ETRI

2014
Electronics and
Telecommunications
Trends

3GPP 자율적 네트워크 최적화 기술

Technology in 3GPP Self-Optimizing Network

Ⅰ. 서론
Ⅱ. 3GPP Self-Optimizing Network 기술
Ⅲ. SON 기술개발 동향
Ⅳ. 결론

신연승 (Y.S. Shin) 소프트기지국연구실 책임연구원
나지현 (J.H. Na) 소프트기지국연구실 실장

* 본 연구는 미래부가 지원한 2014년 정보통신 · 방송(ICT) 연구개발사업의 연구결과로 수행되었음.

5G 무선통신시스템은 동일한 영역에서 스펙트럼 사용 효율성을 개선하기 위해 매크로셀과 소형셀이 공존하는 이종 네트워크(HetNet: Heterogeneous Network) 형태로 진화하고 있으며, 급증하는 모바일 트래픽을 효율적으로 처리하기 위해 소형셀들을 고밀도 네트워크(High dense network)로 구축하는 방안이 연구되고 있다. 매크로셀과 고밀도 소형셀들이 중첩되어 구축되는 HetNet 기반 셀룰러 네트워크에서 소형셀 시스템의 구성과 파라미터 최적화를 통한 성능 유지를 운영자가 수동으로 조정하는 것은 한계가 있으므로 네트워크 환경변화에 따라 시스템에서 자율적으로 파라미터를 조정하여 시스템 성능을 유지하는 기술이 요구되고 있다. 본고에서는 시스템 운용 중 자율적인 최적화를 통해 시스템 성능을 최적으로 유지하고 유지비용을 최소화하는 3GPP 자율적 네트워크 최적화 기술을 소개한다.

© 2014 한국전자통신연구원

Ⅰ. 서론

1. 배경

IT기술 발전으로 스마트폰과 태블릿과 같은 하이엔드급 스마트장치들의 사용이 일반화되고 다양한 모바일앱 서비스가 개발되면서 유선(고정) 인터넷 접속을 통해 전송되던 데이터 트래픽이 모바일 네트워크로 이동하면서 2018년에는 유선 IP 트래픽과 무선 트래픽 비율이 39:61 비율로 변경되고, 모바일 데이터 트래픽은 2013년부터 2018년까지 매년 61%씩 증가하여 2018년에는 매달 15.9exabytes를 생성할 것으로 전망되고 있다[1].

급증하는 모바일 데이터에 대한 수요를 충족시키기 위해 다양한 무선 전송기술과 다양한 셀 크기의 셀들이 고밀도로 중첩하여 복잡해지는 차세대 네트워크에서 종래와 같이 운용자가 파라미터값을 조정하여 시스템을 설치 및 관리하는 방법은 한계가 있으므로, 기지국이 자율적으로 인접한 기지국과 협업을 통하여 기지국 간 간섭을 최소화하고 기지국의 용량을 증대시켜서 셀 커버리지를 최적화하는 SON(Self Organizing Network) 기술 사용은 이동통신 사업자에게 필수적이다.

SON 기술은 2006년 NGMN(Next Generation Mobile Network)의 요구로 3GPP에서 2008년 Rel.8 LTE 표준 규격에 적용되었으며 시스템을 자율적으로 설치 및 운용함으로써 네트워크 관리를 단순화하고 운용비용을 최소화하여 이동통신사업자에게 매력적인 기술이다.

2. 3GPP SON 표준기술

SON은 네트워크 혹은 시스템이 주변정보를 활용하여 시스템을 자동으로 설치하고 자율적으로 운용함으로써, 운용자 개입을 최소화하고 네트워크 성능을 향상하는 기술로, 네트워크 운용이 시작되기 전 주변정보를 수집/분석하여 자율적으로 시스템을 최적의 상태로 설치하는 자가 구성(Self-Configuration)기술, 네트워크 운용 중에 수집된 정보를 활용하여 시스템 성능을 실시간으로 최적화하는 자가 최적화(Self-Optimization)기술과 장애를 탐지하고 복구하는 자가 복구(Self-Healing)기술로 구성된다.

