```
// MRP arrives
forward MRP to the next host on IM_LIDs field;
```

RQP를 받은 이동 호스트는 먼저 자신이 목적지 호스트인가를 확인한다. 목적지 호스트인 경우에는 RQP 헤더의 source route를 역순으로 복사하여 RRP를 생성하고 RQP를 보낸 호스트로 전달한다. RQP를 보낸 호스트가 같은 경우에도 다른 인접 호스트로부터 전달받았다면, 새로운 RRP를 생성하여 전송하게 된다. 즉, 하나의 목적지 호스트에 의해 둘 이상의 RRP가 생성될 수 있으며, 데이터 패킷 전송에 사용될 경로는 RQP를 생성한 호스트에 의해 결정된다.

RQP를 받은 이동 호스트가 자신이 목적지 호스트가 아닌 경우, RQP 헤더 내에 자신의 주소를 첨부하여 이웃 호스트들에게 다시 발송하게 된다. 이 때 자신의 RC 내에 목적지 호스트로의 경로를 가지고 있다면 이를 첨부하여 목적지 호스트 대신 RRP를 만들어 RQP를 생성한 호스트로 전송하게 된다.

3.3.4 FA의 작업 절차

무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트에게 유선망 서비스를 지원하기 위하여 FA가 처리해야할 작업 절차를 RQP와 MQP를 받은 경우로 나누어 각각 알고리즘 8과 알고리즘 9에서 보인다.

FA 내에서는 DSMR 프로토콜 모듈과 Mobile-IP 모듈이 함께 동작하여야 하며, 이들 두 모듈 사이에 상호작용이 요구된다. FA는 자신의 셀 내에 존재하는 이동 호스트들뿐만 아니라 자신을 통해 유선망과의 접속을 유지하는 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들도 관리하게 된다.

FA가 RQP를 받은 경우 목적지 주소가 특정 주소가 아닌 방송 주소(255.255.255.255)라면 임의의 FA를 찾는

알고리즘 8 RQP를 받은 FA의 작업 절차 알고리즘

```
// RQP arrives
if (Addr_dest == "255.255.255.255") { // FA가 목적지 호스트인 경우
    if (duplicate information for (SourceID, SeqNo, last IM_LID) in TRC)
        discard RQP;
    else {
        insert new entry in the TRC;
        set TimeStamp to current time;
        create RRP and transmit it to the source host;
    }
}
else if (source ID exists in VisitorList) { // 수신 FA가 PA인 경우
    if (duplicate information for (SourceID, SeqNo, last IM_LID) in TRC)
        discard RQP;
    else {
        find route information to destination from routing table) {
            insert new entry in the TRC;
            set TimeStamp to current time;
            create RRP and transmit it to the source host on behalf of destination host;
        }
    }
}
```

알고리즘 9 MQP를 받은 FA의 작업 절차 알고리즘

```
// MQP arrives
register to the HA of the source host;
wait until the HA of the source host replies;
insert new entry in VisitorList;
create MRP and transmit it to the source host;
```

경우이므로, RQP 헤더의 source route를 역순으로 복사하여 RRP를 생성하고 RQP를 보낸 호스트로 전달한다. 이 때 자신에게 RQP를 전달해준 이웃 노드로부터의 신호 세기를 RRP 내의 Strength 필드에 기록한다. RQP를 보낸 호스트가 같은 경우에 다른 이웃 호스트로부터 전달받았다면, 새로운 RRP를 생성하여 전송하게 된다. 즉, 하나의 FA에 의해 둘 이상의 RRP가 생성될 수 있으며, MQP 전송을 위해 사용될 경로는 RQP를 생성한 호스트에 의해 결정된다.

RQP 내의 목적지 주소가 특정 주소라면, RQP를 생성한 호스트가 자신을 통해 등록된 호스트인지 Visitor List를 통해 확인한 후, 등록된 호스트라면, 라우팅 테이블을 참조하여 목적지까지의 경로정보를 찾는다. FA 자신과 목적지 호스트를 첨가하여 RRP를 생성하고 이를 RQP를 생성한 호스트로 전송하게 된다.

4. 시뮬레이션 및 평가

본 논문에서 제안하는 DSMR 프로토콜을 평가하기 위한 시뮬레이션 도구로 Devs-scheme[14]을 사용하였

다. Devs-scheme은 이산 사건 시스템(discrete event system)의 시뮬레이션에 적합한 것으로 알려져 있다. 4.1 절에서는 시뮬레이션을 위한 몇 가지 가정 및 시뮬레이션 환경에 대해 기술하고, 4.2 절에서는 시뮬레이션에 의한 분석 결과를 보인다.

