

모바일 애드혹 네트워크에서 자가 적응형 위치 검증 기법

윤 주 상[†] · 김 영 현^{††} · 백 상 현^{†††}

요 약

위치 기반 라우팅 기법에서는 경로 유지를 위해 모바일 노드 정보를 습득해야 하며 이를 위해 고정된 주기로 비콘 메시지를 자신의 이웃 노드에 전송하는 방법이 널리 사용된다. 하지만 비콘 주기가 길어질 경우 모바일 환경에서 이웃 노드 위치 에러 발생 확률이 높아지게 되고, 반면에 짧은 경우 네트워크 내에서 경로 유지를 위한 오버헤드가 커지는 문제가 있다. 이를 위해 비콘 전송 주기를 동적으로 변화시키는 방법이 제안되었으나 최적의 전송 주기를 찾는 것은 동적인 모바일 환경에서 아주 어려운 일이다. 따라서, 부적절한 비콘 전송 주기로 인해 포워딩 테이블 내에서 잘못된 이웃 노드 정보를 유지하는 불확실성 문제가 빈번하게 발생하게 되고 이로 인해 경로 신뢰성과 네트워크 전송률이 낮아지게 된다. 본 논문에서는 이러한 불확실성 문제를 극복하기 위해서 모바일 노드가 스스로 자신의 위치를 체크하는 능동적 포워딩 테이블 갱신 기법을 가정하여 자가 적응형 위치 검증 기법을 제안한다. ns2를 이용한 시뮬레이션 결과는 다양한 모바일 환경에서 제안 기법이 기존 방법 보다 라우팅 오버헤드를 줄이면서 경로 신뢰성, 단대 단 전송률이 향상됨을 보여준다.

키워드 : 모바일 애드혹 네트워크, 자가 적응형 위치 검증, 위치 기반 라우팅

Self-Adaptive Location Checking Mechanism in Mobile Ad-hoc Networks

JooSang Youn[†] · Younghyun Kim^{††} · Sangheon Pack^{†††}

ABSTRACT

In geographic forwarding algorithms, traditional route maintenance requires mobile nodes periodically exchange beacon messages with their neighbors. In beacon message based forwarding scheme, a longer interval reduces the number of beacons needed, but may result in significant location errors. Conversely, a shorter interval guarantees more accurate location information, but induces control overheads. Therefore, the fixed or dynamic interval scheme based forwarding schemes cannot adapt well to different mobility environments. Also, existing schemes result in the uncertainty of neighbor node's position in the forwarding table of mobile node. Therefore, this paper presents a self-adaptive location checking mechanism based proactive geo-routing algorithm for beacon-based geographic routing. Simulation results show that the proposed routing algorithm not only significantly increases the relay transmission rate but also guarantees the high end-to-end packet delivery in low and high mobility environments.

Keywords : Mobile Ad-hoc Networks, Self-Adaptive Location Checking, Geographic Routing Protocol, Beacon

1. 서 론

무선 애드 혹 네트워크 환경에서 모바일 노드들은 네트워크 구성 측면에서 중앙집중형 관리 기능 없이 자동적으로 네트워크 구성이 설정된다. 이 환경에서 위치 정보 기반의 라우팅은 중요한 라우팅 기법 중의 하나이다. 이 방법에서는 각 모바일 노드가 GPS 시스템 또는 다른 많은 위치정보 기술을 이용하여 각 노드의 위치정보를 설정할 수 있다고

가정하고 있다 [1-3]. 따라서 각 노드가 위치정보를 알고 있다면 위치 기반 라우팅에서는 데이터 전달을 위해 위치 경로 설정을 할 수 있으며 기존 애드 혹 라우팅 프로토콜보다 적은 라우팅 오버헤드를 가지고 위해서 데이터 전달을 수행할 수 있다 [4].

위치 기반 라우팅 프로토콜은 위치 서비스 및 위치 기반 포워딩 두 단계로 구성된다. 위치 서비스 단계에서는 노드의 식별자를 이용하여 해당 노드의 현재 위치를 파악하는 과정을 수행하게 되고 위치 기반 포워딩 단계에서는 이를 바탕으로 하여 (별도의 경로 탐색 과정 없이) 패킷을 전송하게 된다. 즉, 소스 노드가 특정 노드와 통신을 원할 때 소스 노드는 우선 위치 서비스 단계를 통해 특정 노드의 위치 정보를 요청하고 요청 결과를 받은 후 위치 기반 포워딩을

※ 이 논문은 2009년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(No. 2009-0083838).

† 종신회원 : 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수(교신저자)

†† 준회원 : 고려대학교 전자전기전파공학부 박사과정

††† 종신회원 : 고려대학교 전자전기전파공학부 조교수

논문접수 : 2010년 1월 27일

수정일 : 1차 2010년 4월 6일

심사완료 : 2010년 4월 6일

통해서 자신의 전송범위내의 노드들을 경유하여 특정 노드까지 패킷을 전송하게 된다.

일반적으로 위치 기반 포워딩 기법은 경쟁 기반 방식과 비콘 기반 방식으로 분류된다 [5-6, 10]. 경쟁 기반 방법은 모바일 노드가 경로 정보를 유지할 수 없으나 대신 경쟁 과정을 통해 패킷 전송을 위한 다음 번 홉을 결정하게 된다. 따라서 과도한 경쟁으로 인해 패킷 전송에 지연 시간이 길어질 수 있는 단점이 있다. 비콘 기반 방법은 모바일 노드가 고정된 전송 주기를 통해 비콘 메시지를 이웃 노드와 교환하여 라우팅 테이블을 유지한다. 하지만 최적의 비콘 주기 등이 노드의 이동성을 고려하여 결정되어야 하고 프로토콜 구현이 어렵다는 단점을 가지고 있다. 따라서 기존 비콘을 사용하는 위치 기반 라우팅 기법은 효율적인 경로 관리 문제와 이동성이 큰 환경에서 이웃 노드 위치 정보가 불확실한 문제를 가지게 된다.

