

RTI를 이용한 동적 라우팅 시뮬레이션

임성용, 김용재, 김탁곤
한국과학기술원 전기 및 전자공학과
시스템 모델링 시뮬레이션 연구실

E-mail : {syylim;yjkim}@smslab.kaist.ac.kr, tkim@ee.kaist.ac.kr

Dynamic Routing Simulation using RTI

Seong Yong Lim, Yong Jae Kim, Tag Gon Kim

SMSLAB, Dept. of EE, KAIST

상호 운용성을 높이기 위해 제안된 HLA(High Level Architecture)는 분산되어 있는 모델과 사용자간의 실시간 상호 정보 교환의 구현이 가능하고 이종의 시간 관리 기반을 제공하는 장점이 있다. 본 논문에서는 동적 구조를 가지는 Wireless Network상에서 발생하는 메시지의 동적 라우팅을 RTI를 기반으로 구현하고, 그 결과로 HLA의 실시간 상호 정보 교환에 대한 이점을 확인하여 실시간 분산 시뮬레이션에 대한 적용 가능성을 평가한다.

1. 서론

새로이 제안하고자 하는 네트워크 구조, 혹은 프로토콜을 실제 환경에 적용하기 전에 시뮬레이션하고 검증할 필요성이 있다. 이 때 기존의 시뮬레이터는 정적 구조 네트워크를 가정하여 설계되어 있고, Wireless Network를 시뮬레이션 하기 위해서는 기존의 시뮬레이터에 새로운 라이브러리를 추가하는 방법을 취하고 있다[1].

HLA는 시뮬레이션 모델간의 상호 운용성을 높이기 위해 제안된 것으로, 사용자와 모델간의 실시간 상호 정보 교환이 용이하고, 이 기종 시뮬레이션 모델들 사이에 서로 연동하는 기반을 제공하며 모델간의 정보 교환을 체계적으로 관리하는 구조를 제공한다[3,4].

본 논문에서는 분산 시뮬레이션을 구현하는데

여러 가지 장점을 지닌 HLA을 사용하여 Wireless Network에서의 동적 라우팅을 시뮬레이션하고 적용 가능성을 평가한다.

2. 동적 네트워크

네트워크의 중앙관리구조는 기지국에서 영역 내에 존재하는 이동 노드들로부터의 메시지를 관리하는 방법으로, 하나의 셀에 노드 수가 급증할 경우 영역을 나누어 기지국을 설치해야 하고 계속적인 영역 분할은 기지국 설치의 한계를 지니고 있다. 반대로 분산 관리 구조에서는 각각의 이동 노드가 라우터의 역할을 지니고 있기 때문에 확장성과 동적 구조에서 장점을 지니고 있으며, 현재 무선기기의 증가로 인하여 차세대 무선망의 구조로 제안되었다. [2]

그림 1 에서는 동적 라우팅에서 이루어지는 메시지의 전달과정을 보여 주고 있다.

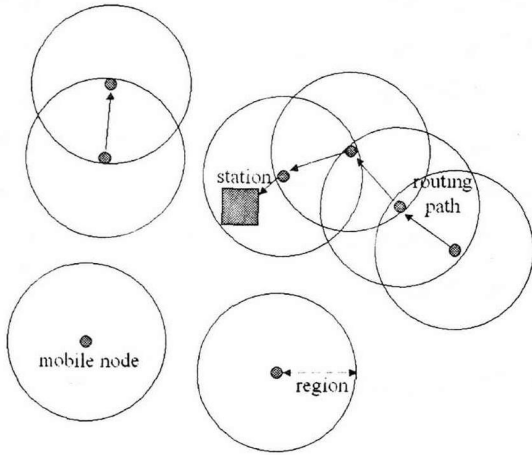


Figure 1 Dynamic Routing

3. 동적 라우팅 설계

3.1 동적 라우팅 시뮬레이션 환경 설계

Wired Network 구조에서는 망을 이루는 노드들의 개수와 위치가 변하지 않으며 노드들 간의 경로가 고정적인 것에 비하여 Wireless Network 을 이루는 노드들은 그 숫자와 위치가 시간에 따라 큰 범위를 가지며 변하며, 이에 따라 노드간의 연결성 또한 연결 접속, 연결 해제를 반복하는 특성을 지니고 있다. Wireless Network에서의 다자간 통신을 가능하게 하기 위하여 동적 구조에 따르는 동적 라우팅이 필요하게 되고 이를 구현하기 위해서 노드들 각각의 병렬 처리와 분산 노드들간의 데이터 전송, 그리고 시간 관리 구조가 적용될 수 있다. 이를 지원하기 위하여 그림 2 에서와 같이 시뮬레이션 집합인 federation 에는 n개의 노드들이 federate 형태로 가입되어 있어서 노드들 간의 통신을 RTI를 통해서 가능하게 한다.