4.1 시뮬레이션 환경

본 논문에서 제안하는 DSMR 프로토콜은 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들의 통신을 위해 dynamic source routing 기법을 사용하면서 다중 응답을 받고, 하나 이상의 경로를 유지하는 기법이다. DSMR 프로토콜의 평가를 위해 이산 사건 시스템에 대한 시뮬레이션에 잘 적용되는 Devs-scheme을 이용하였다. 또한 Carnegie Mellon 대학에서 수행한 시뮬레이션 환경에 기반을 두었다[13,15,16]. 시뮬레이션을 위한 무선 ad-hoc 네트워크는 1000m 가량의 정방형 구조를 가정하였으며, 각 이동 호스트가 목적지 호스트까지의 경로설정을 위해 평균 3홉이 요구된다고 가정하였다. 본 논문에서는 총 900단위시간 동안 시뮬레이션을 시행하였다. 각 이동 호스트는 동시에 세 개의 다른 이동 호스트와 통신이 가능하며 하나의 데이터 패킷 전송 시간은 10초 가량이 소요된다고 가정한다.

4.2 성능 평가

본 논문에서는 같은 dynamic source routing 기법을 사용한다는 가정을 두고, 다중경로를 사용하는 경우와 다중경로를 사용하지 않는 경우로 나누어 성능을 비교해 본다.

DSMR 프로토콜의 성능 평가를 위하여 총 시뮬레이션 시간은 90000ms로 하고 시뮬레이션 시간 동안의 데이터 패킷 총 전송 완료 횟수를 측정하였다. 본 시뮬레이션을 위해 평균 경로 실패 발생 간격을 사용하여 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들의 이동을 나타내도록 하였으며, 경로 실패의 발생 간격은 지수분포를 따른다고 가정하였다. 즉, 평균 경로 실패 발생 간격이 큰 경우보다는 작은 경우에 이동 호스트들의 이동율이 보다 활발하다고 본다. 또한 이동 호스트가 데이터 패킷 전송을 자주 하는지의 정도를 나타내기 위해 전송하고자 하는 데이터 패킷의 초당 평균 발생 빈도(df)를 사용하였으며 포아송분포를 따른다고 가정한다. 즉, df가 0.20인 경우는 평균 5초마다 전송하고자 하는 데이터 패킷이 발생되는 경우이고, df가 0.07인 경우는 평균 15초마다 전송하고자하는 데이터 패킷이 발생되는 경우를 나타낸다.

그림 10에서는 다중경로를 사용하는 DSMR의 경우에 df별로 평균 경로 실패 발생 간격에 따르는 데이터 패

킷의 총 전송 완료 횟수를 비교한다. 그림 10의 결과에서 df별로 데이터 총 전송 횟수가 경로 실패 발생 간격에 거의 영향을 받지 않음을 알 수 있다.

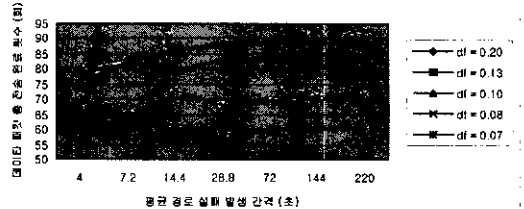


그림 10 DSMR 기법 사용시 df별 평균 경로 실패 발생 간격 대비 데이터 패킷 총 전송 횟수

그림 11에서는 다중경로를 사용하지 않는 경우에 df별로 평균 경로 실패 발생 간격에 따르는 데이터 패킷의 총 전송 완료 횟수를 비교한다. 그림 11의 결과에서 df별로 데이터 총 전송 완료 횟수가 경로 실패 발생 간격에 민감한 반응을 보이며, 특히 df가 높을수록, 즉, 데이터 패킷의 전송이 잦을 수록 더욱 민감한 반응을 보이는 것을 알 수 있다.

