

미래 인터넷에서의 인간 이동성 모델링 연구 동향

이장희 | 백상헌

고려대학교

요약

이동성은 미래 인터넷의 필수 요구 사항 중의 하나이다. 그리고 최근에는 단순한 단말기의 이동이 아닌 인간의 이동성(Human Mobility) 모델링을 통해 인간 사이의 상호작용, 통신 패턴 등을 분석하고자 하는 연구가 활발히 진행되고 있다. 본 고에서는 미래 인터넷에서 이동성 지원 아키텍처 및 프로토콜 개발을 위해 필수적인 인간 이동성 모델링과 관련된 최신 연구결과들을 비교, 분석하고 인간 모델링과 관련된 새로운 연구 주제를 제시한다.

1. 서론

현재 인터넷이 가지고 있는 문제점과 한계를 근간에서부터 해결해보고자 하는 미래 인터넷 연구가 최근 전세계적으로 활발히 진행되고 있다. 특히, 현재 인터넷은 이동성을 고려하지 않고 설계되었기 때문에 이동성을 어떻게 지원할 것인가는 미래 인터넷 연구의 중요한 이슈 중의 하나이다.

미래 인터넷에서의 이동성 지원과 관련하여 IP(Internet Protocol)이 가지고 있는 근본적인 문제점인 식별자(ID)와 위치 지시자(Locator)의 결합 문제를 해결하고자 하는 연구가 IETF 등을 중심으로 활발히 진행되고 있다 [1]. 그 중 대표적인 것이 LISP(Locator ID Separation Protocol)이다. 이외에도 ID와 Locator를 분리시키는 다양한 네트워크 구조가 제안되었다. 또한 Proxy Mobile IP(PMIP) 등과 같이 프로토

콜적인 측면에서 이동성 지원을 위한 새로운 통신 프로토콜도 제안되고 있다.

이러한 새로운 이동성 지원 아키텍처 및 프로토콜을 보다 현실적인 환경에서 분석하고 그 결과를 바탕으로 개선 방안을 도출하기 위해서는 노드의 이동성 모델에 대한 연구가 필수적이다. 이러한 노드의 이동성 모델은 이동전화통신망의 설계 및 적용 과정에서도 필수적인 요소이기 때문에 이에 대한 연구가 오래 전부터 진행되어 왔다. 즉, 셀 단위의 네트워크 토폴로지에서도 노드가 어떤 형태(언제, 어디)로 이동하는지에 대한 통계적, 확률적 분석이 널리 진행되어 왔다. 또한 차량과 같이 고속의 이동성을 지니는 환경에서의 이동성 모델링에 대한 연구도 이미 진행되어 왔다.

한편, 미래의 무선/이동 통신망에서는 셀 또는 기지국 단위의 통신뿐만 아니라 노드 간 또는 사람 간의 통신도 주요 통신 기법이 될 것으로 예상된다. 즉, 사람이 다양한 통신 접속 기능을 가진 단말을 가지고 이동을 하게 되고 자신이 원하는 데이터 또는 타인이 원하는 데이터를 자신이 가지고 있는 경우 이를 근거리에서 무선으로 공유하는 것이 가능하다. 또한 간헐적인 네트워크 연결만이 제공되는 센서 네트워크, DTN(Delay/Disruption Tolerant Network) 환경에서 개별적인 노드가 어떤 형태로 이동하는지에 대한 연구가 최근 활발히 진행되고 있다.

따라서 본 고에서는 기존의 이동성 모델과의 비교를 통해 새롭게 제안된 인간 이동성 모델을 비교, 분석한다. 우선 II 장에서는 기존 연구에서 널리 활용되던 이동성 모델을 살펴보고 III 장에서 최근에 제안된 새로운 형태의 인간 이동성 모델을 설명한다. 그리고 IV 장에서는 향후 연구주제를 제시

하면서 결론을 맺는다.