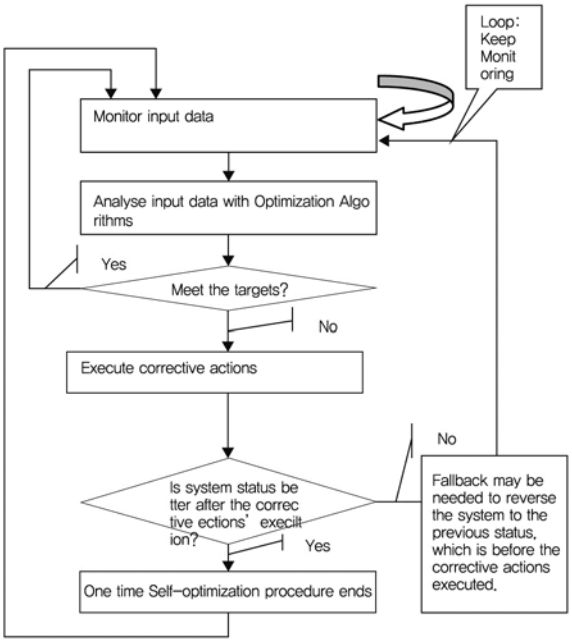
3GPP는 네트워크 진화에 대응하는 SON 기술을 지속적으로 적용하고 있으며, Rel.8은 ANR(Automatic Neighbor Relation)과 Automatic PCI(Physical Cell Identity) assignment와 같이 LTE 기지국 장비 초기 설치에 필요한 SON 기술, Rel.9는 MRO(Mobility Robustness /Handover optimization), RACH(Random Access Channel) Optimization, Load Balancing Optimization, ICIC(Inter-Cell Interference Coordination)와 같이 시스템 운용 중에 자율적으로 네트워크를 최적화하는 기술, Rel.10은 CCO(Coverage and Capacity Optimization)와 eICIC(Enhanced Inter-Cell Interference Coordination) 및 Energy Saving과 같이 중첩된 셀(Overlaid network) 환경에 적용되는 기술, Rel.11은 Load Balancing Optimization, Handover Optimization, Coverage and Capacity Optimization, Coordination between various SON Functions과 같이 이종 네트워크(HetNet) 환경에 적용하는 향상된 SON 기술이 추가되었다[2].

본고에서는 시스템 운용 중에 시스템 정보 조정을 통해 최적의 네트워크 성능 유지를 지원하는 자가 최적화 네트워크(Self-optimizing network) 기술을 소개한다.

Ⅱ. 3GPP Self-Optimizing Network 기술

자가 최적화 네트워크(Self-Optimizing Network) 기술은 시스템 운용 중 수집된 정보(시스템 성능 측정 정보, 주변 셀 정보, 고장 및 경고 정보)를 기반으로 실시간으로 시스템 관련 파라미터를 조정하여 시스템을 최적화함으로써 네트워크가 항상 최대의 성능을 유지하도록 지원한다. (그림 1)은 자가 최적화 네트워크 동작 시나리오를 보여준다[3].

- 시스템은 사업자의 정책 혹은 목표에 따라 정보수



(그림 1) Self-optimization 과정 논리적 순서도

집을 위한 모니터링을 계속함.

- 수집된 정보를 최적화 알고리즘에 따라 분석한 후 시스템 운용 목표에 부합되지 않는 상황이 발생하면 최적화 알고리즘 수행을 시작함.
- 시스템 관련 파라미터값을 조정함.
- 시스템 파라미터 조정으로 변경된 시스템 상태를 분석하고, 분석결과에 따라 시스템 조정이 수행되기 전의 상태로 복구 혹은 정보수집을 위한 처음 모니터링 단계로 돌아감.

자가 최적화 네트워크 기술은 시스템 운용 중에 시스템 성능을 유지하기 위해, 성능 측정값들을 지속적으로 모니터링하고 관리하는 Self-Optimization Monitoring and Management 기능, 인접 기지국 간 로드균형을 유지하는 LB(Load Balancing) Optimization 기능, HO 실패를 최소화하는 Handover parameter optimization 기능, 인접 셀 간 간섭을 최소화하는 Interference control 기능, 커버리지 홀을 탐지하고 최적의 커버리지와 성능을 제공하는 Capacity and coverage optimization 기능, 랜덤 액세스 과정에서 충돌 오류를 최소화하는 RACH optimization 기능, 동일한 노드에 대해 다수의 SON 기능이 동시에 수행되면서 발생하는 SON 기능 충돌을 제어하는 SON Coordination 기능으로 구성된다.

1. Self-Optimization Monitoring and Management

자가 최적화 모니터링 및 관리(Self-optimization monitoring and management) 기능은 시스템에 구현된 자가 최적화 프로세스들을 모니터링하여 수집된 정보를 운용자에게 제공하며, 운용자가 자가 최적화 과정 수행을 제어할 수 있도록 허용한다.

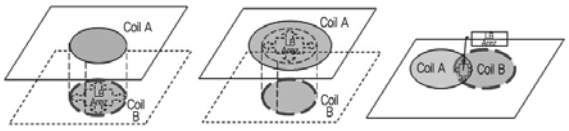
자가 최적화 모니터링 및 관리 기능은 최적화 파라미터값을 변경하면서 발생하는 SON 기능들 간의 충돌을 해결하고, 해결되지 않으면 충돌 내용을 보고한다. 이를 위해 SON 기능 충돌을 해결하기 위한 운용자 정책을 정의하며, 기본 정책은 다음과 같다.

- 충돌 발생 시 SON 기능의 우선순위 설정
- SON 타깃에 가중치 할당
- 일정시간 동안 특정 파라미터 변경 금지
- 선호하는 값의 범위 선택
- IRPAgent(Integration Reference Point Agent)에게 SON 기능 충돌 보고

2. LB Optimization

LB(Load Balancing) 최적화(Load Balancing Optimization) 기능은 인접 셀들 간 트래픽 로드 분포를 균등하게 분배하기 위해 혼잡한 셀(congested cell)의 트래픽을 자원의 여유가 있는 인접한 셀들로 재분배를 목표로 한다. 이때 셀들 간 트래픽을 이전하기 위한 방법으로 사용되는 HO 발생 횟수를 최소화해야 한다.

