

SON(Self Organizing Network) 기술 동향

박경민 | 고정하 | 윤강진 | 김영용

연세대학교

요 약

본고에서는 통신 기술 발전에 따라 다양화되고 복잡화되는 통신시스템을 효율적으로 관리할 수 있는 SON 기술에 대하여 기본적인 개념을 파악하고, 최근 각 표준화 그룹에서 진행되고 있는 관련 연구내용들을 구체적으로 조사 및 분석한다. 또한 이들 중 주목할 만한 몇 가지 기술들에 관하여 기술함으로써 향후 이동통신 시스템을 위한 SON 기술 개발에 있어 기초적인 연구 방향을 제시한다.

1. 서 론

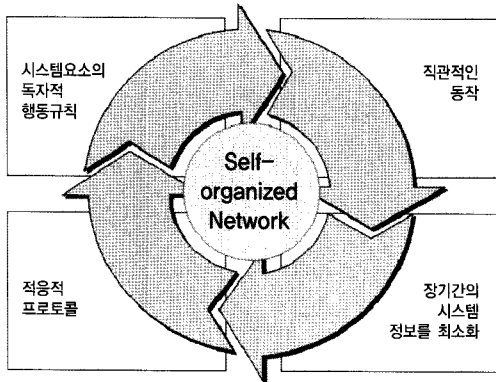
이동통신 기술이 발전함에 따라 다양한 응용 통신 기술들이 개발되어왔고, 이로 인해 이들을 효과적으로 융합할 수 있는 방안 연구에 대한 필요성이 증대되고 있다. 특히 유비쿼터스 기술에 대한 관심이 증가하면서 이를 위하여 다양한 종류의 단말기들이 유기적으로 연동할 수 있도록 하거나, 스마트폰 등에서의 WiFi망과 3G망의 연동과 같은 이기종망 간의 복합적인 서비스 제공이 가능하도록 하기 위하여 효율적인 동작 제어 방법이 요구된다. 더욱이 높은 데이터 전송률을 요구하는 어플리케이션의 증가는 이동통신 서비스의 기본적인 기대 품질의 향상을 불러일으켰다. 따라서 이를 충족시키기 위하여 기존 매크로셀에 의한 독자적인 서비스 기법에 추가하여 국부적인 지역의 효율적인 서비스를 위한 펌토셀 시스템 등에 관한 관심이 증대되고 있다. 이러한 시

스템의 발전 방향은 필연적으로 시스템 관리의 복잡성을 증가시키기 때문에 효율적인 시스템 관리 방안에 대한 연구는 반드시 이루어져야한다. 이와 관련하여 최근 주목받는 시스템 관리기법 중의 하나가 본 고에서 다루고자하는 Self-Organizing Network(SON) 기술이다 [1], [2].

SON 기술은 시스템을 이루는 각각의 단일 요소들이 제각각 간단한 동작을 함으로써 전체 시스템의 목적을 추구한다. 즉, 시스템을 구성하는 각 개체가 상호작용을 통해 아래서부터, 자발적으로 환경 변화에 적응하기 위한 새로운 질서를 만들어내므로 중앙으로부터의 복잡한 관리 작업 없이 주변 상황의 변화에 유연하게 대처할 수 있다. SON 기술의 기본적인 디자인 방향은 다음과 같다 [3].

- 시스템 전체의 목적 달성을 위해 각 시스템 요소들의 행동 규칙을 정한다.
- 모든 시스템 요소의 완벽한 설계가 아닌 직관적 동작을 바탕으로 하여 설계한다.
- 장기간의 시스템 상태에 관한 정보를 최소화 한다.
- 환경변화에 적응적인 프로토콜을 개발한다.

이러한 개발 방향에서 갖는 SON 기술의 특성은 향후 통신 시스템에 있어서 핵심적인 관리 기술로서의 잠재성을 지니고 있다. 이러한 배경을 바탕으로 본 고에서는 현재 SON 기술과 관련한 연구 동향을 조사 및 분석함으로써 향후 기술 발전 방향에 대한 구체적인 논의를 하고자 한다. 특히, 3GPP와 IEEE 표준화 그룹에서 진행 중인 연구 내용을 세부 주제별로 구체적으로 분석 정리하여 이동통신시스템에 있어서 SON 기술의 구체적인 적용 방안을 살펴본다. 또한 이



(그림 1) SON 기술의 디자인 정책

를 바탕으로 최근 활발히 다루어지고 있는 연구 주제들 중 핵심적인 내용들을 정리한다.