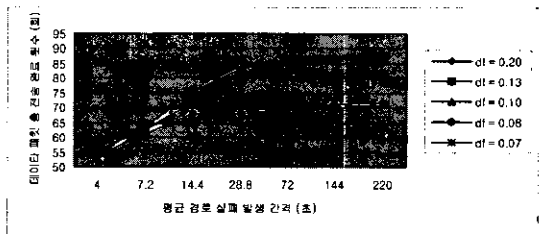


그림 11 다중경로를 사용하지 않는 경우에 df별 평균 경로 실패 발생 간격 대비 데이터 패킷 총 전송 횟수

그림 12에서는 df를 0.07로 가정한 경우에 DSMR 기법과 다중경로를 사용하지 않는 경우의 데이터 패킷 총 전송 횟수를 비교한다. 이동 호스트들의 이동율이 낮은 경우, 즉 평균 경로 실패 발생 간격이 큰 경우에는 두 기법의 차이가 거의 없으나, 반대의 경우에는 DSMR 기법의 성능이 우수함을 알 수 있다. 그림 12의 결과에서 경로 실패 발생 간격의 평균이 4초인 경우에 DSMR 기법을 사용하는 경우의 결과가 약 16%만큼 더 많은 데이터 패킷의 전송이 가능함을 보여준다.

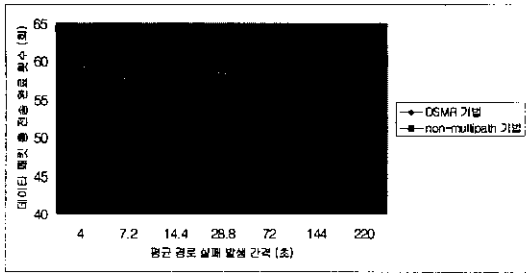


그림 12 df=0.07인 경우 DSMR 기법과 non-multipath 기법의 비교

그림 13에서는 df를 0.20으로 가정한 경우에 DSMR 기법과 다중경로를 사용하지 않는 경우의 데이터 패킷 총 전송 횟수를 비교한다. 그림 13의 결과는 그림 12의 결과와 비교하여 데이터 패킷의 전송이 잦은 경우로, DSMR 기법과 다중경로를 사용하지 않는 기법과의 성능 차이가 크게 발생함을 확인할 수 있다. 경로 실패 발생 간격의 평균이 4초인 경우에 DSMR 기법을 사용하는 경우의 결과가 약 44%만큼 더 많은 데이터 패킷의 전송이 가능함을 보여준다.

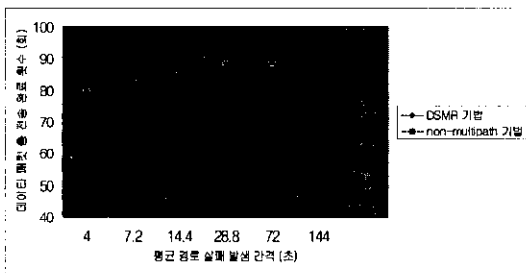


그림 13 df=0.20인 경우 DSMR 기법과 non-multipath 기법의 비교

따라서, DSMR 프로토콜은 다중 경로를 유지하므로써, 데이터 전송율이 높거나 이동 호스트들의 이동성이 높은 무선 ad-hoc 네트워크 환경에서 효과적으로 사용될 수 있을 것이다.

5. 결 과

최근 이동 통신 기술과 하드웨어 기술이 급속히 발전하고 있으며, 이는 이동 컴퓨팅 환경을 구성하는 이동 컴퓨팅 기기들의 소형화와 함께 다양한 네트워크 기능들을 가능하게 한다. 이러한 휴대형 컴퓨터들은 무선 인터페이스를 통해 이동 중에도 네트워크와의 끊김 없는

연결을 가능하게 하고 있으며, 더 나아가 스스로 라우팅 기능을 탑재할 수 있는 환경이 만들어지고 있다.

현재 무선 ad-hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜들이 활발히 연구되어지고 있다. 무선 ad-hoc 네트워크는 상업적으로 전시장이나 회의장 등에서의 일시적인 네트워크를 구성하기 위하여 사용될 수 있으며, 전쟁 등과 같이 불가피하게 기존 유선망을 사용할 수 없는 상황에서 사용될 수도 있을 것이다. 이러한 무선 ad-hoc 네트워크를 위한 라우팅 프로토콜은 사용되는 환경의 특성에 맞게 적절히 선정되어야 할 것이다.

DSMR 프로토콜은 라우터 기능을 탑재한 이동 호스트들로 이루어진 무선 ad-hoc 네트워크를 기반으로 하고 있으며, 무선 ad-hoc 네트워크와 유선망과의 상호연동까지 지원하기 위한 프로토콜이다. 특히, 기존에 제안된 DSR 프로토콜이 갖는 장점을 그대로 유지하도록 하며, DSR 프로토콜과는 달리, 경로 설정시 다중 경로를 유지하도록 하여 경로 실패시 빠른 재설정능을 가능하도록 설계된 프로토콜이다.