본 논문에서는 모바일 애드 혹 환경에서 노드 이동성에 위해서 발생하는 라우팅 테이블 정보의 불확실성 문제를 극복하기 위해 기존 주기적 비콘 메시지 전송 방식을 개선한 자가 적응형 위치 검증 기법 (Self-Adaptive Location Checking: SALC)을 제안한다. SALC는 노드 스스로 자신의 위치변화를 체크하여 비콘 주기를 기다리지 않고 빠른 네트워크 내의 변화를 인지하여 라우팅 테이블 내의 정보를 최신으로 유지할 수 있는 방법을 제공함으로써 경로 신뢰성 (path reliability)을 높이도록 하며 또한 라우팅 오버헤드를 줄이는 결과를 보인다.

본 논문은 다음과 같이 구성된다. 2장은 관련 연구, 3장은 제안하는 네트워크 가정에 대해서 기술하고 4장 기존의 위치 기반 포워딩 기법에서의 노드 이동성으로 인한 라우팅 정보 불확실성 문제를 정의하고 5장에서 제안하는 방법을 기술한다. 마지막으로 6장에서 실험결과를 보이고 7장에서 결론을 기술한다.

2. 관련 연구

모바일 애드혹 환경에서 라우팅을 위해 위치정보를 이용하는 기존 라우팅 알고리즘의 대표적 방식은 LAR와 GRID이다. 전통적인 on-demand 라우팅 프로토콜과 다르게 LAR에서는 경로 요청 (Route request) 메시지를 목적지 노드의 방향으로 플로딩하는 방식을 사용하고 있다. 따라서 경로 요청 메시지에 대한 노드의 응답 여부는 목적지에 근접한 영역인지를 판단하여 결정한다. 반면에 GRID는 그리드 (Grid) 시스템을 적용하며 그리드내에 게이트웨이 역할을 수행하는 리더를 선발하여 데이터를 그리드 리더를 이용하여 포워딩하게 된다. 이러한 두 프로토콜은 위치정보를 활용하여 기존 라우팅 프로토콜의 성능을 향상 시키게 된다.

일반적인 위치 기반 포워딩 기법은 Most-Forward-With-fixed-Radius algorithm (MFR)을 통해 목적지에 가장 가까운 노드를 다음 번 전달 노드로 선택한다. 그러나 현재 위치에서 목적지에 가장 가까운 노드에 도달할 수 없을 경

우 패킷은 dead-end에 도달하게 된다. 이러한 dead-end문제를 해결하기 위한 많은 방법이 제안되었다. 한가지 예로 자기보다 목적지에 더 가까운 다른 노드를 찾기 위해서 순환 검색 기법을 사용할 수 있다. GPSR에서는 방법에서는 현재 노드가 우선 relative neighborhood graph (RNG)을 이용해서 planar sub-graph를 생성한다. 그리고 deal-end 기반의 right-hand rule을 이용하여 문제를 해결하고 있다. 다른 접근 방법들은 dead-end 상황을 피하기 위해서 새로운 중간 노드 선택 알고리즘을 제안하고 있다[8].

위치 기반 라우팅은 네트워크 내에 있는 각 노드의 위치를 결정하기 위해서 위치 검색 서비스를 사용한다. RLS는 위치 정보 요청 메시지를 네트워크에 플러딩하고 목적지 노드로부터의 응답을 기다리는 방식을 사용한다. DREAM는 모바일 노드들끼리 위치정보 교환을 통해서 각 노드가 보다 완벽한 위치 데이터베이스를 구축한다. 해쉬 함수를 이용하는 Homezone 기법에서는 노드의 Homezone 을 결정하고 노드 ID를 Homezone 중심으로 해칭시킨다. 마지막으로 GLS는 네트워크 내에 있는 모든 노드에 대한 location 정보를 분산화 시킴으로써 보다 높은 확장성을 제공한다[9].

3. 시스템 모델 및 가정

본 논문에서 가정된 네트워크 모델은 다음과 같다. 우선, 이동성을 가진 모바일 노드는 네트워크 내에서 자유롭게 이동 가능하며 네트워크 내에 균등하게 분산되어 있다. 또한 네트워크 내에 있는 모든 노드들은 기능적으로 동등하며 동일한 전송 범위 내에서 데이터 전송을 수행한다. 이 때 전송 범위는 원으로 가정하며 전송범위 내에 위치한 노드는 이웃 노드 (neighboring node)로 고려된다. 더불어 모든 노드들은 동일한 전송 파워를 사용하며 노드 식별을 위해서 유일한 식별자를 가지고 있다. 또한 각 모바일 노드는 자신의 위치 정보를 얻을 수 있는 장치 (예, GPS 수신기)를 가지고 있다.

본 논문에서 고려하는 위치 기반 라우팅 프로토콜에서는 위치 정보 서비스를 위해 Homezone 접근방법을 사용한다. 또한 각 노드는 주위 노드에 자신의 위치정보를 알리기 위해서 비콘 (비콘) 메시지를 사용한다.

4. 문제 정의

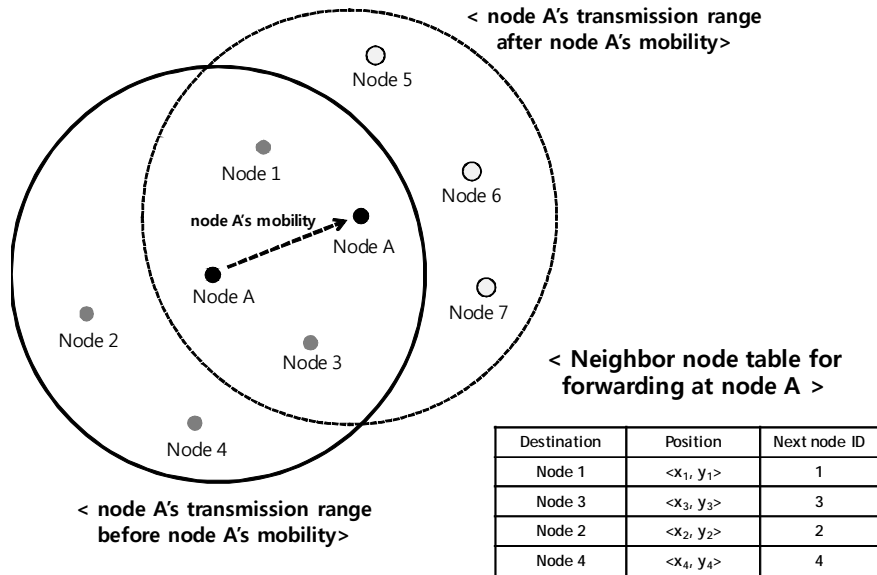
본 장에서는 위치 기반 라우팅 기법에서 노드 이동으로 인해 발생하는 포워딩 테이블 내의 불확실한 이웃 노드 정보에 관한 문제를 정의한다. 위치 기반 라우팅 기법에서는 주기적으로 비콘 메시지를 전송하여 자신의 전송범위 내에 위치한 이웃 노드 정보를 획득한다. 이 때 비콘 메시지에는 자신의 ID와 위치정보를 가지고 있기 때문에 비콘 메시지를 받은 노드들은 자신의 이웃 노드 정보를 획득 할 수 있으며 이를 바탕으로 포워딩 테이블을 작성할 수 있다. 따라서 위치 기반 라우팅 기법에서는 각 노드는 목적지 노드의 위치