II. SON 표준화 기술 동향

본 장에서는 이동통신 시스템에서의 SON 기술과 관련하여 3GPP LTE와 IEEE 802.16m 표준화 그룹에서 진행 중인 연구 동향을 살펴본다. 구체적으로 통신시스템의 각 세부 구성요소별로 분류하여 각 유닛들의 Self-Organizing 동작 방향에 관한 연구 진행 사항 등을 알아본다.

1. 3GPP LTE 표준화 동향

3GPP LTE에서는 기지국(eNodeB)의 SON 동작을 Self-configuration과 Self-optimization으로 나눈다. Self-configuration 과정은 기지국에 전원을 넣고 RF 송신 준비 상태까지 완성하기 위한 초기화 과정을 의미하며, 자동 설치 프로그램에 의해 시스템 동작에 필요한 기본적인 정보를 설정한다.

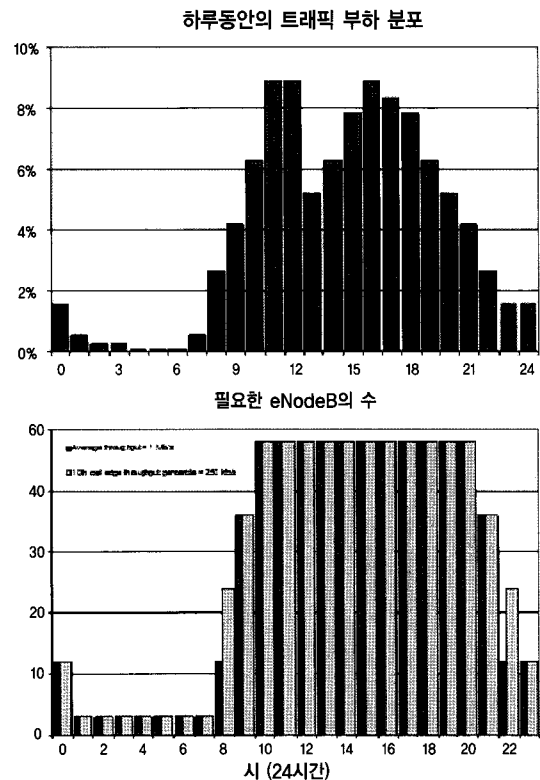
Self-optimization 과정은 단말기와 기지국의 자기 성능 측정 기능을 이용하여 네트워크 전체를 자동으로 최적화하는 절차로 변화하는 시스템 환경에 적응적으로 대처하는 최적화 동작이다 [4]. 이러한 두 단계의 SON 적용 전략을 바탕으로 3GPP LTE에서는 다음의 8가지 세부 주제를 논의 중에 있다 [5].

● Coverage와 Capacity의 최적화

셀 영역과 셀 용량을 최적화하는 데 있어서 주요 쟁점으로는, 순방향 링크와 역방향 링크 간에 균형을 이루면서 최적화하는 문제와, 셀 영역과 셀 용량을 설정함에 있어 trade off 관계를 적절히 조절하는 문제, 셀 가장자리의 성능 조절 방안 문제 등이 다루어지고 있다. 이와 관련하여 SON 기술을 적용하기 위해서는 기본적으로 몇 가지 요구사항들이 충족되어야 한다 [6]. 먼저 최소한의 QoS를 만족시킬 수 있도록 서비스하여야 하며, 미리 정해진 목표 성능과 측정된 자료들을 바탕으로 셀 영역이 자동적으로 최적화되어야 하고, 또한 이러한 일련의 과정이 무선 자원을 사용하는 데 있어서 시스템에 부정적인 영향을 끼치지 말아야 한다.

