

Idle 상태 단말을 위한 이종 무선 통신망 환경에서의 네트워크 선택 알고리즘

강준석, 한승재
연세대학교 컴퓨터 과학과
e-mail : jun.kang@yonsei.ac.kr, sjhan@cs.yonsei.ac.kr

Network Selection Algorithm for Idle Status Mobile Sets under the Heterogeneous Wireless Network Environment

JunSeok Kang, SeungJae Han
Dept. of Computer Science, Yonsei University

요 약

본 연구는 idle 상태의 단말을 위한 이종 무선 통신망 환경에서 네트워크 선택 알고리즘을 제안한다. 제안 하는 알고리즘은 셀과 사용자 각각의 상대적 상태 정보를 이용하는 프로파일 기반 네트워크 선택 프레임워크(Profile-based Network Selection Framework, PNSF)에 기반한다. PNSF는 traffic status, mobility, 그리고 QoS (Quality of Service) 카테고리의 정보들을 바탕으로 셀과 사용자의 프로필을 생성한다. 생성된 프로필들을 3 차원의 프로필 공간에서 위치 시키고 각 셀과 사용자 프로필 사이의 거리를 각 카테고리를 구성하는 요소의 정적 특성을 반영하여 계산한다. 사용자는 최종적으로 가장 거리가 긴 셀을 선택하여 location update 를 수행한다. 본 연구에서 제안하는 알고리즘은 이종의 무선 통신망 환경의 특성과 idle 모드의 특성을 반영하여 location update 의 발생 빈도를 합리적으로 줄이면서도 급증하는 데이터 통신 사용을 고려하여 사용자가 네트워크에 전체에 적절히 분산되도록 선택한다.

1. 서론

무선 통신망 기술의 급격한 발전은 다양한 특성을 가지는 이종의 무선 통신망이 중첩되는 구조로 발전하였다. 3 세대 이동통신 기술의 보급이 급속히 이루어졌지만, 여전히 2 세대 통신망이 상존하고 있으며, 보다 진보한 WiMAX 도 도심을 중심으로 기존의 무선 통신망이 존재하는 지역에 중첩되는 형태로 설치되고 있다. 또한 이들 무선 통신망과는 그 성격이 매우 다른 wifi 망도 커버리지의 범위가 넓어지고 촘촘해지고 있다. 이종의 무선 통신망 환경이 구축됨에 따라서 단말기도 둘 이상의 무선 통신망을 동시에 지원하고 있으며, 이들 무선 통신망간의 이동성을 보장하기 위한 많은 시도들이 이루어지고 있다. 하지만 이런 연구들의 대부분은 사용자 단말이 서비스를 이용 중인 경우를 가정하고 이루어져 왔으며, 실제 단말이 대부분의 시간 동안 속해 있는 idle 상태에서의 이동성에 대해서는 거의 간과되어 왔다.

특히 기존의 idle 상태에서의 네트워크 선택 알고리즘은 대부분 이동 중에 location update 의 횟수를 최소화 하여 에너지 소비를 최소화 할 수 있도록 신호세

기에 기반하여 셀을 선택하여 왔다. 하지만 이는 기존의 단순한 음성 통신 위주의 단일망 사용환경만을 고려한 방법으로, 앞서 언급한 바와 같이 이종의 무선 통신망을 사용할 수 있도록 기반 환경이 변화하고 있다는 점과 사용자의 서비스 사용패턴이 음성 통화 위주에서 빈번한 데이터 통신 위주로 변화하고 있다는 점을 충분히 반영하지 못하고 있다. 기존의 음성 통화 위주의 패턴에서는 통화와 통화 사이의 idle 상태가 연속적으로 길었으나, 현재는 상당수의 단말이 데이터 통신을 위하여 active 모드에 빈번히 진입하고 있으며, 따라서 idle 모드의 길이가 과편화 되고 있다.

본 연구에서는 이렇게 변화하는 무선 통신망 환경과 사용 패턴의 변화를 반영하여 이종의 무선 통신망 환경에서 idle 상태인 단말의 네트워크 선택 방법을 제안하고자 한다.