본 논문에서는 무선 ad-hoc 네트워크를 위한 새로운 라우팅 프로토콜을 제시하였으며, 더 나아가 무선 ad-hoc 네트워크 내의 이동 호스트들중 유선망 서비스를 지원 받고자하는 이동 호스트들에게 가장 가까운 FA를 찾아 자신의 HA에게 등록하도록 함으로써 유선망 서비스를 지원할 수 있는 라우팅 프로토콜을 제시하였다.

참 고 문 헌

- [1] Charles E. Perkins, editor. IP mobility support. Internet Draft, August 1995. Work in progress.
- [2] S. Corson, J. Macker, "Mobile Ad hoc Networking(MANET)," Internet Draft, Oct. 1998.
- [3] Charles E. Perkins, "Mobile Ad Hoc Networking Terminology," Internet Draft, Nov. 1998.
- [4] S. Corson, J. Macker, S. Batsell, "Architectural Considerations for Mobile Mesh Networking," <http://tonnant.itd.nrl.navy.mil/mmnet/mmnetRFC.txt>, May 1996.
- [5] D. B. Johnson, "Routing in Ad Hoc Networks of Mobile Hosts," In Proceedings of the IEEE Workshop on Mobile Computing Systems and Applications, Dec. 1994.
- [6] Stephen A. Thomas, IPng and the TCP/IP Protocols: Implementing the Next Generation Internet, John Wiley & Sons, Inc., NY, 1996.
- [7] J. Broch, D. B. Johnson, and D. A. Maltz, "The Dynamic Source Routing Protocol for Mobile Ad-hoc Networks," Internet Draft, Dec. 1998.

- [8] R. Sivakumar, P. Sinha, and V. Bharghavan, "Core Extraction Distributed Ad-hoc Routing (CEDAR) Specification," Internet Draft, Oct. 1998.
- [9] M. Jiang, J. Li, and Y. C. Tay, "Cluster Based Routing Protocol(CBRP) Functional Specification," Internet Draft, Aug. 1998.
- [10] V. Park and S. Corson, "Temporally-Ordered Routing Algorithm (TORA) Version-1 Functional Specification," Internet Draft, Aug. 1998.
- [11] Z. J. Haas and M. R. Pearlman, "The Zone Routing Protocol (ZRP) for Ad-hoc Networks," Internet Draft, Aug. 1998.
- [12] C. K. Toh, "A Novel Distributed Routing Protocol To Support Ad-hoc Mobile Computing," In Proceedings of 15th IEEE Annual International Phoenix Conference on Computers and Communications, 1996.
- [13] D. A. Maltz, J. Broch, J. Jetcheva, and D. B. Johnson, "The Effects of On-Demand Behavior in Routing Protocols for Multihop Wireless Ad Hoc Networks," IEEE Journal on Selected Areas of Communications, Vol.17, Issue 8, Aug. 1999.
- [14] Bernard P., Object-Oriented Simulation with Hierarchical, Modular Models, Academic Press, 1990.
- [15] D. A. Maltz, J. Broch, and D. B. Johnson, "Experiences Designing and Building a Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Testbed," Technical Report 99-116, School of Computer Science, Carnegie Mellon University, Mar. 1999.
- [16] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johnson, Y. Hu, and J. Jetcheva, "A Performance Comparison of Multi-Hop Wireless Ad Hoc Network Routing Protocols," In Proceedings of the Fourth Annual ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, p. 85-97, Dallas, TX, Oct. 1998.
- [17] C. E. Perkins, and P. Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance-Vector Routing (DSDV) for Mobile Computers," In Proceedings of the SIGCOMM '94 Conference on Communications Architectures, Protocols and Applications, p. 234-244, Aug. 1994.



김문정

1998년 성균관대학교 정보공학과 졸업 (학사). 2000년 성균관대학교 일반대학원 전기전자 및 컴퓨터공학부 졸업(석사). 2000년 ~ 현재 성균관대학교 일반대학원 전기전자 및 컴퓨터공학부 박사과정. 관심분야는 이동 컴퓨팅, 분산 시스템

업영의

정보과학회논문지 : 정보통신
제 28 권 제 2 호 참조