● Energy Savings

에너지 절약을 위하여 현재 논의되고 있는 방안으로는 주변 환경에 따라 eNodeB의 스위치를 켜거나 끄도록 하는 기법이 있다. 이에 대하여 (그림 2)에서와 같이 실험을 통하여



(그림 2) 시간대 별 트래픽 부하와 필요한 eNodeB의 수

사용자의 트래픽 부하 정도에 따라 eNodeB의 전원을 조절함으로써 약 40%가량의 에너지 절약 효과가 있다고 보고한 연구결과가 있다 [7].

이러한 에너지 절약을 위하여 SON 기법을 적용하기 위해서는 앞서 언급한 바와 같이 eNodeB 스스로 각자의 상황에 맞게 환경 변화를 측정하고 이 자료를 토대로 자신만의 전원 조절 계획을 세우는 과정이 필요하다. 따라서 자료 측정과 전략 설정에 관한 효율적인 동작 방안에 관한 연구가 진행되어야 한다.

● Automated Configuration of Physical Cell

Identity

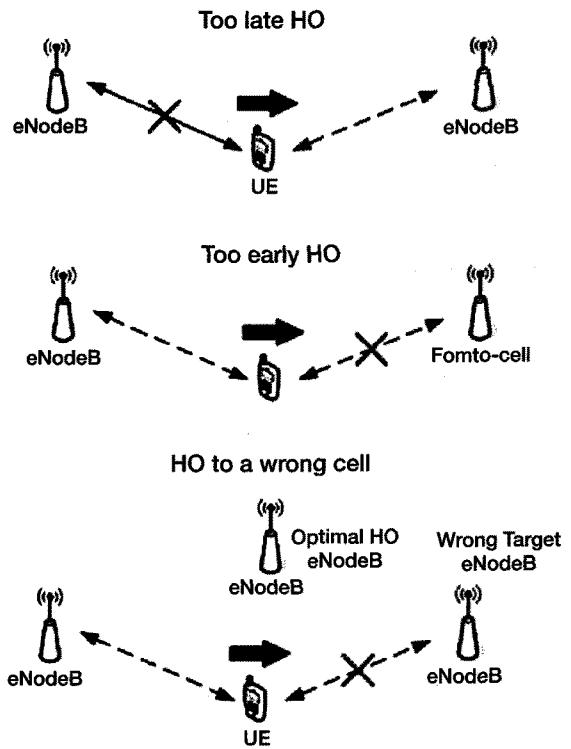
이는 eNodeB가 사용자에 의해 임의로 처음 설치 되었을 때 스스로 현재 시스템에 부합하여 올바르게 동작할 수 있도록 설정하는 과정이다. 주된 쟁점으로 당해 셀이 커버하는 영역에 인접한 다른 셀들과 Phy_ID를 구분하여 ID 충돌을 방지하는 방법과 전체 시스템에 있어서 멀리 있는 다른 셀과 구분되는 Phy_ID를 설정함으로써 다른 셀과 혼동되는 일이 없도록 하는 방법 등이 논의되고 있다.

● Mobility Robustness Optimization(MRO)

단말기의 안정성 있는 이동성을 보장하기 위하여 다양한 기법들이 연구되고 있다. 너무 늦은 핸드오버 상황에서 새로운 eNodeB와 미처 연결되지 못한 시점에 기존에 서비스 받고 있던 eNodeB와의 연결이 끊어지는 문제에 대한 해결책, 너무 이른 핸드오버 상황에서 서비스 받고자 하는 eNodeB와 연결시도를 했으나 원활히 이루어지지 않고 기존 서비스 받고 있던 eNodeB와의 연결을 끊어버리는 문제에 대한 해결책, 그리고 잘못된 eNodeB로 연결을 시도함으로써 핸드오버를 실패하는 경우에 이를 해결하는 방법등에 대한 논의가 이루어지고 있다 [8], [9]. 또한 불필요하게 수행되는 핸드오버를 통해 네트워크 자원의 낭비를 최소화하는 것이 요구됨에 따라 셀을 재선택하는 데에 있어 이를 효율적으로 수행하기 위해서 적절한 파라미터를 설정하는 방법이 연구되고 있다.