3.2 노드 설계

시뮬레이션에서 사용되는 n개의 노드들은

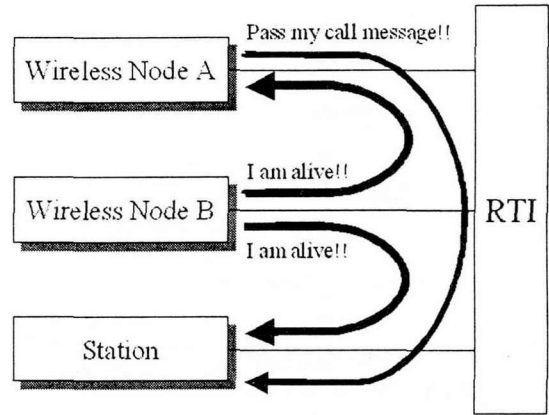


Figure 2 System Architecture

Wireless Phone 혹은 Wireless Computer를 가정하고 이제 다른 조건이 따르게 된다. 먼저 노드들은 사용자가 휴대하기에 편하도록 작게 구현되어 있으며, 동시에 작은 배터리 용량으로 동작한다. 노드가 내보내는 전파는 기지국과 비교하여 짧은 통신 가능 거리를 가지며, 노드의 위치는 전파의 속도에 비하여 작은 속도로 임의의 변경이 가능하다.

각각의 노드들에 저장되는 데이터로는 자기 노드에 대해서는 속도와 위치가 있으며, 상대 노드에 대해서는 통신 가능 거리 내에 있는 이웃 노드들을 담고 있는 리스트가 필요하다. 또한, 기지국으로 향하는 메시지를 이웃 노드로부터 받아서 다음 이웃 노드로 전송하기까지 저장해 두는 버퍼가 있다.

노드는 먼저 데이터 전송 영역의 초기화를 마친 후, 네트워크에 접속한 후, 루프를 반복한다. 루프 내에서 노드는 임의의 속도로 위치를 변경하고 자신의 존재를 알리는 메시지를 자신의 위치, 이름과 함께 계속적으로 전송하고, 전송된 메시지는 수신된 노드에서 위치와 이름을 사용하여 통신 가능 지역과 대상 federate 이름을 확인하고 버퍼에 저장한다. 한편, 노드는 기지국으로 전달해야 하는 메시지를 초기발생노드 정보를 담아

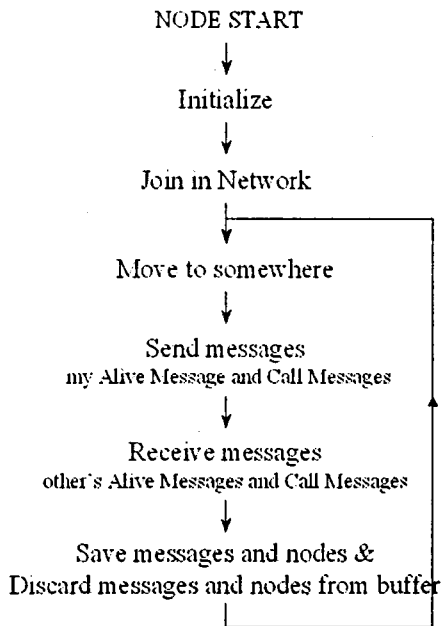


Figure 3 Node's Functionality

간헐적으로 발생 시켜 이웃 노드로 전송하고 이웃 노드에서는 전송이 가능한 다음 이웃 노드를 발견할 때까지 저장하고 있다가 버퍼에 저장된 메시지를 전송하거나, 시간 제한, 전달 되어온 홉 개수 제한에 해당할 경우에는 메시지를 삭제하게 한다. 버퍼에 저장되어 있는 메시지를 라우팅하기 위해 알려진 이웃 노드들 중에 기지국이 있을 경우에는 기지국으로 전송하고, 그렇지 않은 경우에는 임의의 이웃 노드를 선택하여 전송한다. 그림 3에서는 노드가 생성되어 제거될 때까지의 기능을 순서대로 표현하였다.

