

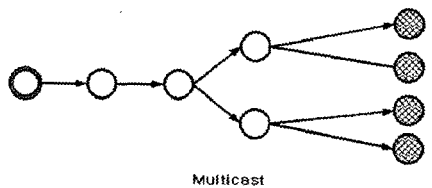
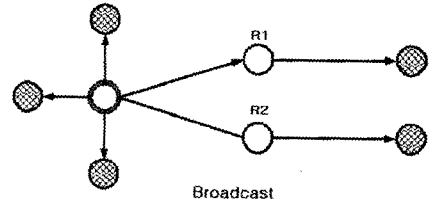
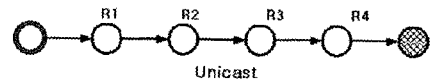
# 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크를 위한 멀티캐스트 라우팅 전략들

안병구 (홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부)

## I. 서론

인터넷에 대한 기술과 그 응용 분야가 지난 몇 년 동안 괄목할 만하게 증가함에 따라 멀티캐스트를 요구하는 응용분야도 점점 더 크게 증가하고 있다. 멀티캐스트(multicast)는 하나의 송신자로부터 같은 멀티캐스트 그룹에 속해있는 여러 개의 수신자들에게 동시에 데이터를 전달하는 유용한 방법이다.

브로드캐스트(broadcast)는 모든 수신자에게 전송하고 유니캐스트는 각각의 수신자에게 개별적으로 전송하는 반면에 멀티캐스트에서 송신자는 하나의 데이터를 단지 한번만에 받고자 하는 모든 수신자에게 전송한다. 따라서, 멀티캐스트는 대역폭(bandwidth)과 노드 과부하(overhead) 등의 효율성에 대해서 많은 장점을 가지고 있다. 이러한 이유 때문에 멀티캐스트는 네트워크 분야에서 가장 각광 받고 있는 분야중의 한 분야이므로 그 동안 유선 네트워크를 위한 많은 프로토콜들이 연구개발 되어 왔다. 다음과 같은 무선 응용들, audio/video conferencing, distance learning, e-commerce, distributed and multiparty games, 을 무선과 모바일 네트워크



〈그림 1〉 유니캐스트, 브로드캐스트, 멀티캐스트

기반 환경에서 지원하기 위해서는 멀티캐스트 기술이 많은 장점을 가지고 있다. 하지만, 존재하는 많은 무선 모바일 네트워크에서는 서로 다른 기술과 프로토콜들을 사용하기 때문에 멀티캐스트는 매우 흥미 있는 연구분야이며, 이러한 네트워크 환경에도 불구하고 멀티캐스트는 그

롭 지향적인 응용 통신에서 매우 유용하고 효과적인 기술임에 틀림없다.

기존의 유선 네트워크에서 사용된 멀티캐스트 기술과 접근들은 다음과 같은 이유들, 주기적인 경로 메시지들에 의하여 야기되는 과부하, 토폴로지(topology) 변화에 대한 느린 접근, 때문에 무선 모바일 네트워크 환경에서는 잘 적용되지 않는다. 현재 두 종류의 무선 네트워크가 존재한다. 첫째는, 고정된 구조 기반 무선 네트워크이다. 이러한 네트워크에서 통신을 지원하기 위해서는 무선 구조들과 통신을 위한 게이트웨어로서 작동되는 많은 고정된 라디오 송수신기들이 필요하다. 고정된 송수신기들은 고정된 링크를 통하여 다른 네트워크로 연결된다. 두번째는 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크로 알려져 있다. 그러한 네트워크 환경에서는 기존의 셀룰라 네트워크처럼 고정된 기지국(base station)들이 존재하지 않으며, 데이터 포워딩(forwarding)을 위해서 모든 노드들은 서로 쌍(peers)으로서 작동한다. 이러한 분산된 환경은 싱글 포인트 실패 문제(single points of failures)를 제거 할 수 있으며, 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크가 다른 무선 네트워크보다 더 강력하고 생존력이 높은 네트워크를 만든다.

본 논문의 주요 목적은 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크에서 존재하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 특성과 차이점을 정의 비교하고 분류한다. 다른 여러 개의 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 이해하고 그들의 디자인 특성들을 비교하기 위해서 그들의 장점과 단점을 정의하여 궁극적으로 어떤 정성적인(qualitative) 비교를 하는 연구를 한다. 일반적으로 고정된 하부구조 기반의 무선 네트워크(즉, 셀룰러 네트워크)를 위한 멀티캐스트 프로토콜들은 다음 세가지 이유들 때문에 Ad-hoc 네트워크에서는 사용될 수 없다. a)Ad-hoc