2. 프로파일 기반 네트워크 선택 프레임워크

본 연구에서는 [1]과 [2]에서 제안했던 프로파일 기반 네트워크 선택 프레임워크(Profile-based Network Selection Framework, PNSF)에 기반하여 idle 상태의 단말에 적합한 네트워크 선택 알고리즘을 제안한다. PNSF는 사용자가 현재 접근 가능한 셀들과 사용자 각각의 상대적 특성을 보여주는 프로필을 생성하고 해당 프로필을 n 차원의 프로필 공간에 투영하여 셀

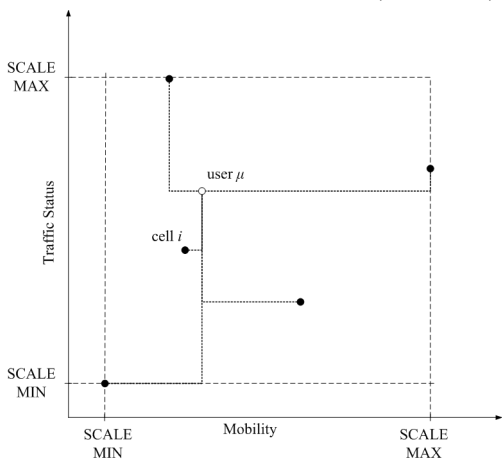
본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업 원천기술개발사업(정보통신)의 일환으로 수행하였음. [KI002129, LTE-Advanced 시스템을 위한 SON 및 Femtocell 기술 개발]

과 사용자의 거리로 최적 셀을 선택하는 방법이다. 프로파일은 n 개의 카테고리 값으로 구성되는데, 각 카테고리는 그 영역을 잘 표현하는 여러 가지 요소 값들로 구성될 수 있다. [2]에서는 Traffic Status, Mobility, QoS(Quality of Service)의 세 가지 프로필을 사용하고 있으며 본 연구에서도 같은 카테고리를 사용한다. 본 섹션에서는 본 연구에 관점에서 PNSF의 기본적인 구성 및 특성을 요약하여 설명하도록 한다.

대상 셀 혹은 사용자들의 카테고리별 요소 값들은 정규화를 통하여 각 셀들의 상대적인 관계만을 유지하면서 물리적 크기를 제거한다. 각 카테고리는 네트워크 선택 수행 결과에 의해서 셀의 값이 동적으로 변하는지에 따라서 동적 카테고리와 정적 카테고리로 구분하는데, idle 상태를 다루는 본 연구에서는 모든 카테고리가 정적 카테고리로 구분된다.

셀 프로파일은 현재 사용자가 접근 가능한 셀들의 각각에 대해서 생성한다. 각 프로파일은 앞서 말한 세 개의 카테고리로 구성된다. 셀 프로파일의 Traffic status 카테고리는 셀의 트래픽 상태를 나타내며 값이 클수록 셀의 트래픽 상태가 좋음을 가리킨다. Mobility 카테고리에서는 커버리지의 크기와 같은 셀의 이동성 관련 요소를 사용한다. QoS 카테고리는 셀의 서비스 품질과 관련된 요소를 사용한다. 기존의 사용자 프로파일은 현재 접근 가능한 셀들을 이용 중인 다른 사용자들을 비교 대상으로 생성했으나 Idle 상태에서의 네트워크 선택에서는 부가적인 데이터 전송을 최소화하기 위하여 현재 사용자의 값만을 사용하도록 한다.

셀과 사용자 프로파일 간의 거리는 (그림 1)에서 보는 것과 같이 맨하탄 거리 측정법에 기반하여 측정한다. 맨하탄 거리 측정법은 일반적인 유클리디안 거리 측정 방식과는 다르게 각 축 상에서의 거리를 합산하는 방식을 사용한다. 일반적인 맨하탄 거리 측정법에서는 각 축의 거리의 절대값을 사용하는데, 우리는 셀과 사용자 프로파일의 차이의 방향성을 유지하기 위하여 거리의 음수 값을 허용한다. 따라서 최종적인 거리도 경우에 따라서는 음수의 거리가 될 수도 있다. 이러한 방법은 PNSF와 같이 각 축(카테고리)의 특성



(그림 1) 2차원 공간에서의 셀 별 거리 측정¹

¹ 도식의 편의를 위하여 3차원 공간을 2차원으로 표현하면서 QoS 카테고리를 생략하였다.