3.3 연결성 평가

통신 가능 거리가 넓어 포괄적인 관리를 담당하는 기지국이 없는 동적 라우팅 구조에서는 노드간의 연결성이 중요한 문제가 될 수 있다. 이를 측정하기 위하여 각 노드들은 기지국을 향하는 콜 메시지를 발생시키고 메시지는 기지국에 도달할 때까지 송수신을 반복하게 된다. 전송되던 메시지는 노드들을 경유하면서 한 노드에서

오랜 시간을 머무르게 되는 경우나, 혹은 경유하는 노드의 숫자가 일정치에 도달하는 경우에는 도중에 삭제가 된다. 네트워크 영역의 연결성은 발생된 콜 메시지 중에 무사히 기지국에 도달한 메시지의 비율로 평가할 수 있다. 기지국은 위치 변화 없이 기지국의 존재를 계속 알리면서 도달한 콜 메시지를 버퍼에 저장해 둔다.

3.4 네트워크 환경 설정

네트워크 영역 내에 분산된 노드들이 이웃 노드들과 메시지를 주고받는 과정에 있어서 노드간의 거리가 충분하다 하더라도 외부의 제한 조건에 의해서 통신 불능 상태가 될 수 있다. 네트워크 영역 가운데 사용자가 정한 영역 내에 존재하는 모든 노드들은 외부와의 통신이 두절되고, 저장되어 있던 메시지는 시간 제한으로 삭제된다. 통신 불능을 의미하는 영역은 사용자의 의도에 따라 실시간으로 변경이 가능하고 각각의 노드에 계속적으로 수정되어 전달한다.

4. 동적 라우팅 시스템 구현

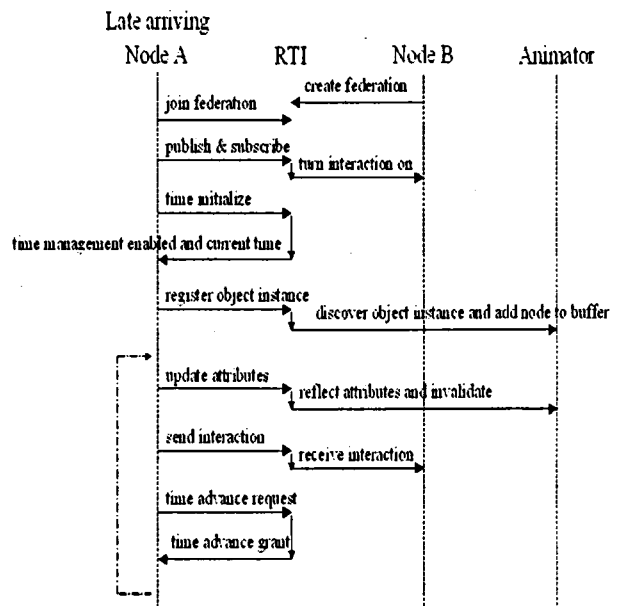


Figure 4 Communication with RTI

4.1 이웃 노드 탐지

수신된 콜 메시지를 전송하기 위해서 각 노드들은 자신의 통신 가능 거리 내에 존재하는 다른 노드들에 대한 리스트를 가지고 있어야 한다. 이 리스트를 유지하기 위해서 각각의 노드들은 반복적으로 자신의 이름과 위치를 담은 Alive 메시지를 전송하고 메시지를 받은 노드는 메시지의 대상 이름이 자신의 이름과 일치하는 지 확인하고, 메시지를 보낸 노드와 자신과의 거리를 계산하여 통신 가능 범위 내에 있는 확인한다. 수신된 메시지의 이름과 리스트에 저장되어 있는 노드의 이름과 일치하는 노드는 타이머를 0으로 reset 하여 재접속을 의미하고, 반대로 시간이 지남에 따라 타이머가 초과한 노드들은 리스트에서 삭제하여 연결 해제를 표현한다.