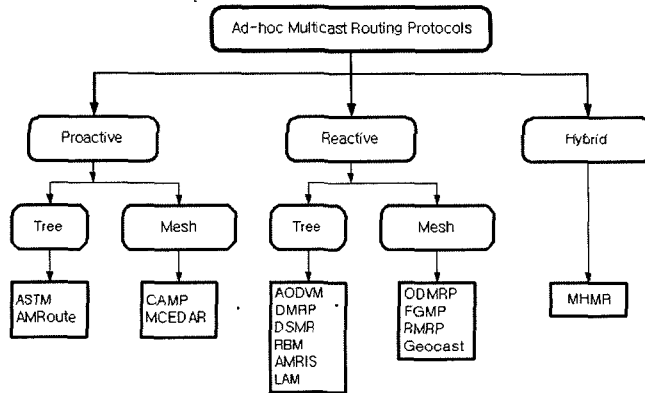
네트워크에서 경로들은 자주 변경된다, b)Ad-hoc 네트워크에서는 경로 계산을 위한 고정된 하부구조가 존재하지 않는다, 그리고 c)전력, 자원 및 범위의 제약이 있다. 만약 이러한 고정된 하부구조를 가지는 무선 네트워크에서 사용되는 프로토콜들이 Ad-hoc 네트워크에서 사용 된다면 처리 및 저장 과부하는 모바일 노드들이 가지는 한계를 넘을 것이다. 라우팅 테이블 갱신(updates)은 중간 정도의 이동성을 가지는 환경에서도 자원의 약 반 정도를 소모할 수 있다는 연구가 있다<sup>11</sup>.

본 논문은 다음처럼 구성되어 있다. II 절은 존재하는 모바일 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 조사한다. 먼저, 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크에서 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 직면하고 있는 이슈 문제들을 설명하고, 다음으로 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 분류를 하며, 마지막으로 그들의 특성들을 비교한다. III 절은 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크에서의 이동성 모델링에 대해 존재하는 연구 및 노력들을 개괄적으로 요약한다. 먼저 이동성 모델링이 멀티캐스트 프로토콜에 미치는 영향에 대하여 설명하고, 멀티캐스트를 지원하기 위한 노드의 이동성 행동에 적당한 실제적인 이동성 모델의 개발과 연구의 필요성에 대해서 설명한다. 본 논문의 결론은 IV절에 주어진다.

## II. 존재하는 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 분류

### 1. 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크에서의 이슈들

모바일 Ad-hoc 네트워크는 빠르게 변화하며, 랜덤(random), 다단계 홉 구조이기 때문에 이러



〈그림 2〉 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 분류

한 네트워크 환경에서 유용한 프로토콜의 개발은 다음과 같은 많은 이슈 문제들을 가지고 있다.

- 동적 다단계 홉 토폴로지(dynamic multi-hop topology)
- 라우팅 정보의 비 정확성(Routing information (in)accuracy))
- 확장성(Scalability)
- 상호작용 및 적응성(Interoperability and Adaptability)
- 효과적인 네트워크자원 사용(Network resource usage efficiency):
- 전력소모(Power consumption)
- 신뢰성과 보안(Reliability and Security)
- 그룹 멤버쉽(가입 및 탈퇴)(Group membership (join/leave operation))
- 품질보증 서비스(Quality of Service (QoS))
- 이동성(Mobility)

## 2. Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 분류

Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 경로 결

정을 하는 시점에 따라 데이터의 실제적인 발생과 관계 없이 전달 구조를 구성하는 사전 결정 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(proactive multicast routing protocols)과 데이터 발생에 의해 전달 구조를 구성하는 요구 기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(reactive multicast routing protocols), 그리고 이런 방식을 혼합한 혼합형(hybrid) 멀티캐스트 라우팅 프로토콜로 분류할 수 있다. 또한, 전달 구조의 형태에 따라 하나의 전달 경로를 통해 데이터가 전송되는 트리 기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜(tree-based multicast routing protocols)과 하나 이상의 전달 경로가 존재하는 메쉬 기반 방식(mesh(non-tree)-based multicast routing protocols)으로 분류할 수 있다. 그림 2는 이러한 분류 기준에 따라 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 분류한 것이다.

- 사전결정 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 (Proactive Multicast Routing Protocols)
  - Tree Based : ASTM<sup>[2]</sup>, AMRoute<sup>[3]</sup>
  - Non-Tree (Mesh) Based : CAMP<sup>[4]</sup>, MCEDAR<sup>[5]</sup>

· 요구기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜  
(Reactive Multicast Routing Protocols)

- Tree Based : AODVM<sup>[6]</sup>, DMRP<sup>[7]</sup>, DSMR<sup>[8]</sup>, RBM<sup>[9]</sup>, AMRIS<sup>[10]</sup>, LAM<sup>[11]</sup>
- Non-Tree (Mesh) Based : ODMRP<sup>[11]</sup>, FGMP<sup>[12]</sup>, RMRP<sup>[13]</sup>, Geocast<sup>[14]</sup>

· 혼합형 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜  
(Hybrid Multicast Routing Protocols)

- MHMR<sup>[15]</sup>

가) 사전결정 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 vs. 요구기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