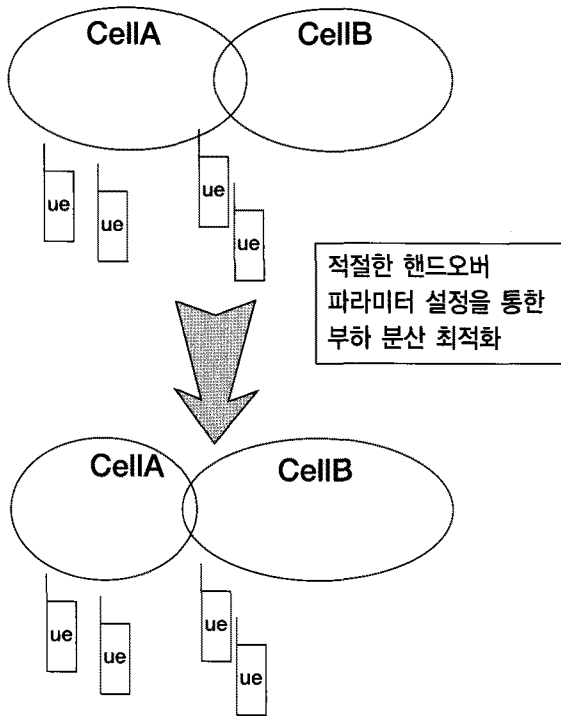
● Mobility Load-balancing Optimization

eNodeB를 운용함에 있어서 많은 수의 단말기들이 하나의



(그림 3) 핸드오버 시 발생 가능한 Link Failure 상황

셀에 몰려 서비스를 받게 될 경우, 주변 셀들이 자원에 여유가 있는 반면 단말기가 몰려있는 셀에서는 자원이 부족하게 되어 전체 시스템으로 보면 자원이 남아있음에도 이를 효율적으로 사용하지 못하는 결과가 발생한다. 따라서 이렇게 특정 셀에 몰려있는 단말기들을 효과적으로 분산시킴으로써 자원을 효율적으로 사용할 수 있는 방안에 대한 연구가 진행 중에 있다. 주요 쟁점으로 (그림 4)와 같이 셀의 가장자리에 위치한 단말기들을 인근의 부하가 적은 셀에 강제적으로 핸드오버 시킴으로써 시스템 전체적으로 볼 때 용량을 증가시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 중점적으로 이루어지고 있다 [10]. 이 때, 중앙 시스템이나 사람에 의한 동작을 최소화하고 eNodeB와 각 단말기들이 스스로 판단하여 전체 네트워크의 용량을 최대화 시키는 것이 목표이다. 이와 관련하여 각 셀의 부하정보를 셀 간에 공유하는 데에 사용되는 채널을 어떻게 설정할 것인가, 또 이러한 정보 교환 작업을 얼마나 자주 수행할 것인지 등에 대한 효율적 메커니즘에 관한 연구가 이루어져야 하겠다 [11].



(그림 4) 셀 간의 부하 분산 기법

● Random Access Channel(RACH) Optimization

시스템이 다양해지고 복잡해짐에 따라 RACH에 대한 활용이 증가하고 있다. 따라서 이를 보다 효율적으로 이용하기 위하여 SON기술을 적용시키는 방안이 연구되고 있다. 주요 목표로는 단말기들이 RACH에 접속함에 있어 걸리는 시간을 최소화하고, RACH 사용 때문에 발생할 수 있는 역방향 링크에 주는 간섭 또는 RACH 서로 간에 미치는 간섭 등을 줄이는 기법에 대한 개발이 요구된다. RACH의 효율적인 사용을 통하여 call 설정 또는 핸드오버 상황에 있어서 지연시간을 단축시킬 수 있을 뿐만 아니라, 이에 대한 성공 확률을 높일 수 있다.