인접 셀들 간의 유형은 셀의 크기 및 중첩 유형에 따라 Overlapping Coverage, Hierarchical Coverage,



(그림 2) Overlapping, Hierarchical, Neighbouring Coverage[3]

Neighbouring Coverage로 분류되며 특성에 따라 차별화된 LB 최적화 알고리즘 사용이 요구된다((그림 2) 참조).

가. Overlapping Coverage

2개의 동일한 크기의 셀이 서로 중첩되어 셀 A와 셀 B가 동일한 영역을 서비스하는 상황에서 각 셀의 서비스 영역에 위치한 단말의 트래픽은 셀 A 혹은 셀 B로 로드 밸런싱(Load Balancing)이 가능하다. 이때 로드 밸런싱을 위해 핸드오버(Handover) 기술을 사용한다.

나. Hierarchical Coverage

2개의 다른 크기의 셀이 서로 중첩하며, 작은 셀 B가 큰 셀 A에 의해 완전히 덮여진 상황에서, 셀 B 영역에 위치한 모든 단말 트래픽은 셀 A로 로드 밸런싱 대상이 되지만 셀 A에 위치한 단말은 셀 B와 중첩된 위치에 있는 단말 트래픽에 대해 셀 B로 로드 밸런싱 가능하다.

다. Neighbouring Coverage

2개의 인접한 셀 A와 셀 B의 특정지역이 중첩되는 상황에서, 중첩된 영역에 위치한 단말 트래픽은 셀 A 혹은 셀 B로 로드 밸런싱이 가능하다.

LB 최적화 기능은 시스템에서 수집된 성능측정 통계정보(Actual rate)와 운영자가 정의한 목표값(Target value)을 비교하여 최적화 알고리즘 수행 여부를 결정한다. LB 최적화는 통계정보가 기준값보다 크면 시작되며, 통계정보 대상은 다음과 같다.

- 로드에 관련된 RRC 연결설정 실패 비율
- 로드에 관련된 E-RAB 설정 실패 비율
- 로드에 관련된 RRC연결 비정상 해제 비율
- 로드에 관련된 E-RAB 비정상 해제 비율
- HO에 관련된 실패 비율

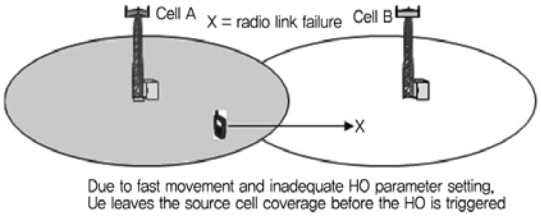
LB 결정 알고리즘은 기지국(eNB: Evolved NodeB)에 구현되고 변화하는 조건에 빠르게 적용하기 위해 기지국들은 X2 인터페이스를 통해 주기적으로(1~10초) HW 부하 수준, S1 트래픽 부하 수준과 무선 자원 할당 상태를 전달한다.

3. Handover Parameter optimization

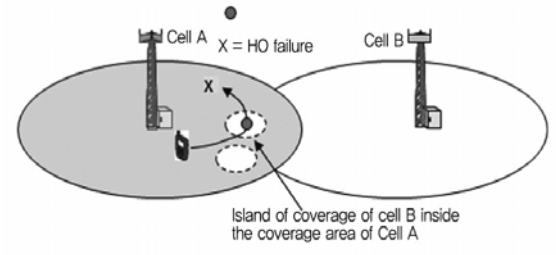
HO 파라미터 최적화(Handover Parameter optimization) 기능은 HO 실패 횟수를 줄이고, 불필요한 HO로 인해 네트워크 자원의 비효율적인 사용을 감소하는 것을 목표로 한다. HO 실패를 일으키는 주요 원인으로는 '너무 늦은 HO(Too Late HO)', '너무 빠른 HO(Too Early HO)', '잘못된 셀으로 HO(HO to wrong cell)'가 있으며 HO 파라미터 최적화 조정을 통해 HO 실패 횟수를 감소시킴으로써 HO로 발생하는 사용자 체감 품질 저하를 방지한다.

가. 너무 늦은 HO(Too Late HO)

단말 이동속도가 HO 파라미터값 조정에서 허용하는 속도보다 빠르게 이동하여 서빙셀에서 신호세기가 너무 약해진 상태에서 혹은 무선링크 실패(RLF: Radio Link Failure) 상황에서 HO가 발생하여 HO를 실패하는 경우



(그림 3) 너무 늦은 HO



(그림 4) 너무 빠른 HO[3]

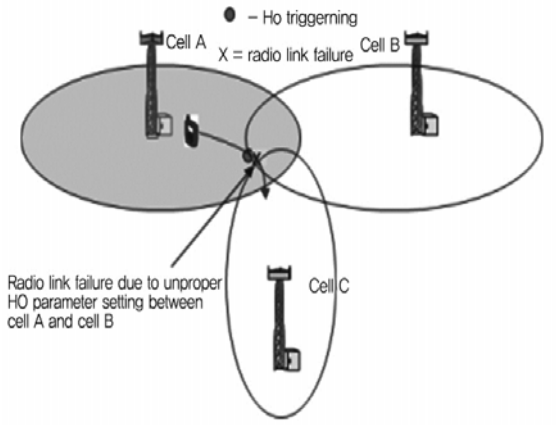
로 고속도로 혹은 고속열차에서 발생할 가능성이 있다((그림 3) 참조).