정보 값을 이용하여 목적지 노드와 가장 가까운 위치에 존재하는 이웃 노드를 포워딩 테이블에서 선택하여 데이터를 전송한다. 따라서 포워딩 테이블 내 이웃 노드 정보는 데이터 전송 신뢰성을 위해서 중요한 정보이며 또한 경로 신뢰성을 확보하기 위해서 가장 중요한 정보라 할 수 있다. 하지만 잦은 노드 이동은 포워딩 테이블 내의 이웃 노드의 위치정보에 대한 불확실성 문제를 발생 시키는 중요한 요인으로 작용한다.

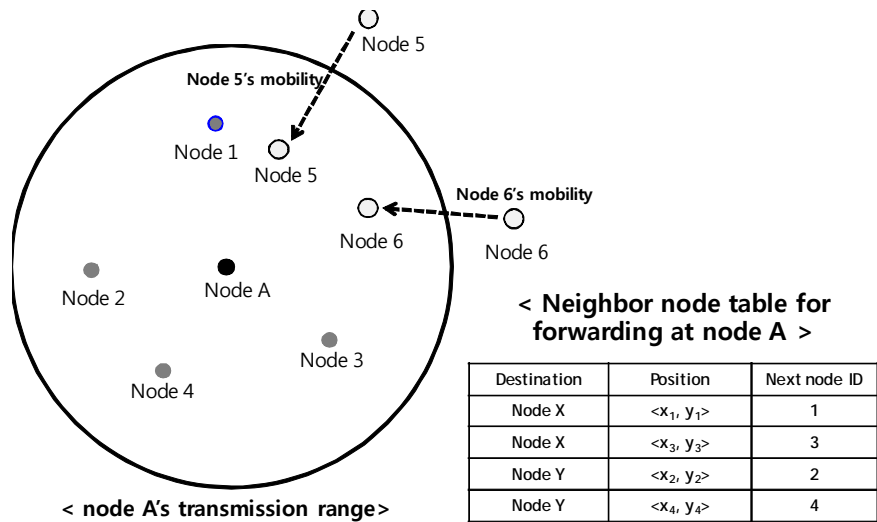
이러한 불확실성의 문제를 다음과 같은 두 가지 경우로 구분할 수 있다. 우선, 첫 번째 경우는 (그림 1)에 노드 A처럼 자신의 위치 이동으로 인해 전송 범위 내에 이웃 노드 정보가 변하는 경우이다. 이 경우 노드 A 내의 포워딩 테이블은 노드 2, 노드 4가 노드 A의 전송범위에서 벗어나게 된

다. 하지만 노드의 전송범위를 벗어나는 이웃 노드(노드 2, 4)의 경우 주기적인 비콘 메시지를 사용하더라도 이웃 노드의 이동에 관한 정보를 수신할 수 없으며 이는 결국 이동한 노드가 주기적 이웃 노드 체크를 할 때 까지는 잘못된 정보를 포워딩 테이블 내에 보유하게 되어 데이터 전송에 치명적 오류를 범할 수 있다. 이 문제를 해결하기 위한 방법은 이웃 노드 정보에 대한 체크주기를 작게 하는 방법이 있을 수 있으나 이 경우 네트워크 내에 과도한 비콘 메시지 전송을 유발할 수 있다.

두 번째 경우는 (그림 2)에 보이는 것처럼 이웃 노드의 이동으로 인한 자신의 전송 범위 내에 새로운 노드들이 추가되는 경우이다. 예를 들어 (그림 2)에 노드 A의 경우 포워딩 테이블 내에 새로운 노드들인 노드 5, 노드 6 이 추가



(그림 1) 노드 이동성으로 인해 발생하는 포워딩 테이블 내 불확실 노드의 예



(그림 2) 노드 이동성으로 인해 유발되는 새로운 노드 발생의 예

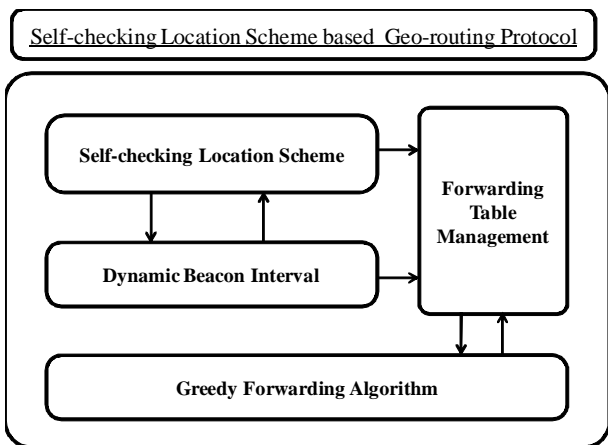
되었다. 이 경우 새롭게 추가된 이웃 노드들에 대한 정보를 빠르게 갱신할 필요가 있다. 왜냐하면 새롭게 추가된 노드들을 이용해서 목적지까지의 빠른 전송을 유도할 가능성이 있기 때문이다. 하지만 모든 노드는 자신의 전송범위 내 추가된 노드의 정보를 감지하지 못한다.

본 논문에서는 주기적 비콘 메시지 기반의 라우팅 방법에서 노드 이동성으로 인해 발생하는 포워딩 테이블 내의 잘못된 이웃 노드 정보 문제를 해결하기 위하여 자가 적응형 위치 검증 기법 (Self-checking Location Scheme: SCLS)을 제안한다. SCLS는 모바일 노드 스스로가 자신의 위치 변화 정보를 체크하는 방법을 사용하여 자신의 전송 범위 내의 이웃 노드에 대한 정보 변화를 스스로 체크하여 빠르게 이웃 노드에 대한 정보를 습득하고 이를 포워딩 테이블 내에 반영하여 최신의 정보를 유지할 수 있도록 한다.