이 명확하게 분리되는 경우에 그 특성을 반영하는 데에 매우 유용하다. 각 축에서의 거리를 구하는 방식은 greedy 방식과 best-fit 방식으로 나뉜다. Greedy 방식은 셀 프로파일의 값에서 사용자 프로파일 값을 뺀 값을 그 거리로 구하고, best-fit 방식에서는 한 축 상에서의 거리(d_i)를 $d_i = 1 - |p_{c,i} - p_{u,i}|$ 와 같이, 사용자 프로파일($p_{u,i}$)과 셀 프로파일($p_{c,i}$)을 비교하여 사용자 프로파일에게 가까운 셀에 긴 거리를, 반대의 경우에는 짧은 거리를 준다. 최종적인 셀과 사용자 사이의 거리는 각 축에서의 거리의 합산으로 이루어지는데, 최종 선택은 가장 긴 거리를 가진 셀을 선택한다.

3. Idle 상태 단말을 고려한 이종망 무선 통신망 환경에서의 네트워크 선택 알고리즘

본 섹션에서는 제안하는 idle 상태의 단말기를 위한 이종망 환경에서의 네트워크 선택 알고리즘을 설명한다. Active 상태의 단말을 위한 네트워크/셀 선택은 단말에서도 수행할 수도 있으나, 정보 수집 및 처리의 용이성을 고려하여 네트워크에서 수행하는 것을 가정하는 경우가 많다. 하지만, idle 상태에서는 네트워크와의 통신을 최소화 하여 무선 자원 및 배터리를 절약 해야 하기 때문에 단말에서 네트워크 선택을 수행하는 것이 바람직하다. 하지만 이로 인하여 프로파일 생성을 위한 정보의 수집에 제한이 생기게 되어 본 연구에서는 단말에서 용이하게 수집 가능한 정보를 기반으로 네트워크 선택을 하도록 구성하였다.

3.1 셀 프로파일

셀 프로파일의 각 카테고리 별 요소는 다음과 같다. Traffic status 카테고리는 각 통신망의 가능한 최대 throughput을 요소로 사용한다. 단, 각각의 셀 별로 실제의 최대 throughput 정보를 구하거나 셀이 해당 정보를 전송하는 것은 상당한 부하가 되거나 기존에 설치된 장비에서는 쉽게 수정할 수 없으므로, 각 무선 통신망 별로 고정된 peak data의 표에서 값을 취하거나 혹은 channel의 크기 등으로 대략적인 유추를 통해서 그 값의 정밀도를 높일 수도 있다. 높은 정밀도를 가지는 값은 더 좋은 선택 결과를 얻는 데에 도움이 될 수도 있지만, idle selection에서 약간 더 좋은 선택을 통하여 얻을 수 있는 장점이 그로 인한 부하보다 더 클 것으로 쉽게 예상할 수 있다.

Mobility 카테고리는 셀의 coverage를 그 요소로 한다. 이동성에서 셀의 coverage의 크기는 사용자들의 평균 셀 체류시간을 결정짓는 중요한 요소이다. [3]에서는 몇 가지 가정이 붙기는 하지만, 임의의 셀에서 사용자들의 mean boundary crossing rate을 $\eta_{b,i} = 2\sqrt{V_i}/\pi r_i$ 로 정리하고 있다. 따라서 셀의 반지름 크기 혹은 커버리지의 넓이를 요소로 사용한다. 실제 셀의 커버리지는 그 크기가 명확하지 않으므로, 송신 신호의 크기를 유추하거나 획득할 수 있는 경우에는 이를 통하여 셀과의 거리를 유추할 수 있다. 따라서 mobility 카테고리의 값의 크기가 큰 셀은 일반적으로 좀 더 좋은 mobility 환경을 가지고 있다고 예상 할

수 있다.

QoS 카테고리는 수신 신호 세기를 요소로 사용한다. 수신 신호 세기는 그 값이 클수록 셀과의 상대적인 거리가 가깝다고 생각할 수 있는 근거가 되며, 셀과의 연결을 유지하기 위한 매우 중요한 요소이기도 하다. 각 셀의 송신 신호 세기가 동일하다는 가정하에서는 수신 신호세기가 가장 큰 셀이 사용자에게서 가장 가까이 있는 셀이라고 할 수 있으며, 위에서 언급했던 것처럼, 이동성의 측면에서는 확률적으로 사용자에게 가장 유리할 셀이라고도 할 수 있다.