나. 너무 빠른 HO(Too Early HO)

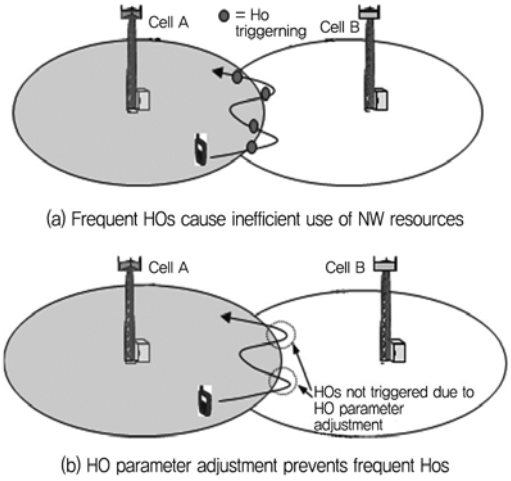
단말이 서빙셀 서비스 영역에 존재하는 작은 셀 영역에 진입하면 HO가 발생하며, 단말이 작은 셀 영역을 빠져나오면서 HO 실패와 무선링크 실패(RLF)가 발생하는 경우로 밀집된 도시에서 발생 가능성이 있다((그림 4) 참조).

다. 잘못된 셀로 HO(HO to wrong cell)

UE가 셀 A에서 인접한 셀 C로 이동하지만 HO 파라미터값 조정이 최적화되지 않아서 셀 A가 셀 B로 HO를 요청하면서 무선링크 실패(RLF)가 발생하며, 추후 재설정을 통해 셀 C에 연결된다((그림 5) 참조).



(그림 5) 잘못된 셀로 HO[3]



(그림 6) 불필요한 HO 발생 감소 예[3]

라. 불필요한 HO 수행 최소화

(그림 6)은 이동 단말이 인접 셀 경계를 이동하면서 HO가 빈번하게 발생하는 상황에서 UE의 이동 패턴정보를 활용하여 HO 파라미터를 최적화함으로써 (그림 6 (b))와 같이 HO 발생을 최소화하여 자원을 효율적으로 사용하는 예를 보여준다.

HO의 빈번한 발생은 고속 이동 중에 소형셀→ 소형셀 혹은 소형셀→ 매크로셀→ 소형셀로 이동하면서 발생할 수 있다.

HO 파라미터 최적화는 HO 실패 수 감소와 HO로 인한 네트워크 자원의 비효율적 사용 감소 사이의 바람직한 트레이드 오프를 고려해서 구현되어야 한다.

HO 파라미터 최적화 알고리즘은 시스템에서 수집된 HO 실패 비율이 운영자가 정의한 목표 값(Target value)보다 크면 HO 파라미터 최적화 알고리즘을 시작되며, eNB 혹은 EM(Element manager)에 구현되고, 변화하는 조건에 빠르게 적용하기 위해 X2 인터페이스를 통해 기지국 간에 관련 정보를 전달한다.

4. Interference control

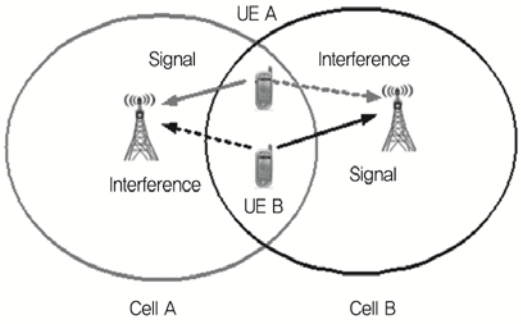
간섭제어(Interference control) 기능은 셀룰러 네트워

크에서 주파수 재사용으로 발생하는 셀들 간 상호간섭을 줄이고 시스템 성능을 향상하기 위해 인접 셀들 간 자원을 지능적으로 조정함으로써 인접셀들 간 간섭 최소화를 목표로 한다.

LTE 시스템에서 발생하는 인접셀 간 Uplink 및 Down link 간섭 유형은 다음과 같다.