사전결정 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 각 노드로부터 네트워크내에 있는 멀티캐스트 멤버 노드들에게로의 갱신된 멀티캐스트 정보를 유지한다. 이러한 프로토콜에서 각 노드는 보통 하나 이상의 라우팅 정보 테이블을 보유한다. 그들은 필요한 멀티캐스트 정보를 언제 얼마나 자주 그러한 멀티캐스트 라우팅 정보가 요구되는지에 상관없이 항상 유지하고 주기적으로 갱신한다. 따라서, 그러한 사전결정 방식 멀티캐스트 구조들은 관계된 테이블과 갱신된 멀티캐스트 토폴로지들을 유지하기 위해서 항상 혹은 가끔 멀티캐스트에 관계된 적당한 데이터를 생성 혹은 전달이 포함된다. 그러한 프로토콜은 근본적으로 많은 전력과 자원을 소모한다. 특히 높은 이동성이 있는 토폴로지 변화가 상당히 빠른 환경에서는 더욱 많은 전력과 자원 및 높은 저장 능력이 필요하다. 반면에 이러한 프로토콜들의 실현은 간단하고, 소스 노드가 멀티캐스트 그룹에게 전송할 데이터가 있을 때는 즉시 어떤 멀티캐스트 그룹에게 사용되어질 수 있는 라우팅 경

로가 가능하다.

요구기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 소스 노드에 의한 요구가 있을 때만 멀티캐스트 경로들이 형성되며 멀티캐스트 멤버쉽과 멀티캐스트 경로들은 요구기반 위에서 유지되고 갱신된다. 따라서, 이러한 프로토콜들에서 관계되는 컨트롤 과부하는 네트워크의 실제적인 특성에 의존한다. 일반적으로 정상적인 네트워크 동작에서 이러한 프로토콜들은 과부하를 줄이는 반면에 소스노드의 요구가 있을 때 마다 경로를 형성해야 하므로 경로 형성시간을 증가시킨다.

나) 트리 기반방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜 vs. 메쉬 기반방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜

트리 기반 방식 멀티캐스트 라우팅 프로토콜은 목적지에 멀티캐스트 데이터를 전송하기 위해서 트리 구조들을 사용한다. 멀티캐스트 트리는 소스 노드와 목적지 노드사이에 하나의 경로를 형성하는 것으로 유용하고 간단한 방법이다. 그러나, 기반 네트워크 토폴로지가 자주 변화할 때(예: 모바일 노드) 멀티캐스트 데이터의 전송을 위한 라우팅 경로를 유지하기위한 많은 컨트롤 과부하가 요구된다.

메쉬 기반 멀티캐스트 프로토콜들(meshed (non-tree)-based multicast protocols)은 멀티캐스트 멤버들에게 데이터를 전송하기 위해서 메쉬 기반 접근방법을 사용한다. 멀티캐스트 메쉬는 각 소스 노드에서 목적지 노드에 적어도 하나 이상의 경로를 지원하는 전체 네트워크 토폴로지의 어떤 부분 집합이다. 메쉬는 트리 기반 프로토콜에 비해서 멀티캐스트 멤버들 사이에 많은 연결 경로들을 제공 할 수 있다. 이러한 많은 여분의 경로들은 트리 기반 프로토콜들이 가지고 있는 경로의 단절과 채널 페이딩 문제 등을 해결

할 수 있다. 따라서, 트리 기반 프로토콜처럼 라우팅 경로의 재구성이 자주 요구되지 않으며 패킷 전송의 단절이 거의(즉, 아주 적게) 일어나지 않는다. 반면에 많은 라우팅 경로를 형성하기 위한 증가된 트래픽 문제가 대두된다. 이러한 접근방법에 의해서 얻어진 장점(즉, 증가된 라우팅 경로)과 단점(즉, 증가된 트래픽)은 메시 그룹 노드들 사이의 연결정도와 과잉전달(redundancy) 정도에 의존한다.

### III. Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 성능비교

다음 우리는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 정성적(qualitative)인 비교를 위해서 사용 되어질 파라미터들을 설명한다. 따라서, 정량적인 비교 분석(즉, 상세한 모델링, 시뮬레이션 등)에서 필요한 시간이나 여러 가지 프로토콜들의 통신의 복잡성과 같은 파라미터들은 제공되지 않는다.

1. Routing Philosophy: (Flat, Hierarchical)
2. Multicast Control Overhead: (High, Low)
3. Route Acquisition Delay: (High, Low)
4. Quality of Service Support: (Yes, No)
5. Reliability: (High, Medium, Low)
6. Reaction to High Mobility: (Good, Medium, Poor)
7. Scalability Property: (Good, Medium, Poor)
8. Need for Underlying Unicast Routing Protocol: (Yes\*, Yes, No)
9. Flooding: (Yes, Limited, No)
10. Support of Multiple Routes: (Yes, No)

본 논문에서 사용 되어진 프러딩(flooding) 과

라미터와 그와 관계되어진 여러 값들에 대해서 제한된(limited)의 의미는 포워딩 그룹(forwarding group) 내에서 단지 프러딩 컨트롤(flooding control) 정보를 의미한다. 반면에 Yes는 데이터 프러딩이 요구되는 경우를 의미한다.