3.2 사용자 프로필

사용자 프로필은 앞에서 언급했던 것처럼 현재 네트워크 선택을 하려는 사용자의 것만 생성된다. 사용자 프로필 역시 셀 프로필과 동일하게 세 개의 카테고리에 대한 요소들로 구성된다. Traffic status 카테고리에서는 사용자의 기존 데이터 사용 패턴에 기반한 Expected data rate, $E_{DR,t}$ 을 사용한다.

$$E_{DR,t} = D_t \times (1 - \alpha) + E_{DR,t-T_{wnd}} \times \alpha \quad (1)$$

D_t 는 시각 t에서의 data rate 을 가리키고, $E_{DR,t}$ 은 이전 측정 시각의 expected data rate 을 가리킨다. α 는 이동 평균을 구하기 위한 계수이다. D_{MAX} , D_{MIN} 는 각각 일정한 기간 동안에 사용자가 이용한 최대/최소 data rate 의 값이다. 이를 통하여 사용자의 현재 평균 data rate 이 지금까지 사용 기록에 대비하여 어느 정도 수준인지를 판단할 수 있게 한다. 이 두 개의 값은 특수한 상황을 제거하기 위하여 상위/하위 5% 위치의 값을 사용하고, 최대값은 최소한의 값을 정해서 그 밑으로 떨어져서 traffic status 카테고리의 프로필 값이 현재 상태를 과장하지 않도록 한다. 아래 식은 사용자 u 의 traffic status 프로필 값을 구하기 위하여 사용한다.

$$P_{t,u} = \frac{(E_{DR,t} - D_{MIN})}{(D_{MAX} - D_{MIN})} \quad (2)$$

Mobility 카테고리에서는 사용자의 평균 이동 속도 (V_i)를 사용한다. 평균 이동 속도 역시 (1)에서 유사한

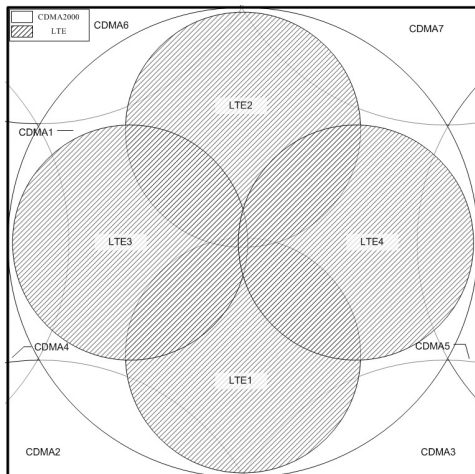
방식으로 이동 평균법을 이용하여서 전체적인 경향성을 유지하도록 하고, 최대/최소 값을 통하여 현재 이동 속도의 상대적인 수준을 파악한다. 현재 사용자의 mobility 프로필 값은 (2)의 식에서 $E_{DR,t}$ 를 V_i 로, D_{MIN} 과 D_{MAX} 를 V_{MIN} 과 V_{MAX} 로 변경하여 구한다.

QoS 카테고리의 프로필 값은 신호세기의 선호도를 사용한다. 신호세기는 분명 연결을 보장하기 위한 가장 중요한 요소이지만, 일정한 수준 이상에서는 idle 상태에서는 큰 차이가 나지 않는다. 따라서 사용자의 별로 QoS에 대한 선호도의 개념으로 사용한다.