II. 기존 이동성 모델

기존의 이동통신망에서는 성능 분석의 용이성을 위해 Random Walk 모델이 주로 사용되었다. 반면, 모바일 애드혹 환경과 같이 노드가 임의로 이동 가능한 경우 Random Way Point 모델이 NS-2 등의 시뮬레이터와 함께 널리 사용되었다. 본 장에서는 이러한 기존의 이동성 모델을 설명한다.

1. Random Walk

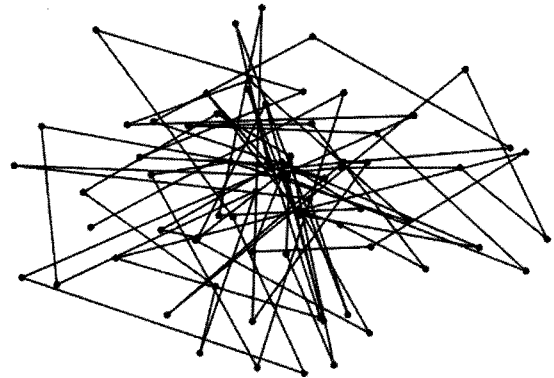
Random Walk 모델은 가장 간단한 이동성 모델 중 하나로 Brownian Motion이라 불리우기도 한다. 이 모델은 자연의 많은 개체들이 전혀 예측하지 못하는 방식으로 이동하는 것을 모방하기 위하여 제시되었다 [2].

이 모델에서는 모든 모바일 노드들이 현재위치에서 방향(각)과 속도를 무작위로 선정한 뒤 일정시간이나 일정거리만큼 다음 위치로 이동한다. 모바일 노드가 시뮬레이션 영역의 경계에 도달했을 경우 들어오는 각에 의해 결정된 각으로 경계 내로 되돌아 온 뒤 이 새로운 경로를 따라 이동한다. 이 모델의 흥미로운 특징 중 하나는 각 노드들은 시작한 위치에서부터 멀리 떨어지지 않는 경향을 가지고 있다는 점이다 [3].

Random Walk 모델은 memory-less한 이동 프로세스이다. 다시 말해 모바일 노드의 현재 속도나 방향은 그 노드의 과거의 값과 독립적이다. 이러한 특성은 갑작스러운 정지나 급격한 방향전환처럼 비현실적인 움직임을 발생시킬 수 있는 단점이 있다. (그림 1)은 이러한 Random Walk 모델을 통한 이동 패턴을 보여준다.

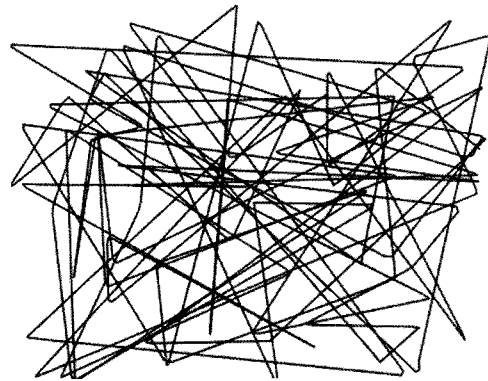
2. Random Way Point

Random Way Point 모델에서는 노드들이 방향과 속도를 변경하는 사이에 정지시간을 가진다 [4]. 모바일 노드는 특정 장소에서 얼마간의 정지시간 뒤에 시뮬레이션 지역내의 임의의 다음 장소를 선택한 후 균등하게 분포된 속도 가운데



(그림 1) Random Walk 경로의 예 [2]

하나를 선택하여 다음 장소까지 그 속도로 이동을 한다. 선택한 장소에 도착한 뒤 다시 정지 시간을 가지게 되는 프로세스를 반복한다. 이 모델은 단순성과 유용성 때문에 NS2 등의 네트워크 시뮬레이션에서 널리 사용되고 있다. (그림 2)는 Random Way Point 경로의 예이다.