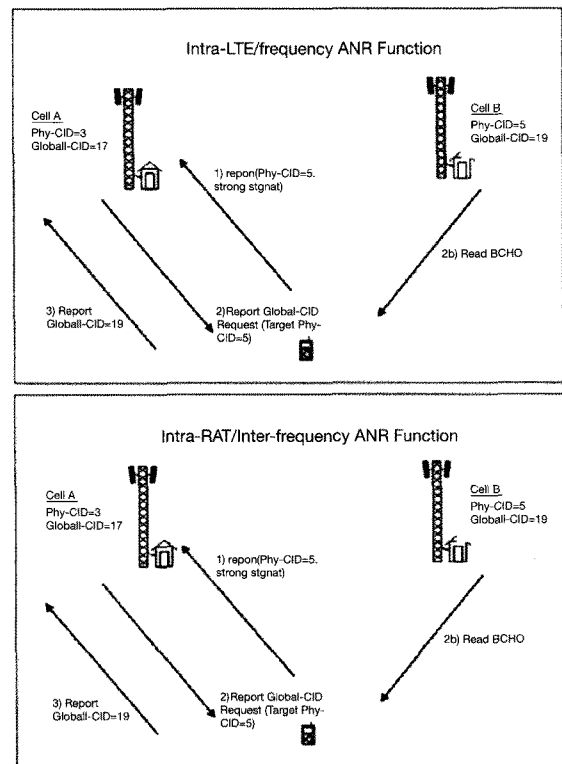
● Automatic Neighbour Relation(ANR) Function

ANR 기술은 (그림 5)와 같이 이웃 셀 간에 맞물려있는 공동 단말기를 통하여 서로의 정보를 주고받도록 하는 기법이다 [12]. eNodeB 들 사이에 별도의 연결 없이 서비스하는 단말기를 활용하여 각 셀이 지니고 있는 부하 정보, 여유 자원 정보, 주변 환경 정보 등을 교환할 수 있도록 하는 연결망으

로서 이동통신 시스템에 SON기술을 적용하는 데에 있어 효율적으로 적용될 수 있는 기술이다.

● Interference Reduction / Inter-cell Interference Coordination

마지막 주제로서, 셀 간의 간섭을 최소화하고 이를 적절히 조절함으로써 시스템 성능을 효과적으로 높이는 방안에 대한 연구가 필요하다. 이는 앞서 언급한 에너지 절약기법과도 관련 있는 쟁점으로 불필요한 셀의 전원을 내림으로써 셀 간섭을 줄일 수 있다. 또한 eNodeB가 처음 설치 될 때 자동으로 설정을 수행함에 있어서 주변 상황을 스스로 파악하고 이에 맞게 자신의 통신 전력을 설정하여 주변 셀로의 간섭을 줄이는 방안도 연구가 진행되고 있다. 이 때 SON 기법을 적용함에 있어 중앙 시스템의 관리를 최소화하면서 동시에 시스템 전체가 최적의 성능을 유지할 수 있는 방향으로 간섭 조절이 이루어져야 한다. 따라서 이를 위한 효과적인 동작함수 개발이 요구된다.



(그림 5) 같은 종류의 망, 다른 종류의 망 간의 ANR

2. IEEE 802.16m 표준화 동향

IEEE 802.16m 표준화 그룹에서는 Self-configuration과 Self-optimization의 두 가지 측면에서 SON 기술에 관한 연구를 진행한다는 점에서 3GPP LTE 그룹과 기본적인 맥락을 같이 한다 [13]. 이를 바탕으로 필요한 각각의 동작함수 블록들에 대한 논의가 진행 중에 있다 [14]. 구체적으로 다음과 같이 크게 다섯 단계의 SON 과정을 거친다 [15].

● Self Configuration

기지국은 설치가 됨과 동시에 스스로 설정을 마치고 이를 중앙 시스템에 보고한 뒤, 주변의 다른 셀들과 동기화 작업을 실시한다.

● Cell Initialization

기지국은 단말기에 서비스하기 전에 주변 환경을 파악하고 이를 바탕으로 MAC계층과 PHY계층에서의 기본적인 파라미터 값들을 설정한다.

● Neighbor Discovery

기지국은 단말기에 주변 셀 상황에 대한 정보를 파악하도록 하여 이를 보고받음으로써 이웃 셀 정보를 파악한다.