비슷하게 파라미터 값 “Need for Underlying Unicast Routing Protocol”는 다음 의미를 가진다. “Yes\*”는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 동작은 특별한 하부 유니캐스트 라우팅 프로토콜에 의존함을 나타낸다. “Yes”는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜이 임의의 하부 유니캐스트 라우팅 프로토콜의 사용이 요구된다. 반면에 “No”는 멀티캐스트 동작을 지원하기 위해서 분리된 특별한 유니캐스트 라우팅 프로토콜이 요구되지 않음을 의미한다.

라우팅 체계 파라미터에 대해서 우리는 두개의 분류 값, “flat” 혹은 “hierarchical”을 정의했다. 본 논문의 내용과 프로토콜들의 비교에서 사용된 “flat”은 네트워크에서 모든 노드들은 물리적으로(physically) 혹은 논리적으로(logically) 서로 상대 쌍으로서 동작함을 말한다. 따라서, 이런 경우에는 어떠한 트래픽도 센터포인트에 집중되지는 않는다. 반면에 “hierarchical”은 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들이 어떤 종류의 계층적(hierarchy) 구조를 가짐을 나타낸다. 계층적 구조는 특별한 노드들의 사용을 바탕으로 하여 다단계 구조를 기반으로 하고 있다. 여기서 설명하는 특별한 노드들은 코어노드(core nodes), 기준 포인트(RPs), 클러스터 헤드(cluster heads) 등과 같은 정보의 밀집체(concentrators)로서 동작 한다. 그러나, 코어 노드의 개념이 단지 컨트롤 정보를 제한하기 위해서 사용되고 그러한 노드들이 데이터 전달 코어 노드로서 반듯이 사용 될 필요성이 없으면 그러한 프로토콜들

〈표 1〉 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 정성적인 비교

Multicast Routing Protocols Comparison Parameters	Proactive				Reactive										Hybrid
	Tree		Mesh		Tree					Mesh					
	ASTM	AMRoute	CAMP	MCEDAR	AODVM	DMP	DSMR	RBM	AMRIS	LAM	ODMRP	FGMP	RMRP	Geocat	
Routing Philosophy (Flat, Hierarchical)	Hier	Flat	Flat	Hier	Flat	Flat	Flat	Hier	Flat	Hier	Flat	Flat	Flat	Flat	Hier
Multicast Control Overhead (High, Low)	High	High	High	High	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Medium
Route Acquisition Delay (High, Low)	Low	Low	Low	Low	High	High	High	High	High	High	High	High	High	High	Low
Quality of Service Support (Yes, No)	No	No	No	No	No	Yes	No	Yes	No	No	No	No	No	No	Yes
Reliability (High, Medium, Low)	Low	Low	Med	Med	Low	Low	Low	Med	Low	Low	High	Med	High	High	High
Reaction to High Mobility (Good, Medium, Poor)	Med	Poor	Med	Med	Poor	Poor	Poor	Med	Poor	Med	Good	Med	Good	Good	Good
Scalability Property (Good, Medium, Poor)	Good	Poor	Good	Med	Poor	Med	Poor	Good	Poor	Good	Med	Poor	Poor	Poor	Good
Need for Underlying Unicast Protocol (Yes*, Yes, No)	Yes*	Yes	Yes	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	Yes*	No	Yes*	No	No	No	No	No
Flooding (Yes, Limited, No)	No	Lim	No	No	No	No	No	No	Lim	No	Lim	Lim	Yes	Yes	No
Support of Multiple Routes (Yes, No)	No	Yes	Yes	Yes	No	No	No	Yes	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes

Yes\*: Special Protocol Required

Limited Flooding: Only Control Information Flooding

은 “flat” 으로 정의 된다. 마지막으로 우리가 반듯이 주의를 가져야 될 사항은 본 논문에서 사용 되어진 정성적인 평가는 절대적인 값이 아니라 상대적인 의미를 가지고 있음을 알아야 한다는 것이다.

표 1 은 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 정성적인 비교를 보여주고 있다.

#### IV. 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 이동성 모델링 및 필요성

##### 1. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능에 미치는 이동성 모델링의 영향

여러 가지 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 성능을 심도 있게 평가하기 위해서는 여러 가지 파라미터들이 여러 다른 시나리오와 조건 하에서 고려 되어져야만 한다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들의 성능 평가를 위해서 사용 되어진 파라미터 들로서는 다음과 같은 것들이 있다. 패킷 전달비율, 전송된 데이터 패킷당 전달된 데이터 패킷의 수, 전송된 데이터 패킷당 컨트롤 패킷의 수. 모든 이러한 파라미터들은 다음과 같은 다른 시나리오 조건 하에서 평가 되어져야만 한다. 이동성, 송신자수, 멀티캐스트 그룹 크기, 네트워크 트래픽 부하, 네트워크 크기 및 밀집도 등. 그러한 많은 시나리오 및 진행 절차들은 유.무선 네트

워크를 위해서 과거에 많은 다른 프로토콜들에서 사용 되어져 왔다. 그러나, 앞에서 설명한 것처럼 이동성은 이동 노드들을 가지는 네트워크에서 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 평가하는데 어떤 또 하나의 차원 문제를 가지고 있다.