(그림 2) Random Way Point 경로의 예 [7]

이 모델은 정지시간이 0인 경우 Random Walk 모델과 비슷한 움직임 패턴을 보인다. 이 모델에서는 이동 속도와 정지시간이 노드의 이동 동작을 결정하는 중요한 변수이다. 정지시간이 길면 상대적으로 네트워크의 토폴로지는 안정적이 된다. 예를 들어 빠른 속도와 긴 정지시간을 가진 노드들로 구성된 네트워크가 느린 속도와 짧은 정지시간을 갖는 노드들로 구성된 것보다 더 안정적이게 된다 [2]. 이 모델은 노드의 평균 속도가 안정적이 될 때까지 오랜 시간이 걸린

다는 단점이 있다. 속도의 최소값을 0으로 둔다면 평균 노드의 속도가 지속적으로 감소하여 정적 상태 (steady state)에 도달하지 못한다[5].

또한 이동중인 노드들이 무작위로 설정된 위치로 가는 데는 시뮬레이션 영역의 주변부에 있기보다 중앙을 통해서 목적지로 가는 경향이 있다. 그러므로 정지중인 노드들이 시뮬레이션 영역에 흩어져 있는데 반해 이동 중에 있는 다수의 노드들은 시뮬레이션 영역의 중앙부근에 무리 지어있는 특징이 있다.

III. 인간 이동성 모델

앞서 설명한 Random Walk 모델과 Random Way Point 모델의 경우 간단하지만 실질적인 노드의 이동을 반영하는 데에는 한계가 있다. 즉, 실제 환경에서는 노드가 임의의 방향, 속도로 이동하는 것이 아니라 주변의 환경 (도로 상황, 지형/지물 등등)에 따라 이동성이 결정되기 때문이다. 따라서 최근에 발표된 인간 이동성 모델에서는 보다 구체적이고 실질적인 환경을 고려하고 있다. 본 장에서는 이러한 새로운 이동성 모델을 살펴본다.

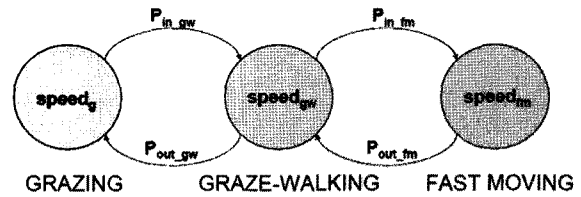
1. Zebra 이동성 모델

이 모델은 ZebraNet [6]이라는 야생동물의 추적을 겨냥한 무선 센서 네트워크를 위해 고안 되었다. [6]에서는 케냐에서 수집한 얼룩말들의 행동에 대한 관측 결과를 토대로 이동성 모델을 제시하였다.

이 모델에서는 시뮬레이션 영역 내에 얼룩말들을 무작위로 배치한 뒤 각각의 얼룩말은 독립적으로 움직이며 보통 Random Way Point 모델의 이동 패턴으로 목적지를 찾아서 이동하고, 하루에 한번 주기적으로 임의의 시간에 물이 있는 곳으로 곧바로 이동한다.

얼룩말의 이동은 (그림 3)처럼 grazing, graze-walking, fast-moving의 세 가지의 모드로 나누어 지는데 해당 모드에 따라 독립적으로 이동 속도와 방향 전환의 각도가 결정된다.

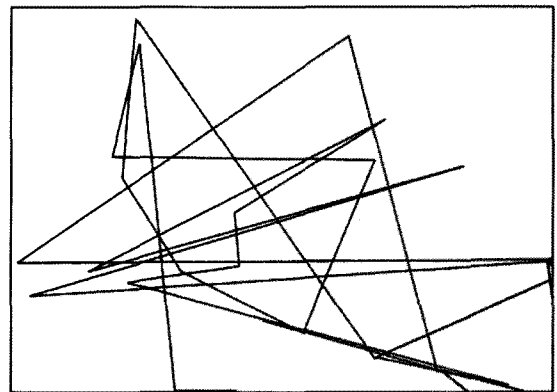
먼저 grazing 모드에서는 가장 낮은 속도로 움직이게 되고 graze-walking 모드에서는 grzing 모드보다 좀더 빠른 속도



(그림 3) 얼룩말 이동모델[6]

로 이동하게 된다. 그리고 Fast-moving 모드에서는 새로운 목적지를 찾아 먼 거리를 이동하는 경우로 빠른 속도로 이동하게 된다. 이들 속도는 grazing모드의 기본 속도의 정수 배로 주어진다.