5. 자가 적응형 위치 검증 기법

이번 장에서는 앞 장에서 기술한 것처럼 무선 에드 혹 네트워크 환경에서 위치 기반 라우팅 기법에서 발생하는 이웃 노드 불확실성 문제를 해결하기 위한 자가 적응형 위치 검증 기법(SALC)을 제안한다.

(그림 3)에 보이듯이 SALC는 3가지 기능을 구성된다. 자신의 위치정보 변화를 스스로 체크하는 자가 검증 위치 기법 (Self-checking Location Scheme: SCLS) 파트와 비콘 메시지 전송 주기를 동적으로 변화 시키는 기능을 제공하는 Dynamic Beacon Interval(DBI) 파트, 그리고 포워딩 테이블을 관리하는 파트로 구성된다. SCLS 파트는 각 노드가 가진 GPS를 이용하여 자신의 위치 정보 변화를 주기적으로 확인하게 되며, DBI는 고정된 비콘 메시지 전송 주기를 필요 시 변화 시키는 기능을 담당한다. 포워딩 테이블 관리 파트에서는 SCLS와 DBI를 통해서 테이블 갱신 요청이 발생한 경우 포워딩 테이블 내의 이웃 노드 정보를 새롭게 갱신하는 역할을 수행한다. 자세한 절차는 다음 절에서 기술한다.



(그림 3) SCLS 구성 요소

5.1 Self-checking Location Scheme (SCLS)

SCLS의 목적은 모바일 노드가 스스로 자신의 위치 변화를 체크하여 항상 이웃 노드 정보 및 포워딩 테이블을 최신 정보로 갱신하도록 하는 목적을 가지고 있다. 우선 SCLS는 자신의 GPS 수신기를 통해서 항상 자신의 위치 변화를 체크한다. 위치 변화 체크 방법은 다음과 같다.

$$(x, y) = (x_{old,t} - x_{new,t+1}, y_{old,t} - y_{new,t+1}) \quad (1)$$

여기서 자신의 위치변화 체크는 t 시간마다 GPS 수신기를 통해서 들어오는 자신의 위치 정보를 이용해서 쉽게 체크할 수 있다. 우선 위치변화 조건은 식 (1)의 $x \neq 0$ or $y \neq 0$ 을 만족할 경우이다. 여기서 노드는 자신의 위치 변화를 감지하면 이동한 위치(x_{new}, y_{new})에서 자신의 전송 범위를 재설정한다. 이 때 포워딩 테이블 업데이트를 위해 전송 범위를 벗어나는 이웃 노드들을 삭제하기 위한 삭제 단계와 전송범위 내에 새롭게 추가된 노드를 찾기 위한 추가 단계로 구분하여 알고리즘이 수행된다.

우선 삭제 단계에서는 전송범위를 벗어나는 이웃 노드를 체크하는 방법으로 다음과 같은 절차를 수행한다. (그림 4)에서와 같이 노드의 전송 범위를 R로 가정하고 노드A가 이동한 위치, (x_{new}, y_{new})을 기준으로 현재 위치에서 새로운 전송 범위를 설정한다. 이후 노드 A는 새로운 위치에서 자신의 포워딩 테이블의 이웃 노드들이 노드 A의 새로운 전송범위 내에 존재하는지 여부를 다음과 같이 파악한다. 우선, 노드A는 새로운 위치(x_{new}, y_{new})에서 자신의 포워딩 테이블에 존재하는 이웃 노드들의 위치정보 값을 이용하여 식 (2)처럼 거리 차이값, D, 을 계산하고 만약 D 값이 R보다 큰 경우 전송 범위를 벗어 나기 때문에 포워딩 테이블에서 삭제하고 그렇지 않은 경우는 노드 정보를 테이블 내에 유지한다.

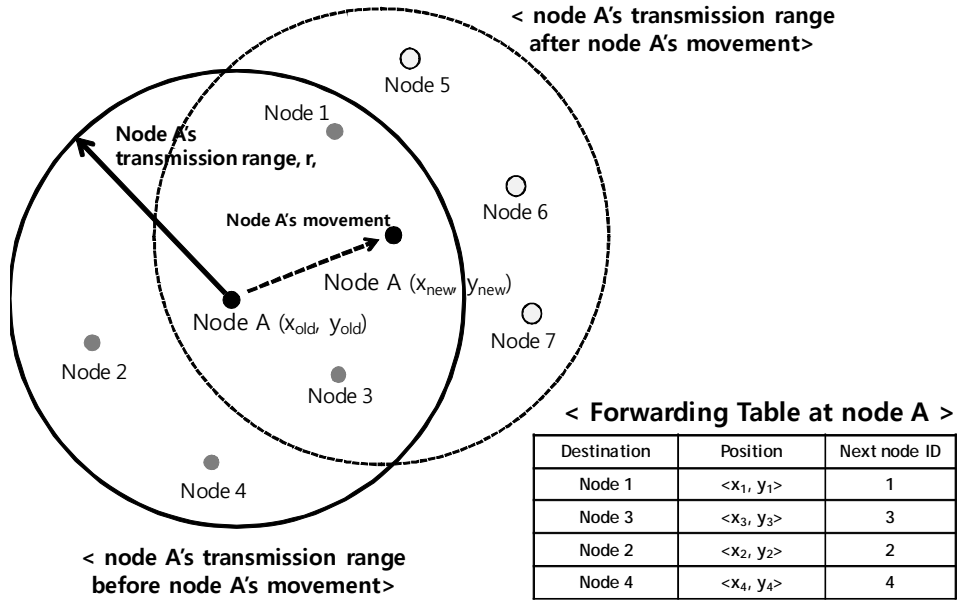
$$D_x = \sqrt{(x_x - x_{new})^2 + (y_x - y_{new})^2} \quad (2)$$

(그림 4)에서 보면 노드 2와 노드 4가 조건: $D_2, D_4 \geq R$ 이므로 노드A의 포워딩 테이블에서 삭제된다. 위 과정을 수행 후 노드 A의 포워딩 테이블은 (그림 5)에서 보이듯이 재구성된다.