● Self Optimization

기지국은 부하 분산과 간섭 완화, 핸드오버, QoS 등과 관련된 시스템 파라미터들을 적절히 조절함으로써 동작을 최적화한다.

● Self Maintenance

기지국은 주기적으로 네트워크 환경을 파악함으로써 스스로 모니터링하고 발생하는 문제에 대처함으로써 시스템의 최적 상태를 유지한다.

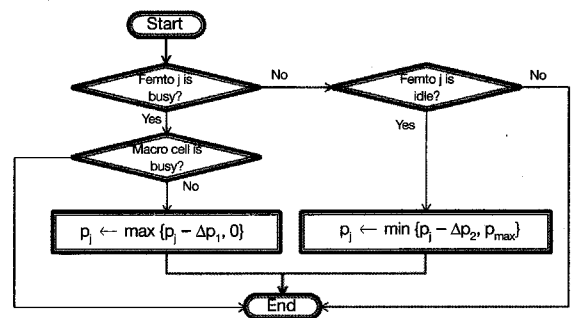
III. SON 관련 연구 주제

본 장에서는 앞서 기술한 표준화 그룹들에서 진행하고 있는 기술 개발 내용과 더불어 최근 발표되고 있는 SON 기술

과 관련된 연구 내용들 중에서 주목받는 몇 가지 주제들을 파악하고 분석한다.

1. SON 채널 할당 및 셀 영역 적응 기법 [16]

펨토셀 셀룰러 시스템에서 채널 활용의 효율성을 최대화하는 분산 조절 채널 할당 방법으로, 펨토셀 시스템의 비계 획적 설치로 인한 관리의 복잡성 문제를 SON 측면에서 접근을 시도하는 연구이다. 펨토셀은 사용자에 의해 설치되기 때문에 완벽한 셀 배치 설계가 어렵고 전원의 on/off가 잦기 때문에 각 셀의 영역 또한 수시로 바뀌는 상황이 발생한다. 따라서 이에 부합하는 적절한 자원할당 기법이 필요하다. 이를 위해 서로 간섭을 미치지 않는 셀 간에 채널을 재사용하는 동시에 각 셀의 트래픽 부하정도와 간섭에 따른 셀 영역을 적절히 조절함으로써 채널 사용의 효율을 극대화할 수 있는 방안이 모색되고 있다. 각 기지국이 주변 셀의 정보를 수시로 파악하여 사용가능한 채널들을 미리 확보하고, 셀 영역을 조절함으로써 간섭을 미치지 않는 채널의 수를 증가시키는 등의 방법이 논의되고 있다. (그림 6)은 SON 기술을 이용하여 펨토 기지국의 셀 영역 조절하는 기법의 예를 나타낸 순서도이다.

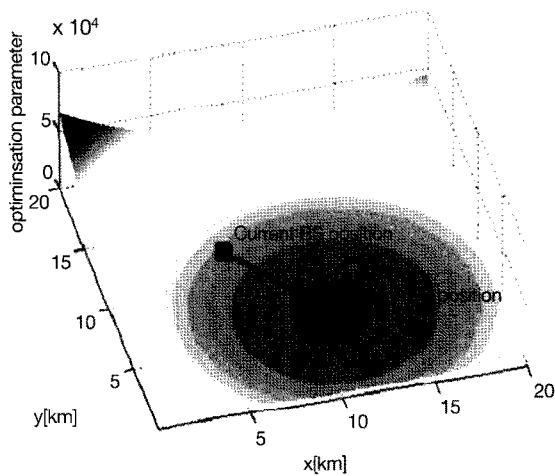
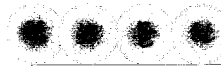


(그림 6) 펨토 기지국의 셀 영역 조절 기법

2. Self-deployment and Load Balancing [17]

이는 기지국이 주변 단말기들의 분포를 파악하여 자신의 위치를 최적의 지점으로 스스로 옮기도록 하는 기법이다. 이러한 기법은 군중이 밀집된 공항이나 컨벤션센터 등의 천정에 이동이 가능한 기지국들을 설치함으로써 구현될 수 있다. (그림 7)과 같이 이를 통하여 단말기들이 많이 분포한 지역으로 다수의 기지국들이 이동하여 서비스 하고, 그렇지

많은 지역에는 기지국이 덜 분포함으로써 기지국들 간의 부하분산 효과를 낼 수 있다.