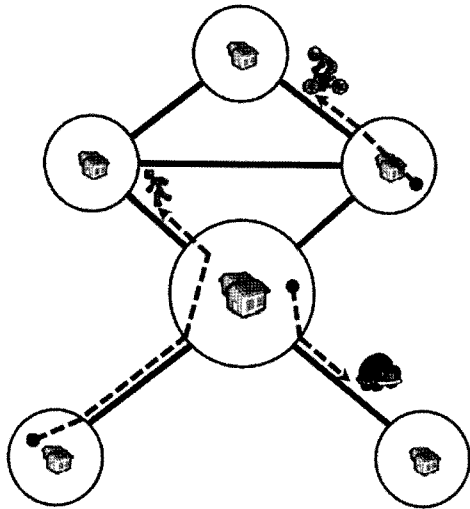
목적지에서 얼룩말은 계속 grazing 모드를 유지할지 임의의 다른 지점으로 이동할지를 임의로 결정하게 된다. 또한 목적지에서의 이동은 실험에서 관찰된 패턴에 따라 각각의 이동 뒤에 다음 이동의 거리나 향하는 방향(각)이 결정된다. (그림 4)는 이러한 Zebra 이동 경로의 예이다.



(그림 4) Zebra 이동성 경로의 예[7]

2. 마을 (Village) 이동성 모델[7]

이 모델에서는 도로를 통해 연결되어 있는 마을 사이를 이동하는 사람의 이동성 패턴을 다루고 있다. 이 때 마을의 영역은 그 마을 주위를 둘러싼 원형으로 나타내어지고 사람들은 이 영역 내에서 움직이게 된다. (그림 5)는 이 모델에서의 이동성 예를 보여준다. 처음에 각 사람들은 특정한 자신의 마을에 배정되고 마을 내부에서의 위치는 무작위로 설정된다. 이 때 넓은 영역을 가진 마을에 더 많은 사람이 배정되게 된다.



(그림 5) 마을 이동성 경로의 예[7]

각각의 사람들은 현재 자신들의 위치에서 자신의 마을로 이동하거나, 현재 자신이 위치해 있는 마을에서 무작위로 위치를 선정하여 머물러있거나, 자신의 마을이 아닌 다른 마을로 무작위로 이동하는 것 중에서 하나의 행동을 선택한다. 이동수단을 선택하는 방법은 이동하는 거리에 따라 정해 질 수 있다. 예를 들어 (그림 5)처럼 이동수단에 차량, 자전거, 걷기 세가지가 있다면 차를 이용할 확률은 다음 마을 까지의 거리와 마을간의 최대거리의 비로 주어지고 자전거와 걷기를 선택할 확률은 일정한 비율로 주어질 수 있다.

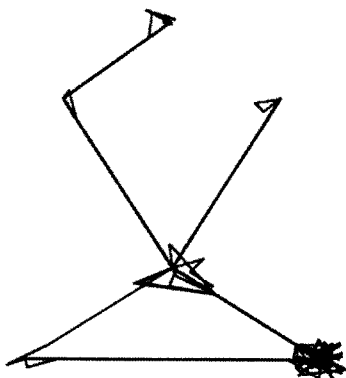
마을 안에서의 이동은 정해진 속도로 이루어 지고, 마을 간을 이동할 경우는 더 빠른 속도로 이동하게 된다. 다른 마

을로 이동할 때 최종 목적지까지 가는 경로와 어떤 마을을 통하여 지나갈지는 널리 알려진 Dijkstra 알고리즘에 의해 결정된다. (그림 6)은 마을 이동성 모델에 의해 생성된 경로의 예를 보여준다.