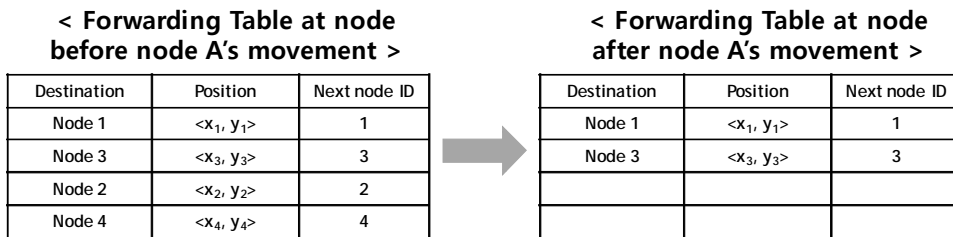
또한 추가 단계는 새롭게 설정된 전송범위 내에 추가될 노드에 대한 정보를 얻는 단계이다. 본 논문에서 포워딩 테이블을 (그림 6)에 보이는 것처럼 두 종류의 포워딩 테이블을 구성한다. 각 노드에 구성되는 포워딩 테이블은 1-hop 이웃 노드로 구성된 1-hop 포워딩 테이블과 2-hop 이웃 노드에 대한 위치정보를 가진 2-hop 포워딩 테이블 등으로 구성한다. 여기서 1-hop 이웃 노드로 구성된 포워딩 테이블은 위에서 언급했듯이 각 이웃 노드의 비콘 메시지를 통해서 구성되며 2-hop 포워딩 테이블 내의 정보는 다음과 같은 방법으로 구성된다. 각 노드는 비콘 메시지를 통해서 자신의

위치 정보를 전송하다. 이때 각 노드는 자신의 현재 포워딩 테이블 정보를 이웃 노드들에게 함께 전송하도록 한다. 이

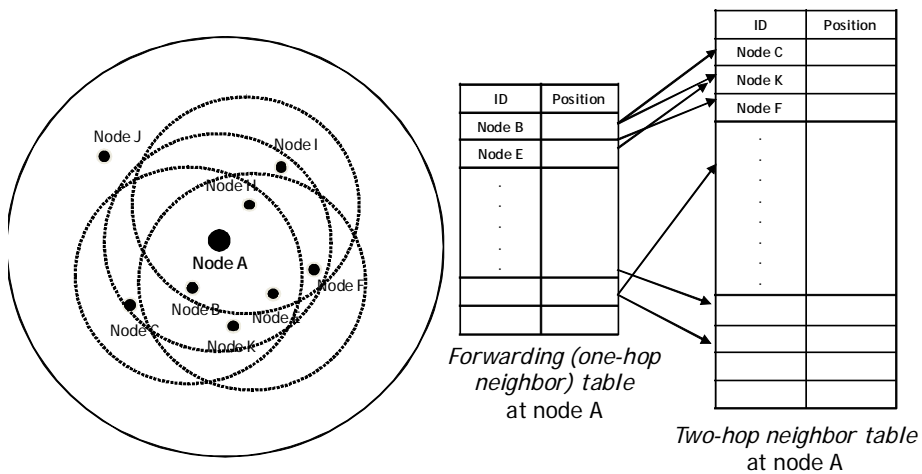
비콘 메시지를 받은 노드들은 전송된 자신의 이웃 노드 포워딩 테이블정보를 이용해서 2-hop 포워딩 테이블을 구성할



(그림 4) SALC에서 불확실 노드 선택의 예



(그림 5) SALC에서 테이블 갱신 과정 예



(그림 6) 1-hop 및 2-hop 포워딩 테이블 구조

수 있다. 1-hop 이웃 노드로 구성된 포워딩 테이블과 2-hop 포워딩 테이블과의 관계 및 구조는 (그림 6)에 표현되어 있다.

(그림 6)에서 2-hop 포워딩테이블이 구성되는 예를 들면 다음과 같다. 노드 A의 1-hop 포워딩테이블의 구성 요소는 노드 B, 노드 E, 노드 F로 구성되며 노드 B의 포워딩 테이블은 노드 A, 노드 C, 노드 K 등이 포함된다. 노드 B는 비콘 메시지 전송 시 자신의 1-hop 포워딩 테이블 내 모든 구성 요소를 포함하여 전송하며 이 메시지를 받은 노드 A는 전송 받은 메시지 내의 정보를 통해서 자신의 2-hop 포워딩 테이블 내에 노드 C, 노드 K에 대해 노드 정보와 그 노드의 위치정보를 구성 요소에 포함 시킨다. 따라서 각 노드들은 자신이 이동 후 위치한 곳에서 추가 되어야 하는 노드들을 검색할 때 새롭게 구성된 포워딩 테이블 내에 존재하는 구성 요소의 2-hop 이웃 노드들을 2-hop 포워딩 테이블에서 검색 후 그 노드들의 위치정보 값을 식 (2)에 적용하여 거리 차이값, D, 을 계산하며 만약 D값이 R 보다 클 경우 전송 범위를 벗어 났다고 판단하고 2-hop 포워딩 테이블에서 삭제 시키며 또한, 다음조건, $D \leq R$, 일 경우 노드의 위치가 2-hop에서 1-hop으로 위치가 이동된 것으로 판단한 후 2-hop 포워딩 테이블에서 삭제 후 1-hop 포워딩 테이블 내에 새롭게 추가한다. (그림 4)에 있는 네트워크 환경에서 위 과정을 수행 후 포워딩 테이블은 노드 6, 노드 7, 노드 8이 새롭게 추가된다. SCLS을 이용한 전체 알고리즘은 (그림 7)과 같다.