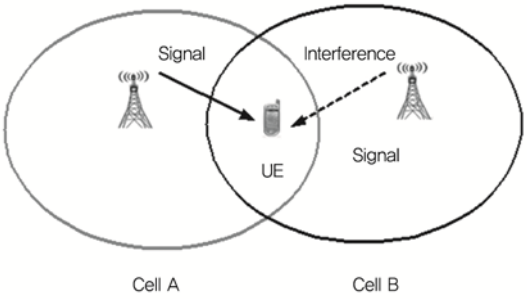
가. Uplink inter cell interference coordination

셀 A를 서빙셀로 하는 단말 A와 셀 B를 서빙셀로 하는 단말 B가 셀 경계에 위치하고, 동일한 물리적 자원을 할당받은 상황에서, 단말 A가 셀 A로 전송한 메시지는 셀 A와 인접한 셀 B에서 수신 가능하며, 단말 B가 셀 B로 전송한 메시지는 셀 B와 인접 셀 A에서 수신 가능하다. 이때 셀 A는 수신한 신호가 단말 A에서 전송되는 정상 신호인지 혹은 단말 B로부터 간섭인지를 구분할 수 없으므로 성능 손실을 보상하고 셀 경계 사용자 성능



(그림 7) UL* ICIC[3]

*UL(Up Link)



(그림 8) DL* ICIC[3]

*DL(Down Link)

을 향상하는 셀 간 간섭 조정이 필요하다((그림 7) 참조).

나. Downlink inter cell interference coordination

셀 A를 서빙 셀로 하는 단말 A가 두 개의 셀이 중첩된 셀 경계지역에 위치하고 있으며, 동시에 셀 B의 단말 B가 단말 A와 동일한 위치에서 동일한 자원을 점유하고 있는 경우 단말 A는 인접 셀로부터 심한 간섭을 받는다. 이때 간섭을 억제하고 시스템 성능을 향상할 수 있는 다운링크 셀 간섭 조정이 필요하다((그림 8) 참조).

OFDM과 SC-FDMA를 사용하는 LTE 시스템은 네트워크 진화에 따라 인접 셀들에 대한 간섭 영향을 완화하는 기술을 개발하고 있으며, 3GPP Rel.8은 셀 경계에 위치한 단말에서 사용하는 자원을 주변 셀에서 사용을 금지함로써 셀 경계에 위치한 단말 성능을 향상하는 ICIC 기능 적용, Rel.10은 HetNet(Heterogeneous Network) 환경에서 셀 간 간섭을 감소하는 enhanced ICIC 기능 적용, 그리고 Rel.11은 다수의 전송 포인트가 협력하여 인접 셀들 간 간섭을 줄이는 CoMP(Coordinated Multi-Point) 기능 적용을 통해 인접 셀들간 간섭을 완화하고 있다. 이에 따라 다양한 네트워크 환경에서 자율적으로 주변환경에 적합한 SON 알고리즘을 선택하여 수행함으로써 주변 셀로부터 간섭을 최소화하고 단말의 서비스 품질을 향상하는 간섭 제어 기술개발이 요구된다.

5. Capacity and coverage optimization

용량 및 커버리지 최적화(CCO: Coverage and Capacity optimization) 기능은 무선 네트워크에서 최적의 커버리지와 용량 제공을 목적으로 한다.

용량 및 커버리지 최적화는 시스템 용량과 커버리지 간 트레이드 오프를 고려해야 하며, 환경변화에 빠르게 대응하기 위해 주기적으로 수행되어야 한다.

네트워크 설치 시 잘못된 파라미터 설정은 일부 지역에서 커버리지 홀을 만들 수 있으며 시스템 운용 중에 용량 및 커버리지 최적화를 통한 조정이 요구된다. 커버

리지 홀 예는 다음과 같다.

가. E-UTRAN Coverage holes with 2G/3G coverage

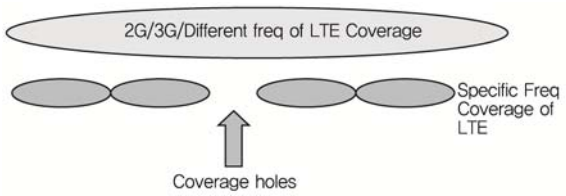
2G/3G 네트워크와 중첩하여 새로운 LTE 네트워크를 점진적으로 설치하는 경우((그림 9) 참조) LTE는 많은 커버리지 홀이 발생할 수 있으며, 서비스 지속성을 위해 빈번한 inter-RAT(Inter Radio Access Network) HO가 발생한다. CCO는 무선 네트워크 환경에서 이와 같은 문제점을 자동적으로 발견하고 해결할 수 있어야 한다.

나. E-UTRAN Coverage holes without any other radio coverage

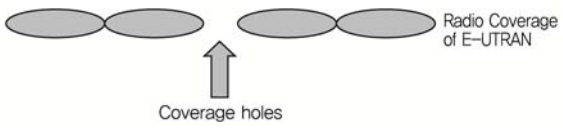
새로운 LTE 네트워크를 점진적으로 설치하는 경우 LTE는 많은 커버리지 홀이 발생할 수 있으며((그림 10) 참조), 커버리지 홀 영역에서 서비스는 중단된다. CCO는 네트워크 상에서 이와 같은 종류의 문제점을 자동적으로 발견할 수 있어야 한다.