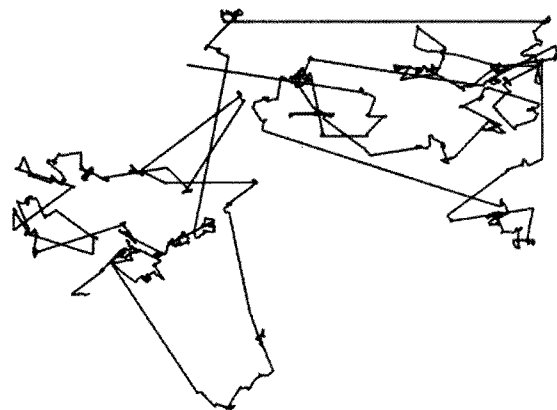
3. Truncated Levy Walk 모델

[8]에서는 대학교, 놀이공원 등에서 GPS기기를 이용하여 사람들의 이동 패턴을 실험하였다. 실험 참가자들은 대부분의 시간을 걷는데 소비하였고 종종 버스나 차를 이용하여 이동하였다. 여러 번의 실험을 통하여 이러한 사람들의 이동 패턴은 Levy Walk의 특성을 가지고 있음을 확인하였다.

Truncated Levy Walk 모델은 이동거리나 이동의 각도, 이동간의 정지시간 등을 임의의 분포로부터 가져오는 통계적인 모델이다. 방향전환이나 정지 없이 한 지역에서 다른 지역으로 이동하는 가장 긴 직선의 이동을 flight라고 하는데, 이 모델은 flight의 길이를 산출 하기 위해 heavy-tailed 형태를 가지고 있는 power law 분포를 사용한다. 이러한 heavy-tailed 특성을 고려하는 이유는 이동 구간은 대부분은 짧게 이루어 지지만 예외적으로 이따금씩 아주 긴 이동이 발생하기 때문이다. 이동하는 각도의 경우 uniform 분포를 통해 생성된다. 이 모델에서는 짧은 이동거리와 긴 이동거리의 비율을 변화 시킬 수 있는 파라미터를 가지고 있고, 순수한 Levy Walk에 truncated 요소를 추가하여 일정한 임계 값 보다 긴 거리를 이동하는 것을 방지한다. 이것은 도로나 건물, 장애물 같은 지형상의 제한 등 사람의 이동에 영향을 주는 요소를 반영한다. (그림 7)은 Levy Walk 경로의 예이다.



(그림 6) 마을 이동성 모델의 예[7]



(그림 7) Levy Walk 경로의 예[8]

4. Map 기반 모델

Map 기반 모델은 노드들의 움직임을 지도 데이터에 정의되어있는 경로에 한정시킨다[9]. 지도는 링크에 의해 연결된 점들로 구성되어 있는데 모든 교차로는 이런 지점이 되고, 도로의 커브 구간은 몇몇의 링크들과 점들에 의해 구성된다[3].

가장 단순한 지도 기반 모델로는 Random Map-Based Movement(MBM) 모델을 들 수 있는데, 이 모델에서 노드들은 지도 데이터에 정의된 경로를 임의로 움직이게 된다. 이 보다 좀더 현실적인 모델로는 Shortest Path Map-Based Movement(SPMBM) 모델이 있다. 이 모델에서는 노드들이 지도상의 어떠한 지점을 선택 한 후 그들이 있는 현재의 위치에서 선택 지점까지 Dijkstra 알고리즘을 이용하여 가장 짧은 경로를 결정하고 이동하게 된다. 이동을 할 특정 지점은 임의로 선택이 되거나 유명한 관광지나 가게, 식당 등 실제로 인기 있는 장소를 바탕으로 한 목록 중 에서 선택 될 수 있다. 또 다른 모델인 Routed Map-Based Movement(RMBM) 모델에서는 특정 노드들이 자신이 이동하는 경로를 미리 결정해서 가지고 있기 때문에 이러한 노드들은 현재 그들이 움직이고 있는 경로상에서 다음 번 목적지를 선택하게 된다. 이러한 방법은 버스나 열차 등과 같은 차량 네트워크에서의 경로를 모델링 하기에 유용하다. [10]에서는 헬싱키의 중심지역을 대상으로 보행자와 차량은 목적지까지 가장 짧은 경로를 이용하여 움직이고 전차는 정해진 경로를 이동하는 모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