5.2 동적 주기 방식을 적용한 비콘 메시지 전송 방법

이번 절에서는 Dynamic Beacon Interval(DBI) 전송 방법을 기술한다. DBI 전송 방법은 이동 노드가 자신의 위치 변화로 인해 자신의 라우팅 테이블 변경이 발생할 경우 변경된 자신의 위치 정보와 새롭게 갱신된 1-hop 포워딩 테이블 정보를 빠르게 이웃 노드들에게 전송한다. 앞 절에서 기술한 불확실한 이웃 노드 문제의 두 번째 경우는 DBI 기법을 이용해서 해결할 수 있다. DBI 기법은 위치 측정 주기, T, 마다 식(2)를 통해서 자신의 위치 변화를 감지하면 위치 변화가 감지되면 비콘 메시지 전송 주기를 빠르게 설정하여 이웃 노드에게 보다 빨리 변경 정보를 알려 준다. 이때 자신의 1-hop 포워딩 테이블 정보의 변경이 있을 경우에는 비콘 메시지를 통해서 포워딩 테이블의 정보를 함께 전송하지만 포워딩 테이블의 정보 변경이 없을 경우는 이 정보를 함께 전송하지 않는다. (그림 2)를 통한 예를 보면 노드 5, 노드 6은 자신의 위치정보 변화를 감지한 후 자신의 위치정보를 이웃 노드에게 알리기 위해서 비콘 메시지 전송 주기가 남아 있어도 빠른 비콘 메시지를 즉시 전송하여 이웃 노드에게 자신의 존재를 알려준다. 전송 후 비콘 메시지 주기는 다시 재설정된다. 빠른 비콘 메시지를 전송 받은 노드들은 자신의 이웃 노드 테이블에서 노드 정보 확인 후 새로운 노드일 경우 테이블에 추가한다.

```

On time t+1
x ← Xold,t - Xnew,t+1
y ← Yold,t - Ynew,t+1
if (x ≠ 0 or y ≠ 0) {

//step 1:
for (i=1; i<=x, i++) { //x: the number of nodes in forwarding table
    Di = √((xi - xnew)2 + (yi - ynew)2 // xi, yi: node i's position in forwarding table
    if (Di > r) // r: transmission range
        eliminate entry about node i in forwarding table and eliminate nodes linked up with node i in 2-hop neighbor table
    else
        maintain entry about node i in forwarding table
}

// step 2:
for (i=1; i<=x, i++) { //x: the number of nodes in 2-hop neighbor table except nodes eliminated by step 1 procedure
    Di = √((xi - xnew)2 + (yi - ynew)2 // xi, yi: node i's position in 2-hop neighbor table
    if (Di ≤ r) // r: transmission range
        add entry about node i in forwarding table and eliminate entry about node i in 2-hop neighbor table
    else
        maintain entry about node i in 2-hop neighbor table
}
}
    
```

(그림 7) SCLS 알고리즘

6. 시뮬레이션 및 결과

본 장에서는 SALC의 성능 평가 결과를 설명한다. 시뮬레이션에서는 비콘 메시지를 이용하는 전통적인 위치 기반 포워딩 기법인 Beacon-based Geographic Forwarding Algorithm (BGFA)과 제안하는 기법인 SALC와 데이터 전송 성공 비율, 경로 홉 수를 비교 분석한다. 우선, 시뮬레이션은 ns2 시뮬레이터[7]를 이용하였으며 시뮬레이션 환경을 <표 1>에 나타나 있다. 각 소스 노드는 Constant Bit Rate(CBR) 모델에 따라 초당10개의 패킷을 발생시키며 실험 결과는 랜덤 네트워크 토폴로지를 발생시켜 5번의 반복 실험을 하였으며 평균 값을 실험 결과 값으로 결정하였다.

제안하는 기법의 성능평가를 위하여 파라미터를 다음과 같이 정의한다.

- Relay Success Rate(RSR): 홉 간 전달의 관점에서 다음 번 홉으로 전달된 패킷의 성공 비율
- End-to-End packet delivery rate: 소스 노드에서 보낸 데이터가 목적지 노드에 전달된 비율
- Beacon message overhead: 실험 실행 동안 발생된 비콘 메시지의 수

<표 1> 시뮬레이션 환경

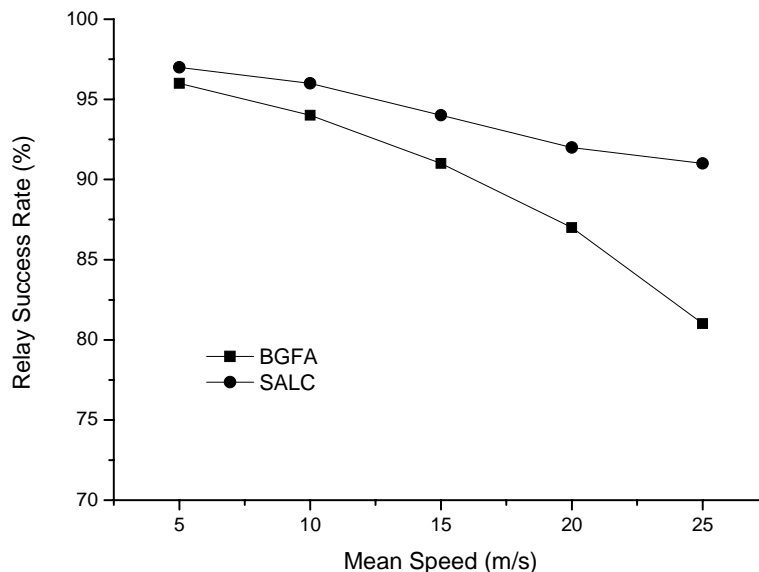
채널 용량	11Mbps
네트워크 내 노드 수	30개
노드의 평균 이동 속도	5, 10, 15, 20, 25 m/s
패킷 크기	128 byte
실험 수행 시간	300초