모바일 Ad-hoc 네트워크 환경에서는 노드들이 자유롭게 이동하기 때문에 고정된 구조와 자원의 부족은 이동 Ad-hoc 네트워크의 중요한 특성이며 이런 특성은 해결해야만 할 매력적인 통신 해결 문제로 부상되고 있다. 특히, 앞 단락에서 설명된 것처럼 모바일 Ad-hoc 네트워크의 많은 이슈 문제들은 노드들의 이동성으로부터 발생함을 알 수 있다. 예를들어 네트워크 토폴로지의 능동적인 변화와 관계된 이슈, 그룹관리 처리에 포함된 과부하, 트리/메쉬 토폴로지의 구성 및 유지에서의 어려움, 라우팅 정보의 비 정확성, 품질보증 서비스 지원의 어려움 등은 노드들의 이동성에서 그 문제가 기인하고 있다. 멀티캐스트 라우팅 프로토콜의 성능평가 과정의 중요한 목적중의 하나는 효과적인 동작 영역을 정의하고 그 영역범위 내에서 프로토콜 요소들의 과부하를 추정하는 것이다. 이러한 것들을 얻기 위해서 가장 중요한 일들 중에 하나는 노드들의 전송 영역과 이동성에 대한 시스템들 혹은 프로토콜들 각각의 민감성을 결정하는 것이다.

## 2. 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 이동성

무선 네트워크에서 모바일 노드들은 여러 가지 다른 방법으로 이동할 수 있다. 이동성 모델링은 하나의 노드 혹은 여러 개의 집합 노드들의 이동성 행동을 묘사 설명한다. 이동성 모델들은 일반적으로 셀룰러 네트워크와 모바일 Ad-hoc 무선 네트워크에서 새로 설계된 시스템이나 프

로토콜들을 분석하기 위해서 사용된다. 노드 이동성 행동이 관계된 파라미터들의 대다수의 성능에 영향을 준다는 것은 의심할 여지가 없다. 모든 Ad-hoc 네트워크는 셀룰러 네트워크보다 이동성에 더 민감하다. 왜냐하면, 셀룰러 네트워크에서는 기지국이 안정된 하부구조 네트워크를 제공한다. 따라서, 라우팅과 멀티캐스트에 관계된 정보는 단지 모바일 노드가 셀을 떠날 때만 변화되고, 다른 모바일 노드와의 상대적인 연결에는 무관하다.

셀룰러 네트워크에서 통신은 그룹들 사이보다 개인들 사이의 점대점으로 이루어지고 있기 때문에 이동성 모델들은 주로 노드의 개인적인 이동성에 관심이 집중되고 있다. 반면에 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 통신은 주로 팀(그룹)들 사이에서 이동성을 조절하기 위해서 이루어지고 있다. 따라서, 모바일 Ad-hoc 네트워크에서는 개인적인 이동성 모델들 뿐만 아니라 유용하고 실제적인 그룹 이동성 모델들의 개발이 필요하다(특히, 팀들 사이에서 통신을 하는 멀티캐스트 프로토콜들을 평가 할 때). 그러한 모델들은 멀티캐스트 전략들을 최적화하기 위해서 사용될 수 있으며, 여러 가지 프로토콜들의 성능을 평가하기 위해서 이동성 패턴에 대한 실제적인 모델로서도 사용될 수 있다.

이동성 패턴에 대한 초창기 연구의 대다수는 셀룰러 네트워크를 기반으로 하여 이루어져 왔다. 최근에 이동성 모델들은 모바일 Ad-hoc 네트워크에서도 역시 연구 되고 있다. 일반적으로 우리는 존재하는 이동성 모델들을 모바일 노드들 사이에 의존하는 행동전략에 따라서 개인 이동성 모델과 그룹 이동성 모델로 분류하며(i.e. individual mobility and group mobility), 다음 이동 시간 구간을 결정하는 주요한 요소들을 얻는

데 사용 되어지는 메커니즘에 따라서 랜덤 이동성 모델과 사전 정보 도움 이동성 모델(i.e. random mobility and pre-information aided mobility)로 분류 한다. 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 이동성 모델들은 이동 기간(epochs) 들 사이의 움직임에 중점을 둔다. 여기서 기간(epochs)은 어떤 이동 노드가 일정한 속력을 가지고 어떤 일정한 방향으로 움직이는 가장 작은 시간 주기(time periods)를 말한다.