5. Working Day 이동성 모델[11]

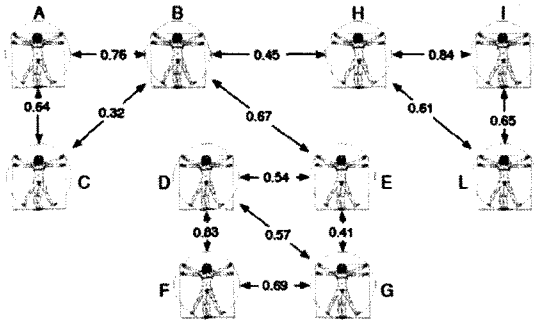
이 모델은 오전에 출근하여 직장에서 시간을 보내고 오후에 집으로 돌아오는 일반적인 사람들의 일상생활을 표현하는 모델로 다른 보조 이동 모델의 요소를 결합하여 만들어진다. 이 모델은 노드들이 행할 수 있는 세 가지의 다른 주요 행동들로 구성된다. 즉, 사람들은 집에 있거나 일을 하거나 퇴근 후 친구들과 여가를 보낼 수 있다. 이 하위 모델들은 매일 반복되어 주기적인 반복 움직임으로 나타난다. 노드들이 동일한 장소에서 동일한 행동을 할 때 커뮤니티와 사회 관계가 형성된다. 예를 들어 같은 집에 있는 노드들은 한 가족의 구성원이 된다. 노드들은 아침에 집에서부터 하루의 행동을 시작한다. 각각의 노드는 기상 시간이 배정된다. 기상

시간에 노드들은 집을 떠나고 각기 다른 운송 수단을 선택하여 직장까지 이동한다. 특정시간 동안 직장에서 일을 한 뒤 노드들은 집으로 돌아갈지 오후 여가를 보낼지 결정한다. 집안에서 노드들은 아주 작은 거리를 이동하거나 기상 시간까지 정지해 있다. 사무실 활동 모델에서 노드들은 자신의 책상에서 Pareto분포에 따른 시간 동안 머물러 있다. 정지해있는 시간이 끝나면 사무실 내에 있는 다른 장소를 선택하여 이동하거나 계속 그 자리에 머무르게 된다. 이러한 패턴은 일과 시간이 종료 될 때까지 반복된다. 오후 활동 모델은 퇴근 이후에 할 수 있는 행동들을 모델링 한다. 이러한 행동들은 쇼핑을 하거나 식당에 가거나 거리를 돌아다니는 행동을 나타낸다고 할 수 있다. 노드들은 시뮬레이션 시작 때 선호하는 만남장소를 배정 받는다. 일과 시간이 끝나면 노드는 선호하는 장소에 기반하여 그룹에 배정되게 된다. 이 그룹에 속한 노드들은 이동 모델에 따라서 선호 장소까지 이동하게 된다. 이 그룹에 속한 노드들이 모두 도착할 때까지 그 장소에서 기다린 후 그룹은 일정 거리를 이동하고 어느 정도 긴 시간동안 한곳에 머물러 있던 후 각자의 집으로 돌아간다. 이동수단을 선택함에 있어서 처음에 일부 노드들은 오직 차량모델을 이용하여 이동하도록 배정되고 나머지들은 버스나 걷기 모델을 이용하여 이동한다. 걷기나 차량모델에서는 목적지까지 가장 짧은 거리를 통하여 각각의 속도로 이동하게 되고, 버스모델에서는 정해진 경로를 따라서 이동 하게 되고 한번에 다수의 노드가 사용할 수 있다.