6.1 Relay Success Rate (RSR)

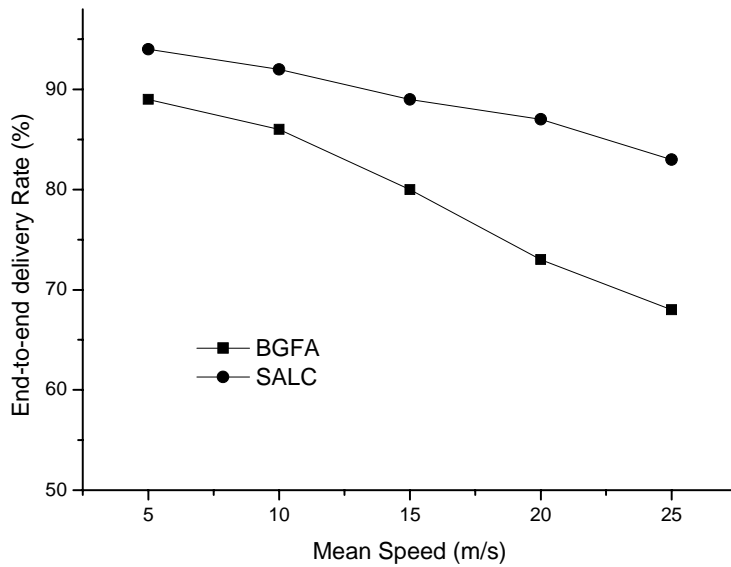
이 파라미터는 본 논문에서 정의한 불확실한 라우팅 요소 비율을 파악하는 척도이다. 즉, RSR 비율이 높을수록 각 노드에 구성된 포워딩 테이블 내의 구성 요소 정보에 대한 신뢰도가 높다고 정의할 수 있다. (그림 8)은 RSR의 결과를 보여주고 있다. 패킷 전달 과정에서 각 노드는 자신의 포워딩 테이블에서 다음 번 홉을 결정한다. 만약 선택한 다음 번 노드가 전송범위 내에 존재하지 않는다면 패킷 전송은 실패할 것이다. (그림 8)에 나타난 바와 같이 낮은 이동성 시나리오에서는 RSR 비율은 BGFA와 SALC에 큰 차이점이 없으며 또한 95%이상으로 포워딩 테이블내의 구성 요소 정보가 확실한 정보를 가지고 있다. 하지만 높은 이동성 시나리오에서 보면 BGFA는 85%의RSR 비율을 나타내고 있으며 SALC은 93% RSR 비율을 보이고 있다. 따라서 제안한 SALC가 높은 이동성 시나리오에서도 포워딩 테이블 내에 정확한 이웃 노드 정보를 가지고 있음을 확인할 수 있다.

6.2 End-to-End packet delivery rate

본 논문에서 패킷 손실은 종단간 경로를 구성하는 노드들의 포워딩 테이블 내의 잘못된 정보로 인해 다음 번 노드로 선택된 이웃 노드가 존재하지 않는 경우 패킷 손실이 발생하는 것으로 가정한다. 즉 각 노드의 포워딩 테이블 내의 이웃 노드의 위치 정보 에러를 줄일 경우 패킷 손실을 줄일 수 있다. (그림 9)에 나타난 바와 같이 낮은 이동성 시나리오에서는 종단간 패킷 전달 비율은 RSR 결과처럼 BGFA와 SALC에 큰 차이점이 없으며 전송률은 각각 93%, 92% 이다. 반면에 높은 이동성 시나리오에서 보면 BGFA는 74%의 전송률을 보이고 있으며 SALC은 91%의 전송률을 보이고 있다. 따라서 SALC가 BGFA보다 높은 전송률을 보이고 있다. 이 실험의 RSR 비율 보다 낮은 성능 결과를 보여주고 있다. 이유는 종단간 전송 성공 확률은 종단간 경로를 구성



(그림 8) Relay Success Rate versus Mean Speed of all mobile nodes



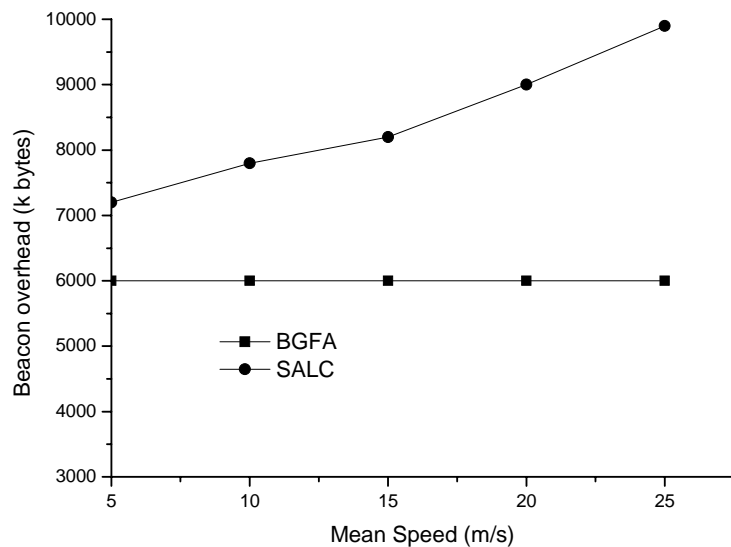
(그림 9) End-to-end Delivery Rate versus Mean Speed of all mobile nodes

하고 있는 홉 간 전송 성공 확률에 의해 결정된다. 즉, 홉 간 전송 성공 확률이 낮을 수록 종단간 전송 성공 확률은 더욱 낮은 결과를 얻게 된다. (그림 9)에 나타난 결과를 통해서도 보면 기존 방식인 BGFA에 비해 SALC방식을 이용하는 경우 네트워크 내에 존재하는 노드들의 포워딩 테이블 내에 이웃 노드 정보가 더 정확함을 확인할 수 있다.

6.3 Beacon message overhead

(그림 10)은 비콘 메시지 오버헤드를 나타내고 있다. 비콘 오버헤드는 발생된 메시지 수와 메시지 크기를 이용해서 나타냈다. 기존 방식에서 사용되는 비콘 메시지는 35 바이트 크기를 사용하지만 제안하는 방식에서 비콘 메시지 크기는 동적으로 변한다. 그 이유는 제안하는 SALC 방식에서는 자

신이 구성한 포워딩 테이블 정보를 함께 전송해야 하기 때문이다. 따라서 제안하는 방식에서는 비콘 메시지 전송 시 헤더 필드에 전송되는 메시지의 크기를 함께 전송하도록 구현하였다. (그림 10)에 나타난 결과를 통해서 보면 낮은 이동성 시나리오에서는 기존 방식인 BGFA에 비해 SALC 방식이 더 많은 비콘 오버헤드를 가짐을 보이고 있다. 또한 높은 이동성 시나리오에서도 SALC 방식이 더 많은 비콘 오버헤드를 가짐을 보인다. 이유는 포워딩 테이블 정보를 포함한 메시지 전송뿐만 아니라 SALC 방식에서는 동적이 비콘 메시지 주기 방법을 사용하고 있기 때문이다. 제안한 방법에서의 비콘 메시지 오버헤드가 기존 방법보다 증가되는 단점을 가지고 있다 하지만 <표 2>에 결과를 보면 이 메시지의 양은 실험 시간 동안 발생한 네트워크 내에 발생하는



(그림 10) 전송된 비콘 메시지 총 수

<표 2> 발생한 총 데이터 대비 비콘 메시지 총 크기 비교

평균속도(m/s)	발생한 데이터 메시지의 총 크기, a, (Bytes)		발생된 비콘 메시지의 총 크기, b, (Bytes)		총 데이터 vs. 총 비콘 메시지 (b/a*100)	
	BGFA	SALC	BGFA	SALC	BGFA	SALC
5	3918500	5458400	6000	7240	0.15312	0.13264
10	3125900	5125600	6000	7820	0.191945	0.152568
15	2752300	4632510	6000	8120	0.217999	0.175283
20	2236580	4026680	6000	8760	0.268267	0.217549

총 데이터 트래픽 양에 비해서 작은 양의 트래픽 임을 확인할 수 있다. 또한 총 데이터 대비 총 비콘 메시지의 양이 BGFA 보다 제한한 SALC가 작은 비율을 보이고 있다. 이 이유는 BGFA가 (그림 8), (그림 9)에 나타난 것처럼 라우팅 프로토콜 내에 잘못된 정보로 인해 데이터 전달 비율이 작기 때문이다.