4.2 시간 관리 구조

네트워크에 접속한 노드는 시간관리를 RTI에 요청하고 RTI는 시간관리 가능 메시지와 함께 현재 시각을 전달해 준다. RTI를 통해서 데이터를 수정하거나 메시지를 전달할 때에는 항상 현

재시각에 고정된 Lookahead를 더한 시각을 메시지에 추가하여 TSO (time-stamp-ordered) event가 되게 하였다. TSO event를 생성할 수 있는 federate를 regulating 이라 하고 시간은 항상 RTI와 함께 진행하여 다른 노드와 함께 시간진행이 된다. 한편 TSO event를 받아들이는 federate를 constrained 이라 하고 모든 노드들은 constrained하게 시간관리 초기화과정에서 RTI에 요청한다.

4.3 Animator

네트워크에 접속되어 있는 노드들의 움직임을 한눈에 보여 주는 역할을 하는 표시기가 필요하고 이를 Animator라 한다. 그림 5에서와 같이 Animator는 하나의 federate로 구현되어 네트워크에 접속하여 각 노드로부터 위치와 통신 가능 범위를 전달받아 노드를 작은 원으로 통신 가능 범위를 큰 원으로 그려주며 두 노드 사이의 거리가 통신 가능할 경우에는 노드와 노드를 이어주는 경로를 표시한다. 노드의 색은 메시지 존재 여부를 의미하여 청색에서 적색으로 바뀌어 메시지를 의미하고, 기지국의 경우에는 통신 가능

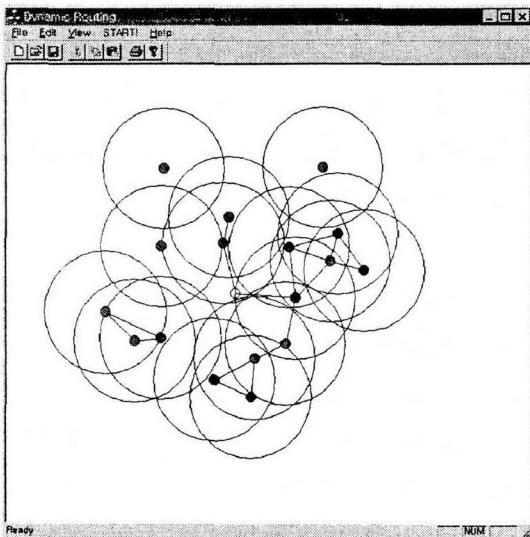


Figure 5 Screen-shot of Animator

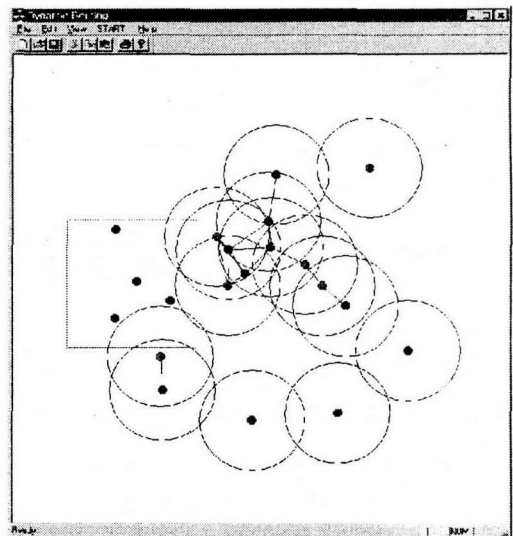


Figure 6 Communication Interference Region

범위가 없는 작은 황색 원으로 메시지가 도달했을 경우는 녹색 원으로 바꾸어 표시한다.

또한 Animator 는 네트워크 영역 내에 존재하는 통신 불능 지역에 대한 정보를 담고 있어 시뮬레이션이 계속되는 동안 사용자로부터 마우스의 입력으로 직사각형의 영역을 설정하고 적색의 사각형으로 표시한다. 동시에 모든 노드들에게 통신 불능 영역의 수정 결과를 전달하고 영역 내에 존재하는 노드들의 채색과 통신 가능 범위, 그리고 노드간의 메시지 경로를 삭제한다.