6. 커뮤니티(Community) 기반 이동성 모델

이 모델은 소셜 네트워크 이론에 기반하여 노드들이 개인들간의 사회적 관계에 따라서 형성된 그룹의 이동성을 표현하는 모델이다 [12]. 이 모델에서는 소셜 네트워크를 통한 사람들 간의 관계 정보를 입력으로 사용한다. 즉, 개인간의 사회적인 관계는 가중 그래프로 표현될 수 있는데 이러한 가중치는 노드들간 사회적으로 연결되어있는 강도를 나타내는 값으로 0과 1사이의 값을 가지게 된다. (그림 8)은 소셜 네트워크에 대한 가중 그래프를 보여준다.

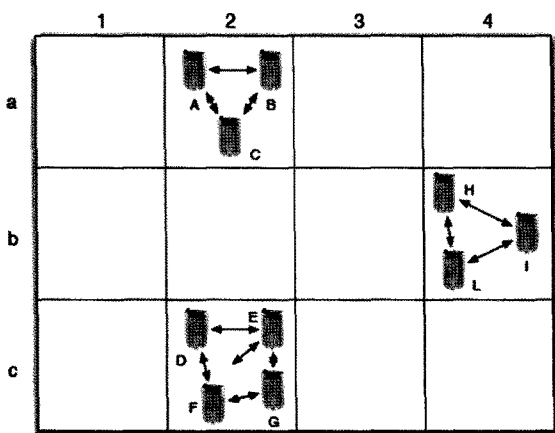
이러한 가중치들을 매트릭스의 형태로 나타낼 수 있다. 이러한 관계 매트릭스는 여러 형태의 사회학 조사나 수학적 모델로부터 얻어지는 자료를 이용하여 구성할 수 있다. 이



(그림 8) 소셜 네트워크의 예[12]

렇게 구성된 상호 매트릭스 요소를 특정 값 이상의 값은 1로 이하의 값은 0으로 놓아 연결 매트릭스를 구성할 수 있고 이 매트릭스는 상호간의 관계를 강조하기 위해 사용된다.

형성된 그룹들을 분리하기 위해서 [13]에 나오는 알고리즘을 이용한다. 네트워크로부터 커뮤니티를 추출하기 위해서 다른 커뮤니티간의 연결에 가장 중심적인 역할을 하는 노드의 edge중 하나를 제거하는 과정을 진행하면 결과적으로 적절하게 구분 가능한 그룹들로 네트워크가 구성되게 된다. 커뮤니티가 확인되면 각 그룹들은 그리드(grid)로 구성된 사각의 장소에 위치하게 된다. 각 그리드는 위치를 나타낸다. (그림 9)은 커뮤니티 기반 이동성 모델의 예를 보여준다.



(그림 9) 커뮤니티 기반 이동성 모델의 예[12]

각자의 장소에 위치하게 되면 각각의 노드는 이동을 위한 목표가 주어진다. 먼저 노드들은 자신이 속해있는 그리드내

에서 임의로 위치를 정하여 이동하게 된다. 그 다음 목적지는 'social attractivity'에 의하여 결정된다. 각각의 그리드는 각각의 노드들에 대하여 'social attractivity'를 가지고 있는데 이는 각 노드와 그리드간의 관계의 강도에 따라 결정된다. 예를 들어 노드A와 강한 관계를 가진 노드B가 어떠한 커뮤니티에 존재하게 된다면 노드B가 속한 커뮤니티가 존재하는 그리드는 노드A에 대하여 큰 'social attractivity' 값을 갖는다. 이에 따라서 노드는 모든 grid에 대하여 'social attractivity'를 계산한 후 가장 높은 값을 가진 grid를 선택하여 그 그리드내의 임의의 장소를 다음 목적지로 선정하여 이동한다. 대부분의 시간을 직장에서 동료들과 관계를 맺고 그외의 시간은 집에서 가족과 관계를 맺는 것처럼 모바일 노드의 이동은 그들이 관계를 맺고자 하는 사람들에 의존하여 각기 다른 패턴에 의해 좌우 된다. 이런 특성을 반영하기 위해 이 모델에서는 시뮬레이션의 다른 기간 동안에 각기 다른 소셜 네트워크를 결합시킨다.