랜덤 이동성 모델에서 새로운 시간 구간을 위한 움직임의 속력과 방향은 바로 직전의 기간에서 그들의 과거 값과는 아무 관계가 없다. 사전 정보도움 이동성 모델에서는 새로운 시간 구간에서 개인적인 움직임의 속력과 방향은 그들의 과거 값(i.e. previous values, predefined trajectory)과 관련 되어진다. 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 노드들간에 상호 의존적인 행동에 대한 그룹 이동성 모델은 시간 기간(time epochs)에 대한 이동성 의존과 똑 같은 그룹의 멤버들 사이의 상호관계를 감지 해야만 한다. 이러한 팀 관계쉽은 네트워크를 몇 개의 그룹으로 분할할 가능하게 하며, 여기서 각 그룹은 그 자신의 이동성 행동을 가진다. 지금까지 개발되어지고 논문에서 사용되어진 이동성 모델의 대다수는 개인적인 노드들의 이동 행동을 다루고 있다<sup>(16-22)</sup>.

실제적인 환경에서 여러 가지 멀티캐스트 프로토콜들을 평가하고 의미 있는 결과들을 얻기 위해서 노드 개인적인 이동성 모델링 뿐만 아니라 노드들 사이의 관계쉽과 시간에 대한 이동성의 의존성을 감지 하기 위해서 그룹 이동성 모델들이 필요하다고 우리는 자신 있게 믿는다. 그러므로 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 여러 가지 멀티캐스트와 라우팅 프로토콜들을 평가하기 위해서는 실제적인 그룹 이동성 모델들의 개발

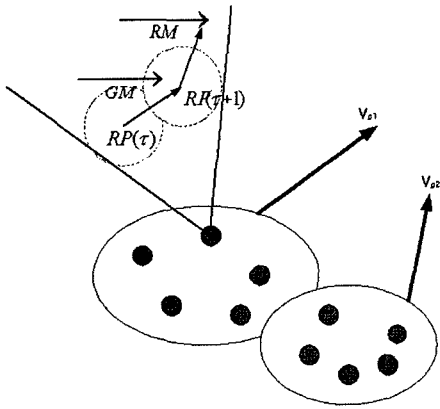
이 절실하게 필요하다. 그러나, 그룹 이동성 모델링 개발은 그룹 행동의 모델에 관한 논문에서 지금까지 매우 적은 노력이 경주되어 왔다. 다음에 우리는 존재하는 대표적인 그룹 이동성 모델들을 설명한다. 이런 설명의 목적은 그룹 이동성 모델링의 필요성을 강조하고 이런 연구분야에 대한 선구적인 노력들을 보여주기 위한 것이다.

### 3. 그룹 이동성

**RPGM :** RPGM(Reference Point Group Mobility)<sup>(23)</sup> 모델에서는 각 그룹(set of nodes)은 어떤 논리적인 중심점(logical center)을 가지고 있다. 그 중심점의 이동은(center's motion) 완전한 그룹의 이동 행동(group trajectory)을 나타낸다. 여기서 말하는 그룹 행동은 위치(location), 속력(speed), 방향(direction), 가속도(acceleration) 등을 포함한다. 각 노드에게는 그룹 이동성을 나타내는 어떤 중심점(reference point)이 지정된다.

$\overline{v}_g$  는 각 그룹의 이동성 벡터를 나타낸다. 어떤 노드의 중심점은 그룹 이동성 벡터  $\overline{GM}(\overline{v}_g)$  를 가지고  $RP(\tau)$ 로부러  $RP(\tau+1)$ 이동한다. 새로운 노드의 위치는 어떤 랜덤 이동성 벡터,  $\overline{RM}$ , 를 새운 중심점,  $RP(\tau+1)$ ,에 더 함으로써 형성된다. 랜덤 이동성 벡터,  $\overline{RM}$ , 의 길이는 어떤 중심점에 중심을 둔 어떤 반지름 내에서 평등하게(uniformly) 분포되어 있으며, 그것의 방향은 0도에서 360도 사이에 평등하게 분포되어 있다. 랜덤 벡터,  $\overline{GM}$ , 는 그 노드의 그전 위치와는 무관하다. RPGM 은 그룹의 이동 행동을 모델하기 위해서 체크 포인트 시퀀스(sequence of check points(path))를 정의 한다. 그룹 센터가 어떤 새로운 체크 포인트에 도착했을 때, 노드는 새로운 이동 벡터,  $\overline{v}_g$ , 를 현재의 체크 포인트와 다음





(그림 1) Reference Point Group Mobility (RPGM)

체크 포인터 위치로부터 계산한다. 이 모델은 전쟁터 환경과 같은 상황을 모델링 할 때 사용될 수 있다. 이런 전쟁터 환경 상황에서는 여러 다른 군인들이 다른 지역에서 똑 같은 일을 수행할 수 있으며, 또한 재난 구조 지역에서 구조 작업을 모델링 할 때 사용될 수 있다. 이런 곳에서는 여러 개의 구조 팀들이 임의적으로 흩어져 있으며 각 팀들은 고유한 그 자신의 그룹 이동 패턴을 가지는 경우가 많다.