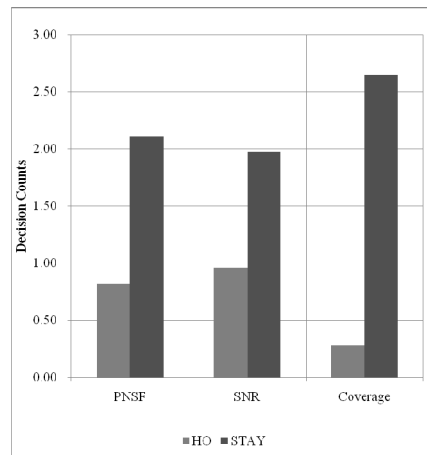
4. 성능 검증

제안하는 알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 진행하였다. 전체 시뮬레이션 환경은 4km * 4km 의 환경으로 (그림 2)와 같이 구성하였다. CDMA2000 은 7 개의 셀로 전체 영역을 커버하고 있으며 LTE 는 4 개의 셀로 영역의 중앙부만을 커버하고 있다. 시뮬레이션에서는 200 명의 idle 상태의 사용자들이 random waypoint 이동성 모델[4]에 의하여 전체 영역에서 이동하게 된다. 제안하는 알고리즘 (PNSF-IDLE)의 성능을 검증하기 위하여 다음과 같은 두 가지 알고리즘들과 비교하고 있다. SNR-only 알고리즘의 경우에는 전통적인 네트워크/셀 선택 알고리즘과 같이 가장 좋은 신호세기를 가지는 셀을 선택하고, Coverage-only 알고리즘은 네트워크/셀 선택에 있어서 셀의 크기(이동성)만을 고려하여 현재 접근 가능한 셀 중에서 가장 큰 셀을 선택한다.

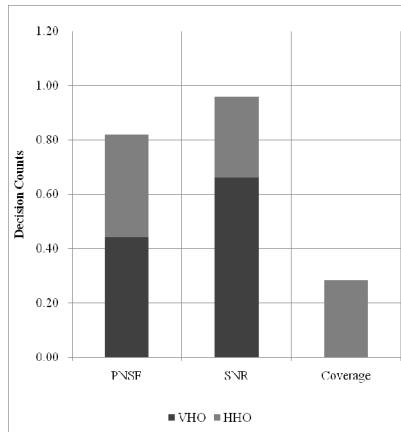
(그림 3)에서는 네트워크/셀 선택이 실행되고 다른 셀로 핸드오버(HO)를 결정한 경우와 현재 셀에 잔류(STAY)하기로 결정한 횟수를 비교하고 있다. Idle 상태에서는 location update 와 같이 네트워크와 통신을 하는 경우에 에너지 소모가 가장 심하므로 해당 상황의 발생을 최대한 억제하는 것이 기본적인 목표 중 하나인데, 그러한 측면에서 같은 셀에 최대한 오랫동안 있는 것은 중요하다. (그림 3)에서는 coverage-only 알고리즘이 가장 많은 stay 를 해서 가장 좋은 결과를 보였고, 그 뒤로는 제안하는 알고리즘(PNSF-IDLE)과 SNR-only 알고리즘이 있다. PNSF-IDLE 와 SNR-only



(그림 2) 시뮬레이션 환경



(그림 3) 평균 HO 와 STAY 비교

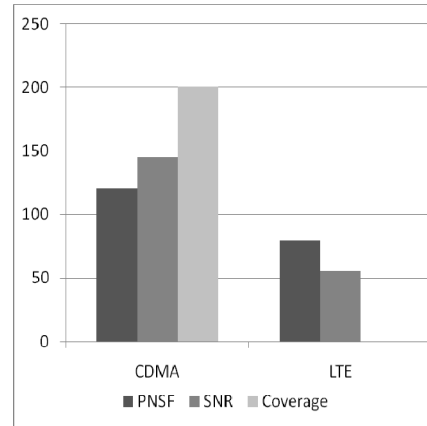


(그림 5) Horizontal HO 와 Vertical HO 의 비교

scheme 의 차이는 약 15% 정도로 범위 내에서 PNSF 가 더 좋은 성능을 보이고 있다고 할 수 있다. Coverage-only 알고리즘은 최소의 핸드오버 혹은 location update 라는 측면만을 고려하고 있으며, 이후에 살펴볼 네트워크/셀 선택의 질 측면에서 매우 좋지 않은 성능을 보이고 있으므로 HO 횟수에서의 좋은 성능만으로 우수한 알고리즘이라고 할 수는 없다.