다. E-UTRAN Coverage holes with isolated island cell coverage

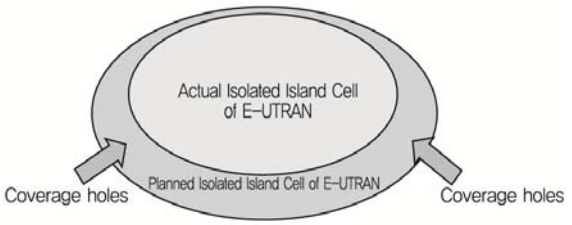
독립 셀(isolated island cell)의 실제적인 커버리지가 계획된 셀 커버리지 보다 작아서 커버리지 홀((그림 11) 참조)이 발생하는 경우 CCO는 자동으로 커버리지 홀을 찾아서 최적화해야 한다.



(그림 9) Coverage holes with 2G/3G coverage[3]



(그림 10) Coverage holes without any other radio coverage[3]



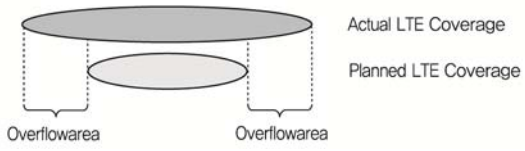
(그림 11) Coverage holes with isolated island cell coverage[3]

라. E-UTRAN Cells with too large coverage

LTE 운용자가 특정지역에서 고용량 서비스 제공을 위해 새로운 LTE 셀을 설치하였으나 LTE 셀의 실제 커버리지가 계획된 커버리지보다 커지면서 특정지역에서 높은 용량을 제공할 수 없다((그림 12) 참조). CCO는 새로 설치된 LTE 커버리지와 계획된 커버리지 크기가 동일하도록 조정해야 한다.

용량 및 커버리지 최적화 기능은 단말에서 수집한 측정 정보, 기지국 성능 측정 정보, 경고 정보, 모니터링 정보와 MDT(Minimizing Driver Test) 성능 정보 및 HO 관련 성능 정보를 기반으로 최적화 여부를 결정하며, 최적화가 필요하면 RF에 관련된 Downlink transmit power, Antenna tilt, Antenna azimuth값을 조정하여 최적화한다.

중앙집중형 용량 및 커버리지 최적화 알고리즘은 DM (Domain manager)에 설치되며, 용량 및 커버리지 최적화 정책을 구성하는데 사용되는 용량 및 커버리지 최적화 모니터 기능과 정책 제어 기능이 필요하다.



(그림 12) Difference between actual and planned LTE coverage[3]

6. RACH Optimization

RACH 최적화(RACH optimization) 기능은 무선환경 변화에 따라 RACH 성능에 관련된 파라미터 정보를 자율적으로 조정하여 RACH 과정에서 발생하는 충돌 및 수신 오류 발생을 최소화함으로써 RACH Access 성공률을 액세스 지연시간을 최소화하고, 간섭을 줄이는 것을 목표로 한다.

RACH 과정은 호 설정 지연(call setup delay) 및 HO 지연(handover delay)과 같은 사용자 체감 품질과 관련된 네트워크 성능에 중요한 영향을 미친다. 잘못 구성된 RACH는 호 접속 설정시간과 액세스 실패를 증가하여 호 설정시간을 지연시키고 과다한 간섭을 생성할 수 있으므로, 랜덤 액세스 파라미터 최적화를 통해 사용자 체감 품질을 최대화해야 한다.

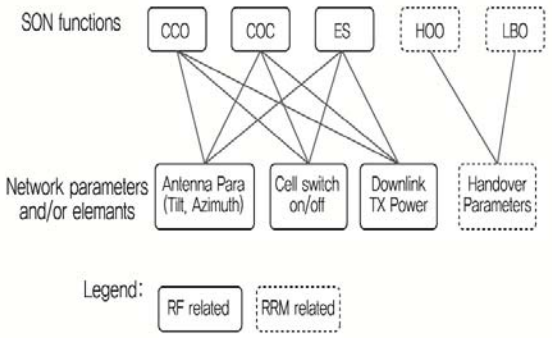
RACH 최적화 알고리즘은 eNB에 구현되고, 시스템에서 수집된 RACH 통계정보(전송된 RACH 프리앰블 수)를 활용하여 Access probability 혹은 Access delay probability가 운영자가 정의한 목표값(Target value)보다 작으면 작으면 RACH 최적화 기능을 시작한다. 또한 다양한 조건에서 모든 셀에 최적화된 RACH를 유지하기 위해서 RACH 최적화는 주기적으로 반복하여 수행되어야 한다.

7. SON Coordination

SON 조정(SON coordination) 기능은 SON 동작이 사업자 정책에 부합하도록 SON 기능들 간의 충돌 혹은 부정적인 영향을 미리 탐지하고, 예방 혹은 해결하는 것을 목표로 한다.

여러 SON 기술들이 동일한 네트워크의 구성 파라미터 정보 변경을 시도하는 경우, 동일한 네트워크 자원 변경에 대한 충돌이 발생하여 운용자가 요구하는 결과를 얻을 수 없으므로 SON 기능 충돌을 사전에 감지하여 예방 혹은 해결하는 방법이 요구된다.

SON 기능 동작은 다른 SON 기능에 영향을 미칠 수



(그림 13) SON 기능과 네트워크 요소의 관계도[2]

있다. 예를 들어, CCO 기능에 커버리지 최적화에 따라 NR(Neighbor Relation) 정보를 조정하면, 변경된 NR 정보는 HO 파라미터 최적화 기능에 영향을 미칠 수 있다. (그림 13)은 SON 기능과 네트워크 요소의 관계도를 보여준다.