7. 결 론

본 논문에서는 위치기반 라우팅 프로토콜에서 네트워크 내에 모바일 노드의 이동성으로 인해 발생하는 라우팅 문제를 새롭게 정의하였으며 이 문제들을 해결하기 위한 자가 적응형 위치 검증 기법 (Self-Adaptive Location Checking mechanism: SALC)을 제안하였다. 제안한 SALC는 노드 스스로 자신의 위치 변화를 감지하며 변화된 위치에서 자신의 전송 범위에 속하는 이웃 노드들의 존재 유무를 능동적 방식으로 체크하여 자신의 포워딩 테이블 내에 잘못된 이웃 노드 정보를 스스로 갱신하는 방법을 사용한다. 더불어 이웃 노드의 존재 유무와 위치정보를 빠르게 알려주기 위해서 비콘 메시지 전송 주기를 동적으로 변화할 수 있는 Dynamic Beacon Interval (DBI) 방식을 사용한다. 제안된 방식은 노드 이동성이 높은 환경에서는 기존 방식보다 홉 간 전송 측면에서의 데이터 전송률 8% 및 단대단 데이터 전송률 17%의 향상됨을 보였다. 이 결과는 각 노드의 포워딩 테이블 내에 다음 번 홉으로 결정되는 이웃 노드 정보의 신뢰도가 SALC 방법에서 향상 되었음을 증명하는 것이다. 하지만 이동성 증가로 인해 전송된 비콘 메시지의 총수가 1.7배 정도 증가함을 보였다. 이 점은 제안한 방법의 단점인 비콘 메시지 overhead 증가를 나타낸다. 향후 연구로는 비콘 메시지 overhead 감소를 위한 추가적인 방법이 필요하며 제안한 방법의 수학적 분석을 통해 각 노드에서 이동성 상황을 고려한 비콘 메시지 최적 교환 주기를 결정하는 연구를 진행할 계획이다. 또한 제안된 SALC 기반 위치 라우팅 기법은 이동성 시나리오가 가정된 MANET 환경에서 위치기반 응용 어플리케이션을 위한 라우팅 프로토콜로 사용 가능 하다.

참 고 문 헌

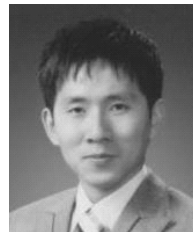
- [1] G. Dommety, R. Jain, "Potential Networking Applications of Global Positioning Systems (GPS)," Technical Report TR-24, Department of Computer Science, The Ohio State University, April, 1996.
- [2] T. He, C. Huang, B. Blum, J. Stankovic, T. Abdelzaher, "Range-free localization schemes in large scale sensor networks," in proc. on the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking(MobiCom), pp.81-95, Sept., 2003.
- [3] K.F. Ssu, C.H. Ou, H.C. Jiau, "Localization with mobile anchor points in wireless sensor networks,"IEEE Transactions on Vehicular Technology Vol.54, No.3 pp.1187-1197. 2005.
- [4] E.M. Royer, C.K. Toh, "A review of current routing protocols for ad hoc mobile wireless networks," IEEE Personal Communications, Vol.6, No.2, pp.46-55, 1999.
- [5] M. Zorzi, R.R. Rao, "Geographic random forwarding (GeRaF) for ad hoc and sensor networks: multihop performance," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.2, No.4, pp.337-347, OCTOBER-DECEMBER 2003.
- [6] M. Zorzi, R.R. Rao, "Geographic random forwarding (GeRaF) for ad hoc and sensor networks: energy and latency performance," IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.2, No.4, pp.349-365, OCTOBER-DECEMBER 2003.
- [7] The Network Simulator, NS-2, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [8] L. Blazevic, J.Y.L. Boudec, S. Giordano, "A location-based routing method for mobile ad hoc networks,"IEEE Transactions on Mobile Computing, Vol.4, No.2, pp.97-110, April, 2005.
- [9] J. Li, J. Jannotti, D.S.J. De Couto, D.R. Karger, R. Morris, "A scalable location service for geographic ad hoc routing," in proc. on the Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom), pp.120-130, Aug., 2000.
- [10] CH. Chou, K-F. Ssu, HC. Jiau, "Dynamic Route Maintenance for Geographic Forwarding in Mobile Ad Hoc Networks," Computer Networks, Vol.52, No.2, pp.418-431, Feb., 2008.



윤 주 상

e-mail : jsyoun@deu.ac.kr
2001년 고려대학교 전기전자전파공학부 (학사)
2003년 고려대학교 전자공학과(공학석사)
2008년 고려대학교 전자컴퓨터공학과(공학 박사)

2002년 한국전자통신연구원 위촉연구원
2008년~현재 동의대학교 멀티미디어공학과 조교수
관심분야: 에드혹/센서 네트워크, 멀티네트워크, 이동 네트워크 등



백 상 현

e-mail : shpack@korea.ac.kr
2000년 서울대학교 컴퓨터공학부(학사)
2005년 서울대학교 전기컴퓨터공학부(박사)
2006년~2007년 캐나다 워털루대학교 박사 후 연구원

2007년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 조교수
관심분야: 미래 인터넷, 이동성 관리, 차량 네트워크 등



김 영 현

e-mail : younghyun_kim@korea.ac.kr
2005년 숭실대학교 컴퓨터학부(학사)
2007년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
2008년~현재 고려대학교 전자전기전파 공학부 박사과정

관심분야: 무선/이동 네트워크, 네트워크 보안 등