좀 더 자세히 HO 횟수의 구성을 살펴보면 (그림 5)와 같다. 막대 그래프의 아래 부분이 이종망으로의 핸드오버(VHO)이며, 윗부분이 동종망으로의 핸드오버(HHO)이다. HHO 와 VHO 는 거기에 소모되는 자원(비용)의 차이가 극명하게 갈린다. HHO 는 같은 location area 인 경우에는 location update 를 필요로 하지 않지만, VHO 인 경우에는 location update 뿐만 아니라 이종망의 이동성을 보장하기 위한 다른 절차도 수행해야 하는 단점이 있다. 그렇다고 VHO 의 발생을 무조건 피해서는 안되겠지만, VHO 의 전체 횟수를 줄이는 것은 매우 큰 의미를 가진다. PNSF 는 SNR-only 알고리즘에 비해서 약 18% 낮은 VHO 횟수를 보이고 있으며, 이는 전체적인 HO 의 횟수 차이가 적음을 고려할 때에 상당히 유의미하다고 할 수 있다. Coverage-only 알고리즘은 시뮬레이션 네트워크 환경 상 가장 셀 크기가 크고 전체 영역을 커버하고 있는 CDMA2000 셀들만을 선택하고 있어서 VHO 를 하지 않았다.

다른 측면에서 각 알고리즘의 성능을 비교해 보기 위해서 (그림 6)과 같이 무선 통신 망 별로 평균적인 사용자 숫자를 구해 보았다. 그림에서 볼 수 있는 것처럼 모든 알고리즘에서 많은 사용자들이 커버리지가 넓고 촘촘한 CDMA2000 에서 camping 하고 있었음을 알 수 있다. 하지만 coverage-only 알고리즘의 경우에는 극단적으로 CDMA2000 에 몰리는 결과를 보여주고 있고, 이는 다중의 무선 통신망이 존재하는 환경의 이점을 적극적으로 살리지 못하고 있다고 할 수 있다. PNSF-IDLE 와 SNR-only 는 상대적으로 고른 분포를 나타내고 있는데, PNSF-IDLE 이 약 14%정도로 LTE 에 더 많은 사용자를 할당하고 있음을 볼 수 있다. 현재 트래픽 부하를 발생시키지 않는 idle 상태의 사용자들의 분산이 중요한 이유는 앞서 언급했던 것처럼 전통적으로 음성 통화가 idle 한 구간에서 무선 단말을 이용한 데이터 통신의 사용이 급증했기 때문



(그림 6) Horizontal HO 와 Vertical HO 의 비교

이다.

앞서 살펴본 HO 횟수와 통신망 별 평균 사용자 숫자를 검토해 볼 때에 제안하는 PNSF-IDLE 알고리즘이 다른 알고리즘들 보다 HO 빈도, 즉 location update 의 빈도를 상당 부분 줄이면서도, 이중 무선 통신망 환경과 급증하는 무선 데이터 통신 사용에 대응할 수 있는 사용자 분산의 측면 모두에서 좋은 성능을 보여주고 있음을 알 수 있다.

5. 결론

우리는 idle 상태의 단말을 위한 이중 통신망 환경에서의 네트워크 선택 알고리즘을 제안하였다. 제안하는 알고리즘은 프로파일 기반 네트워크 선택 프레임워크(PNSF)에 기반하여 idle 상태의 단말에서 독립적으로 수행하고 idle 상태의 특성을 고려하여 제한적인 정보를 최대한 활용할 수 있도록 설계되었다. PNSF 는 셀과 사용자 각각을 위한 프로파일을 생성하고, 각 프로파일은 traffic status, mobility, QoS 세 가지 카테고리의 상태를 보여주도록 구성되어 있다. 본 연구는 이러한 PNSF 를 idle 상태의 단말에서 독립적으로 수행하기에 적합하도록 수정하여 단말이 변화하는 통신 환경이 요구하는, 또 이중망의 통신 환경을 잘 활용할 수 있는 idle 단말의 네트워크 선택 알고리즘을 제안하고 제안의 유효성을 시뮬레이션을 통해서 검증하였다.

참고문헌

- [1] 강준석, 한승재, "프로파일에 기반한 다수의 이중 무선 통신망에서의 네트워크 선택 프레임워크", 한국정보과학회 2008 가을 학술발표논문집 제 35 권 제 2 호(D), pp. 176-181, Oct. 2008
- [2] Jun-Seok Kang and Seung-Jae Han, "Network Selection for Heterogeneous Multi-Service Wireless Networks", IEEE LCN, Oct. 2010 (Oct. 2010)
- [3] Yeung, K.L. and Nanda, S., "Channel management in microcell/macroc cell cellular radio systems," Vehicular Technology, IEEE Transactions on, vol.45, no.4, Nov 1996, pp.601-612, 10.1109/25.543716.
- [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," MobiCom, pp.85-97, Oct. 1998.