**ECRM** : The Exponential Correlated Random Mobility(ECRM)<sup>[24]</sup> 모델은 모든 가능한 이동성을 어떤 이동함수의 파라미터를 조절함으로써 나타낸다. 여기서 이동성은 개인 및 그룹 이동성을 함께 포함한다. 어떤 네트워크 요소(group of nodes or individual nodes)의 새로운 위치  $\overline{b(t+1)}$  는 전위치  $\overline{b(t)}$  의 함수이며, 그것에 어떤 랜덤 변화(random deviation)  $\tau$  이 더해진다. 이 모델은 다음 방정식에 의해서 설명된다.

$$b(t+1) = b(t)e^{i\tau} + \sigma\sqrt{1-e^{-2\tau}}$$

여기서  $b(t+1)$ 는 어떤 시간  $t$ 에서 어떤 노드

혹은 그룹의 위치  $(\tau, \theta)$ 이며,  $\tau$ 는 변화의 비율을 조절하는 시간 상수,  $\sigma$ 는 변화의 분산을 조절하는 분산,  $s$ 는 노드의 속력,  $\tau_i$ 은 가우시안 랜덤 함수이다.

이 모델을 사용하여 대체로 각 그룹의 이동성은 다른 그룹들의 이동성 및 그 그룹안에 있는 노드들과는 독립적으로 조정된다. 각 시간 스텝에서 어떤 그룹은 랜덤하게 선택된 방향에서 랜덤 거리를 이동한다. 거리와 방향을 위해서 각각 정의된  $\tau$ 와  $\sigma$ 는 이동성의 특성을 조정한다. 일반적으로  $\tau$ 의 더 적은 값은 더 많은 랜덤 이동성을 나타내고,  $\sigma$ 의 더 큰 값은 주어진 방향으로부터 더 많은 변화(분산)을 나타낸다. 어떤 그룹 내에서 모든 노드들은  $\tau$ 와  $\sigma$ 변수의 똑 같은 집합을 가진다. 다른 그룹에 있는 노드들은 다른 변수의 집합을 가진다. 이 이동성 모델은 어떤 임기응변(tactical) 네트워크(예를 들어: 몇몇 군인들의 분대로 구성된 전쟁터에서의 전술적 작전이동)에서 전형적인 노드의 이동성을 나타내준다. 각 분대들은 전체가 함께 이동하는 그룹으로 나타내어질 수 있다. 물론 여기서 분대를 구성하는 각 노드들에는 약간의 랜덤 이동성이 존재할 수 있다. ECRM은 완전한 네트워크의 이동성을 정의하기 위해서 그룹 당 완전한 집합(set)  $(\tau, \sigma)$ 을 요구한다. 이 모델의 단점은 파라미터들을 선택함에 의해서 어떤 주어진 이동 패턴을 구현하기가 쉽지 않다는 것이다.

## VI. 결론

모바일 Ad-hoc 네트워크에서 멀티캐스트 프로토콜들은 지난 몇 년 동안 활발한 연구 분야가 되어 왔다. 본 논문은 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 존재하는 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을

조사하고 그들이 가지고 있는 이슈 문제들을 분석하여 현재 연구활동과 최근의 진행 상황을 요약 정리하고, 현재 존재하는 Ad-hoc 멀티캐스트 라우팅 프로토콜들을 분류하고 각 프로토콜들의 특징, 전략, 구조 및 기능에 대해서 논의하며, 그들이 가지는 이러한 특징 점들과 성능평가 파라미터를 사용하여 그들의 특성들을 정성적으로 비교하였다. 또한, 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 모바일 노드의 이동성에 기인하여 추가적으로 많은 이슈문제와 제약조건이 발생함으로 우리는 모바일 Ad-hoc 네트워크에서 이동성 모델에 대하여 조사 분석을 하였다.