5. 시뮬레이션 결과 및 분석

네트워크 영역 : 가로 340 X 세로 340
통신 가능 범위 : 반지름 80

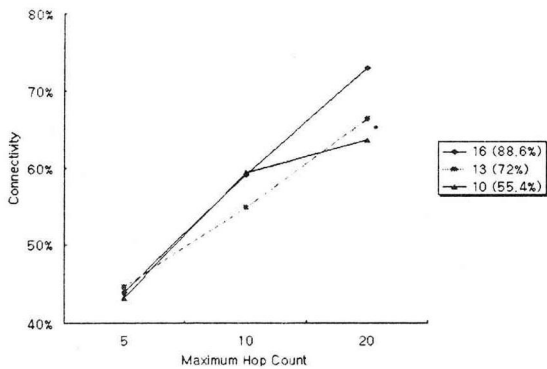


Figure 7 Simulation Result

노드 속도 범위 : [0 , 7]
메시지 시간 제한 : 10 (초)
메시지 홉 경로수 제한 : 5, 10, 20 (개)
영역 내 노드 개수 : 10, 13, 16 (개)

$$Connectivity = \frac{\# \text{ of Received Call Message}}{\# \text{ of Call Message Issue}}$$

메시지의 홉 경로수 제한과 노드 개수를 각각 세 종류로 나누어 각각 10회 시뮬레이션 하여 발생한 콜 메시지의 개수 중 기지국에 도착한 메시지의 개수를 연결성으로 계산하였다. 그림 7에서 보이듯이, 홉 경로 수가 작을 경우에는 전체 영

역에서 노드가 차지하는 영역의 비율을 밀도는 연결성을 보여 주지만 홉 경로수가 증가할 수록 영역 비율보다 좋은 연결성을 가지게 되고, 특히 많은 노드를 시뮬레이션 할 경우에는 가장 큰 기율기를 가지며 증가하고 있다. 발생한 메시지의 44.0%는 5회 노드를 거쳐 짧은 시간 내에 기지국에 도달할 수 있는 것에 비해 20회 이내에 도달하는 67.7% 중 나머지 23.7%는 라우팅 정보의 불확실성으로 인하여 시간 지연되어 도달함을 알 수 있고, 좀더 정확한 라우팅 정보를 이용한다면 충분한 연결성을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

통신 불능 지역을 설정하였을 경우, 네트워크의 연결성이 25% 이하로 급감하여 노드들간의 메시지의 전달이 용이하지 않았다.

6. 결론 및 추후 과제

본 논문에서는 HLA의 분산 시뮬레이션 적용 분야로 Wireless Network에서 분산 관리 구조인 동적 라우팅을 구현하여 네트워크상에서 노드수의 변화와 메시지의 생존시간에 따른 노드들의 연결성을 측정하였다. 이번 실험에서 시뮬레이션이 진행되는 동안 사용자는 외부 입력을 통해 실시간으로 통신 불능 지역을 수정할 수 있으며, 시뮬레이션 모델의 생성과 소거를 결정할 수 있다. 이 결과는 HLA를 적용하여 실시간 분산 시뮬레이션에서 사용자와 시뮬레이션 모델과의 상호 정보 교환이 가능함을 보여 준다.

본 논문에서는 동적 라우팅에 정확한 정보를 제공하지 못하여 노드간의 연결성이 부족한 면을 보이고 있으나, 라우팅 정보를 수정 보완하는데 Mobile Agent를 사용하여 노드마다 전체 네트워크 구조를 저장해 둔다면 네트워크의 연결성을 증가시킬 수 있을 것이다.

참고 문헌

- [1] Xiang Zeng, Rajive Bagrodia, and Mario Gerla, "GloMoSim: A Library for Parallel Simulation of Large-scale Wireless Networks", *Parallel and Distributed Simulation 98*, pp. 154-161, 26-29 May 1998
- [2] Kwin Kramer, Nelson Minar, Pattie Maes, *Tutorial : Mobile Software Agents for Dynamic Routing*, Mobile Computing and Communications Review Vol. 3, No.2, 12 March, 1999
- [3] Richard M. Fujimoto and Richard M. Weatherly, "Time Management in the Dod High Level Architecture", *Parallel and Distributed Simulation 96*, pp. 60-67, July 1996
- [4] DMSO, "HLA Run-Time Infrastructure Reference Manual Version 1.3", March 27, 1998