IV. 결론

본고에서는 미래 인터넷에서의 이동성 지원 연구를 위해 필수적인 인간 이동성 모델링과 관련된 연구들을 살펴보았다. 최근의 연구들은 실측된 데이터에 기반하여 새로운 모델을 제시하고 있는데 향후에는 트위터, 페이스북과 같은 소셜 네트워킹의 활성화로 인해 소셜 네트워킹에 기반한 이동성 모델 연구가 보다 활성화될 것으로 예상된다. 또한 노드 간의 단순한 연결성 뿐만 아니라 무선 링크의 품질 또는 WiFi, 3G 등의 다중 연결이 지원되는 환경에서의 인간 이동성 모델에 대한 연구도 진행될 것으로 예상된다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업 (NIPA-2010-C1090-1011-0004) 및 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. 2009-0083838).

참 고 문 헌

[1] 유태완, 백상현, “미래인터넷에서의 식별자-위치 지시자 분리 아키텍처 연구 동향,” SK Telecommunications Review, vol. 18, no. 5, October 2008.

[2] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, “A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research,” Wireless Communication and Mobile Computing, vol. 2, no. 5, pp. 483-502, 2002.

[3] F. Ekman, “Mobility Models for Mobile Ad Hoc Network Simulations,” Master’s Thesis, May 15, 2008.

[4] J. Broch, D. A. Maltz, D. B. Johnson, Y.-C. Hu, and J. Jetcheva, “A performance comparison of multi-hop wireless ad hoc network routing protocols,” in Proc. ACM Mobicom 98, October 1998.

[5] J. Yoon, M. Liu, and B. Noble, “Random waypoint considered harmful,” in Proc. IEEE INFOCOM 03, 2003.

[6] P. Juang, H. Oki, W. Want, M. Maronosi, L. Peh, and D. Rubenstein, “Energy-efficient computing for wildlife tracking: Design tradeoffs and early experiences with ZebraNet,” ACM SIGPLAN Notices, vol. 37, no. 10, pp. 96-107, October 2002.

[7] A. Petz, J. Enderle, C. Julien, “A framework for evaluating DTN mobility models,” in Proc. SCENES 09, March, 2009.

[8] I. Rhee, M. Shin, S. Hong, K. Lee, and S. Chong, “On the Levy-Walk Nature of Human Mobility,” in Proc. IEEE INFOCOM 08, April 2008.

[9] A. Keränen and J. Ott, “Increasing Reality for DTN Protocol Simulations,” Tech. rep., Helsinki University of technology, July 2007.

[10] A. Keränen, J. Ott, T. Kärkkäinen, “The ONE Simulator for DTN Protocol Evaluation,” in Proc. ICST Conference on SIMUTools, 2009.

[11] F. Ekman, A. Keränen, J. Karvo, and J. Ott, “Working day movement model,” in Proc. ACM/SIGMOBILE Workshop on Mobility Models for Networking

Research, May 2008.

[12] M. Musolesi, and C. Mascolo, “A community based mobility model for ad hoc network research,” in Proc. ACM/SIGMOBILE REALMAN’ 06, May 2006.

[13] M. E. J. Newman and M. Girvan, “Finding and evaluating community structure in networks,” Physical Review E, 69, February 2004.

약 력



2010년 고려대학교 전파통신공학과 학사
2010년 - 현재 고려대학교 모바일소프트웨어 석사과정
관심분야: 미래인터넷, 무선 멀티캐스트, 차량 네트워크

이 장 희



2000년 서울대학교 컴퓨터공학과 학사
2006년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
2007년 - 현재 고려대학교 전기전자통신공학부 조교수
관심분야: 미래인터넷, 차량 네트워크, 무선 멀티미디어

백 상 현