(그림 7) 기지국의 Self-deployment 기법

즉, 각 기지국들은 자신의 주변에 위치한 기지국들의 분포 정보와 그 이웃 기지국들로부터 단말기 분포 자료를 수집함으로써 전체 단말기들의 분포 정보를 파악하고, 이를 바탕으로 스스로가 전체 시스템의 평균 트래픽 부하 수준에 도달할 수 있도록 위치를 옮겨간다. 따라서 인근 단말기와 기지국의 분포를 효과적으로 파악하는 방법과 기지국 각각의 행동이 전체 시스템의 최적 분포에 도달하는 방법에 관한 연구가 진행되어야 한다.

IV. 결 론

지금까지 이동통신 시스템의 효율적인 관리를 위한 SON 기술의 연구 동향에 대하여, 표준화 그룹에서의 개발 주제와 이밖에 발전 가능성이 주목되는 몇 가지 관련 기술들을 바탕으로 조사 분석하였다. SON 기술은 향후 더욱 복잡 다양해질 통신 시스템에서 발생할 수 있는 문제들을 효율적으로 해결할 수 있는 분산 관리 기법이다. 따라서 본 고에서 정리한 기술 적용 방안들과 관련한 보다 적극적인 연구가 필요하다.

- [1] Sujuan Feng, Eiko Seidel, "Self Organizing Networks in Long Term Evolution", nomor research white paper
- [2] 3GPP TR 36,902 V1.0.1 Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN);Self-configuring and self-optimizing network use cases and solutions
- [3] <http://en.wikipedia.org/avies>
- [4] 3GPP TS 36,300 V8.6.0 Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN); Overall description; Stage 2.
- [5] 3GPP TSG RAN Report TR 36,902 v1,2,0 Use Cases
- [6] 3GPP TSG RAN Report R3-090887
- [7] 3GPP TSG RAN Report R3-091375
- [8] 3GPP TSG RAN Report R3-091107
- [9] 3GPP TSG RAN Report R3-091192
- [10] 3GPP TSG RAN Report R3-090911
- [11] 3GPP TSG RAN Report R3-091103
- [12] 3GPP TSG RAN Report R3-082672
- [13] 80216m-07/002r4 IEEE 802,16m System Requirements
- [14] 80216m-07/297 Proposal for IEEE 802,16m System Architecture and Protocol Structure
- [15] 802,16m-08/1252, Overview of SON and Femtocell Support
- [16] Chungha Koh, Kangjin Yoon, Kyungmin Park, and Youngyong Kim, "Joint Realtime Adaptation of Channel Assignment and Cell Coverage in Femto Cell Systems," IEICE Transactions on Communications, Vol.E93-B, No.1, pp,203-206, 2010.
- [17] H. Claussen, "Distributed Algorithms for Robust Self-deployment and Load Balancing in Autonomous Wireless Access Networks," IEEE International Conference on Communications, 2006.

약 력



박 경 민

2005년 연세대학교 학사
 2005년 ~ 현재 연세대학교 통합과정
 관심분야: 이동통신시스템에서의 SON 기술을 이용한 자원 관리



고 정 하

2004년 연세대학교 학사
 2006년 연세대학교 석사
 2010년 연세대학교 박사
 관심분야: 무선자원관리, SON기술, 계층 셀룰러 네트워크



윤 강 진

2004년 연세대학교 학사
 2006년 연세대학교 석사
 2006년 ~ 현재 연세대학교 박사과정
 관심분야: 무선자원관리, 멀티미디어 전송기법, 멀티 홉 셀룰러 네트워크



김 영 용

1991년 서울대학교 학사
 1993년 서울대학교 석사
 1999년 The University of Texas at Austin 전기 및 컴퓨터공학과 박사
 2000년 ~ 현재 연세대학교 전기전자공학과 교수
 관심분야: 차세대 이동통신 시스템, 무선네트워크