#### ===== 참고문헌 =====

- [1] Ching-Chuan Chiang and Mario Gerla, "On-demand Multicast in Mobile Wireless Networks", Proc. of ICNP' 98, Austin, Texas, October 14-16, 1998.
- [2] Ching-Chuan Chiang, Mario Gerla, and Lixia Zhang, "Adaptive Shared Tree Multicast in Mobile Wireless Networks", Proc. of IEEE Globecom '98, November. 1998.
- [3] E. Bommaiah, M. Liu, A. McAuley, and R. Talpade, "AMRoute: Ad-hoc Multicast Routing Protocol", Internet-Draft, draft-talpade-manet-amroute-00.txt, August 1998, Work in progress.
- [4] J.J. Garcia-Luna-Aceves and E. Madruga, "A Multicast Routing Protocol for Ad-hoc Networks", Proc. of IEEE INFOCOM' 99, New York, NY, June, 1999.
- [5] P. Sinha, R. Sivakumar, and V. Bharghavan, "MCEDAR: Multicast Core-Extraction Distributed Ad-hoc Routing", Proc. of the Wireless Communications and Networking Conference, 1999.
- [6] Elizabeth M. Royer and Charles E. Perkins, "Multicast Operation of the Ad-hoc On-Demand Distance Vector Routing Protocol", Proc. of MOBICOM' 99, Seattle, Washington, USA.
- [7] Ruplu Bhattacharya and Anthony Ephremides, "A Distributed Multicast Routing Protocol for Ad-hoc(Flat) Mobile Wireless Networks", ACM/Baltzer Journal of Cluster Computing: Special Issue on Mobile Computing, Vol. 1, No. 2, 1998
- [8] Merrers J, Filios G., "Multicast communication in Ad-hoc networks", Proc. of VTC' 98, 1998.
- [9] M. Scott Corson and Stephen G. Batsell, "A Reservation-Based Multicast(RBM) Routing Protocol for Mobile Networks: Initial route construction phase", ACM/Baltzer Wireless Networks, Vol. 1, No. 4, pp. 427-450, December 1995.
- [10] C.W. Wu, Y.C. Tay, "AMRIS: A Multicast Protocol for Ad-hoc Wireless Networks", Proc. of MILCOM' 99, Vol.1, pp. 25-29, 1999.
- [11] Lusheng Ji and M. Scott Corson, "A Lightweight Adaptive Multicast Algorithm", Proc. of Globecom' 98, 1998
- [12] Ching-Chuan Chiang, Mario Gerla, and Lixia Zhang, "Forwarding Group Multicast Protocol(FGMP) for Multihop, Mobile Wireless Networks", ACM/Baltzer Journal of Mobile Computing, Vol. 1, No. 2, 1998
- [13] Christopher Ho, Katia Obraczka, Gene Tsudik, Kumar Viswanath, "Flooding for Reliable Multicast in Multi-Hop Ad Hoc Networks", Proc. of MOBICOM' 99, Seattle, WA, USA.
- [14] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, "Location-aided routing(LAR) in mobile Ad-hoc networks", Proc. of MOBICOM' 98, October 1998.
- [15] Beongku An, Symeon Papavassiliou, "MHMR: Mobility-Based Hybrid Multicast Routing Protocol

- in Mobile Ad-hoc Wireless Networks”, Wireless Communications and Mobile Computing(WCMC), vol.3, issue 2, 2003.
- [15] Beongku An and Symeon Papavassiliou, “MHMR: Mobility-Based Hybrid Multicast Routing Protocol in Mobile Ad-hoc Wireless Networks”, Wireless Communications and Mobile Computing (WCMC), vol.3, issue 2, 2003.
- [16] S. Basagni, I. Chlamtac, V. R. Syrotiuk, and B. A. Woodward, “A distance routing effect algorithm for mobility(DREAM)”, Proc. of Mobicom’98, Dallas, Texas, USA, pp. 76-84, January 1998.
- [17] David B. Johnson and David A. Maltz, “Dynamic source routing in Ad-hoc wireless networks”, Kluwer Academic Publishes, pp. 153-181, 1996.
- [18] A. Bruce McDonald, Taieb F. Znati, “A Mobility-Based Framework for Adaptive Clustering in Wireless Ad-hoc Networks”, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 17, No. 8, August 1999.
- [19] Ching-Chuan Chiang, “Wireless Network Multicasting”, Ph.D dissertation, University of California, Los Angeles, Department of Computer Science, May 1998.
- [20] Zygmunt J. Hass, “A new routing protocol for the reconfigurable wireless networks”, Proc. of ICUPC’97, pp. 562-566, 1997.
- [21] Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya, “Geocasting in Mobile Ad-hoc Networks: Location-Based Multicast Algorithms”, Proc. of IWCMCSA’99, New Orleans, USA.
- [22] S. Das, R. Castaneda, J. Yan, and R. Sengupta, “Comparative performance Evaluation of Routing Protocols for Mobile, Ad-hoc Networks”, Proc. of 7th Int. Conf. on Computer Communications and Networks(IC3N), pp. 153-161, October 1998.
- [23] Xiaoyan Hong, Mario Gerla, Guangyu Pei and Ching-Chuan Chiang, “A Group Mobility Model for Ad-hoc Wireless networks”, Proc. of ACM/IEEE MSWiM’99, Seattle, WA, August, 1999.
- [24] Ram Ramanathan and Mattha Steenstrup, “Hierarchically-organized, multihop mobile wireless networks”, Mobile Networks and Applications 3(1998), pp. 101-119.

### 저자소개



안 병 구

1988년 경북대학교 전자공학과 (BS)  
 1990년-1994년 포항산업과학기술연구원(RIST), 선임연구원  
 1996년 (미)Polytechnic University Dept. of Electrical and Computer Engineering (MS)  
 1997년-2001년 New Jersey Institute of Technology (NJIT), Lecturer, RA  
 2002년 (미)New Jersey Institute of Technology (NJIT) Dept. of Electrical and Computer Engineering (Ph.D)  
 2003년-현재 홍익대학교 전자전기컴퓨터공학부 교수  
 MARQUIS Who's Who in Science and Technology (세계과학기술인명사전) 등재  
 주관심분야 Wireless Networks, Ad-hoc Networks, Sensor Networks, Multicast Routing Protocols, Mobility Management QoS, Location-Based Technology