운용자는 SON 기능 충돌을 방지하기 위해 특정 자원에 대한 정책을 SON 조정 기능에 미리 설정할 수 있으며, SON 기능 간 충돌이 발생하기 전에 충돌 예방 기능을 먼저 수행하고 추가적으로 충돌 탐지와 해결(Conflict detection and resolution) 기능을 수행한다.

SON 조정 기능은 구현되는 위치에 따라 중앙집중 조정방식과 분산 조정방식으로 구현된다. 중앙집중 조정방식은 물리적으로 기지국과 분리된 기능 요소에 구현되어 모든 SON 기능들로부터 필요한 정보를 수집하여 SON 기능들 간의 충돌을 조정하며, 분산 조정방식은 SON 기능의 일부분으로 기지국에 구현되며 X2 인터페이스를 통해 정보를 교환한다.

- SON 기능 충돌을 탐지하기 위한 분석 요소
  - SON 기능이 목표 달성 여부 또는 네트워크 성능 개선 여부를 표시하는 핵심 성과지표
  - SON 기능이 목표 달성 여부 또는 네트워크 성능 개선 여부를 표시하는 측정치
  - 구성 파라미터에서 허용되지 않는 변경
- SON 기능 충돌을 해결하기 위한 조정 기능

- SON 기능의 활성화/비활성화/일시 중단
- 특정 SON 행위의 중지/일시 중단/변경
- 특정 구성 파라미터의 변경

Ⅲ. SON 기술개발 동향

1. Qualcomm의 Ultra SON

Qualcomm은 소형셀 설치에 필요한 계획과 구축 노력을 줄이기 위해 UltraSON 기술을 개발하였으며 이 기술을 활용한 플러그 앤 플레이 솔루션은 자원을 효율적으로 사용하고 사용자 체험 품질을 향상시킬 것으로 기대하고 있다.

• UltraSON에서 지원하는 주요 기술[5]
  - Automatic PCI selection
  - Automatic neighbour discovery
  - Frequent Handover Mitigation
  - Robust mobility
  - Backhaul quality aware load balancing
  - Tx power management
  - Resource partitioning and coordination
  - Load balancing

2. Cisco의 Quantum-SON

Cisco는 소형셀 최적화를 위해 오류 발생 혹은 성능이 기준치에 미달하는 셀을 진단하는 단계인 Real-Time Diagnosis, 운용자의 개입 없이 알고리즘이 자율적으로 네트워크 정보를 조정하는 단계인 Automatic Adjustment와 최적화 수행결과에 따라 변경 전 상태로 복귀 혹은 새로운 진단을 준비하는 단계인 instant Feedback의 3단계로 구성/운영되는 Quantum-SON 기술을 개발하였다. 중앙집중형 방식으로 운용되는 Quantum-SON 기술의 주요 특성은 다음과 같다[6].

- Effective Macro Offload and Load Balancing
- Hand-In from the Macro Network
- Neighbor Management
- Scrambling Code Optimization

3. AirHop의 eSON

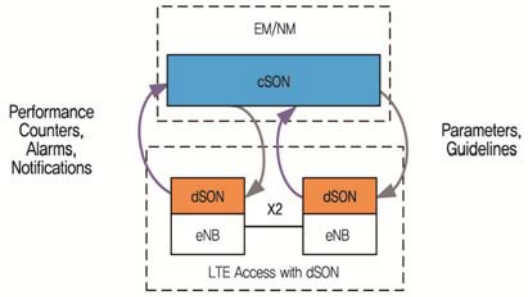
AirHop는 2012년 6월 TI사 TMS320C66x에 최적화된 SON 소프트웨어 개발을 발표하였으며, 2014년 6월 Broadcom의 BCM617xx Series에 구현된 Radisys의 LTE TOTALeNodeB 솔루션에서 동작하는 eSON Suite Release 1.0 개발을 발표하였다[7].

eSON Suite Release 1.0 기술은 대규모로 설치되는 소형셀에 대응하기 위해, 사람의 직접적인 개입을 최소화하고 시스템이 설치가 완료되면 자동으로 지능적인 네트워크 관리 기능이 동작되며, 실시간으로 네트워크를 최적화하여 다계층 간 간섭을 관리하고 용량을 재사용하도록 설계되었다. 이 기술은 3G 상용 네트워크에 적용하였고, LTE 매트로셀 플랫폼에서 시연하였다. eSON의 주요 기술은 다음과 같다.

- Self-configuration
- ANR
- PCI and conflict detection/resolution
- Multi cell interference management: small cell to macro cell, small cell과 small cell

4. Cellwize의 elastic-SON

cellwize는 RF 전문가들을 주축으로 네트워크 환경에 따라 유연하게 동작하는 elastic-SON을 개발하였으며, 최근 Alcatel-Lucent's와 협력하여 네트워크 가상화 인프라인 CloudBand에서 정합 기능을 확인함으로써 소프트웨어와 하드웨어 간 종속성을 제거하고 운용자가 요구하는 네트워크 크기와 성능을 빠르게 구축하여 제공하고 OPEX 비용을 절감하는 elastic-SON을 개발하였다고 발표하였다.



(그림 14) Generic Hybrid SON Architecture[8]

5. SCF의 SON API

SCF(Small Cell Forum)은 다른 제조업체에서 공급된 소형셀들이 공존하는 네트워크, 다른 SON 구현들이 공존하는 네트워크와 매크로셀과 소형셀이 중첩된 네트워크에서 SON 기능을 효율적으로 정합하기 위해 공통으로 사용하는 SON API를 개발하고 있다. (그림 14)는 하이브리드 SON 구조를 보여주며, dSON(distributed SON) 기능은 eNB에 구현되고 cSON(centralized SON)은 관리시스템과 같이 소형셀 외부에 구현된다.

SCF에서 dSON과 cSON 간의 정보교환을 위해 API를 정의하는 SON 기능은 다음과 같다.

- PCI Optimization
- ANR / Neighbour Management
- Mobility Robustness Optimization
- Mobility Load Balancing
- Power Management
- Interference Control and Management
- Channel Selection
- Backhaul Management
- Frequent Handover Mitigation
- RACH Optimization
- Energy Saving

Ⅳ. 결론

본고에서는 점점 더 복잡해지는 네트워크 관리를 단순화하기 위해 네트워크에서 자율적으로 셀들의 KPIs (Key Performance Indicators) 정보를 수집 및 분석하고, 결과에 따라 시스템 정보를 변경하여 시스템이 항상 최적의 서비스하는 제공하도록 지원하는 자가 최적화 네트워크 기술과 SON 기술개발 동향을 간단히 소개하였다.

다양한 무선 전송기술과 다양한 셀 크기의 셀들이 중첩하여 설치되는 복잡한 차세대 네트워크에서 종래와 같이 운용자의 제어를 통해 시스템을 설치 및 관리하는 방법은 한계가 있으므로, 기지국 자체적으로 또는 인접한 기지국들과 협업을 통해 기지국 간 간섭을 최소화하고 기지국의 용량을 증대시켜서 네트워크 성능을 최적화하는 SON 기술 사용은 필수적이다.

본고에서 기술한 자가 최적화 네트워크(Self-optimizing network) 기술은 자가 구성 네트워크 기술 및 자가 복구 네트워크 기술과 연계하여 점점 더 복잡해 지는 이동통신 네트워크에서 네트워크를 자율적으로 관리하여 사람의 개입을 최소화하고, 사업자의 유지비용을 절감한다. 소형셀이 고밀도로 설치되어 복잡성과 규모가 확장되는 차세대 네트워크에서 네트워크를 단순하게 관리할 수 있는 지능적인 SON 기술연구가 요구된다.

약어 정리

ANR	Automatic Neighbor Relation
CCO	Coverage and Capacity Optimization
CoMP	Coordinated Multi-Point
cSON	centralized SON
DL	Down Link
dSON	distributed SON
Eicic	Enhanced Inter-Cell Interference Coordination
EM	Element manager
eNB	Evolved NodeB
HetNet	Heterogeneous Network
ICIC	Inter-Cell Interference Coordination
Inter-RAT	Inter Radio Access Network

IRPAgent	Integration Reference Point Agent
KPIs	Key Performance Indicators
LB	Load Balancing
MDT	Minimizing Driver Test
MRO	Mobility Robustness/Handover optimization
NGMN	Next Generation Mobile Network
NR	Neighbour Relation
PCI	Physical Cell Identity
RACH	Random Access Channel
RLF	Radio Link Failure
SCF	Small Cell Forum
SON	Self Organizing Network
UL	Up Link

참고문헌

[1] 3GPP TS 32.521 V11.1.0, "Self-Organizing Network(SON) Policy Network Resource Model(NRM) Integration Reference Point(IRP); Requirements(Release 11),"

[2] 3GPP TS 32.522 V11.7.0, "Self-Organizing Networks (SON) Policy Network Resource Model (NRM) Integration Reference Point (IRP); Information Service (IS) (Release 11),"

[3] Cisco, "Cisco Visual Networking Index: Global Mobile Data Traffic Forcast Update, 2013-1018," Feb. 5th, 2014.

[4] Cisco, "Cisco Quantum SON for Small Cells: Reduce OpEx and Improve Quality of Experience," p. 3. http://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/wireless/quantum/white-paper-c11-730877.pdf

[5] SMALL CELL FORUM, "SON API," Sept. 11th, 2014.

[6] 4G Americas, "Self-Optimizing Networks in 3GPP Release 11: The Benefits of SON in LTE," Oct. 2013. http://www.4gamericas.org/documents/Self-Optimizing%20Networks-Benefits%20of%20SON%20in%20LTE_10.7.13.pdf

[7] Qualcomm, "UltraSON Features," https://www.qualcomm.com/invention/research/projects/small-cells/ultrason

[8] airhop, "eSON™ Suite," http://airhopcomm-web.com/eson-suite