

# 전술이동통신망에서 대표 운영관리장비를 통한 셀 간 간섭 해소기능 운영기법

정회원 조 정 호\*

## Management Method for Solving Inter-cell Interference based on Primary Operational Management Equipment in Tactical Mobile Communication Network

Jungho Cho\* *Regular Member*

### 요 약

셀룰라 이동통신이 개발된 이래 상용이동통신망 사업자는 셀 간 간섭을 최소화하는데 많은 경제적, 인적 자원을 소비해 왔다. 최근 이러한 낭비를 줄이기 위해 셀 간 간섭을 최소화하고 장비 스스로 기능을 최적화하는 자가 조직망(self organization network: SON) 개념이 상용에서 연구되고 있다. 하지만 전술이동통신망은 상용이동통신망과 달리, 통신망 인프라 장비 운용구조가 유동적이고 분산적인 특성을 가지고 있어서 상용의 SON 기능을 곧바로 적용하기 어려운 구조이다. 따라서 본 논문은 전술이동통신망에서 상용의 SON 기능이 최적으로 동작할 수 있도록 대표 운영관리장비를 선출하고, 선출된 대표 운영관리장비를 통해 셀 간 간섭을 해소하는 운영 기법을 제시한다. 제안된 기법과 운영방식은 전술이동통신망에서 셀 간 간섭을 줄이는 관점에서 보다 나은 성능을 보여준다.

**Key Words** : Tactical Mobile Communication Network, Inter-cell Interference, SON(Self Organization Network), Primary Operational Management Equipment, Cell Optimization

### ABSTRACT

In commercial mobile communication system, to reduce inter-cell interference it spends many resources for example, costs, equipments and human resources, etc. Recently self organization network concept is introduced to easily solve the inter-cell interference problem and optimize the performance of equipments by themselves. However self organization function which is used in commercial can't adopt directly in tactical mobile communication network, because operational concept of the tactical mobile network shows very flexible and distributed characteristics. In this paper, we propose an algorithm for determination of primary operational management equipment which well fitted for the operation of SON function in the tactical environment. We also propose new inter-cell interference managing procedure which controls the primary operational management equipment. The proposed method and procedure show better performance from the viewpoint of reducing the inter-cell interference in the tactical mobile communication network.

\* 국방과학연구소 제 2기술연구본부 3부 (jungho@add.re.kr)

논문번호: KICS2010-07-342, 접수일자: 2010년 7월 29일, 최종논문접수일자: 2010년 9월 17일

## I. 서론

상용이동통신 서비스가 비약적으로 발달함에 따라 우리는 언제 어디서나 자유롭게 휴대폰을 이용하여 상대방과 음성통화를 하거나 메시지를 주고받으며 최근에는 정보 검색과 다양한 멀티미디어를 이용할 수 있게 되었다. 이렇게 휴대폰 사용자가 어디에 있더라도 좋은 품질로 이동통신 서비스를 사용할 수 있는 이유는 각 이동통신사가 전국 각지에 많은 기지국과 중계기를 설치하여 음영지역 없이 이동통신 서비스를 제공하고 있기 때문이다. 이동통신사는 수많은 기지국과 중계기가 발생시키는 신호가 서로 간섭이 발생하지 않도록 설치, 운영하고 있다. 이렇게 기지국과 중계기를 주파수 간섭 없이 정교하게 설치하는 작업은 장비 설치지역의 전파환경에 대한 면밀한 검토가 필요하고, 설치 이후 수많은 실제 테스트를 통해 간섭 여부를 확인해야 하기 때문에 많은 인력과 시간이 소요되는 일이다<sup>1)</sup>.

하지만 최근 Long Term Evolution(LTE)<sup>2)</sup>와 IEEE 802.16m<sup>3)</sup>이 주도하는 차세대 이동통신 표준화 회의에서 앞서 언급한 기지국/중계기 배치에 따른 설치비용/운영비용을 줄이고자 장비 스스로 주변의 무선 환경을 탐색하여 최적의 무선 환경으로 장비가 동작할 수 있도록 각종 파라미터를 설정하고, 망 운영을 최적화하는 자가 조직망 (Self Organization Network: SON) 개념이 등장하였다. SON 기술은 주로 가정이나 작은 공간에서 Wi-Fi 무선 공유기를 사용하는 것처럼 상용이동통신 서비스를 사용하기 위해서 Femto-cell 개념과 함께 대두되었다. 현재 상용의 SON 기술은 장비 단독으로 자신의 파라미터를 최적화하는 것이 아니라 네트워크에 존재하는 중앙의 SON 서버에 접속하여 제어와 관리를 받는 형태로 동작된다<sup>4-6)</sup>.

SON 기술은 군이나 공공기관이 사용하는 전술/재난 이동통신망에도 꼭 필요한 기능이다. 하지만 상용이동통신망과 달리 전술/재난 이동통신망은 고정된 인프라가 존재하여 항상 운영되는 것이 아니라 상황에 따라 임시적으로 운용되거나 서비스가 필요한 곳으로 이동하는 유동적인 성격을 띠고 있기 때문에 상용 이동통신망처럼 중앙의 SON 서버를 운용하기 어려운 구조라고 할 수 있다<sup>7)</sup>.

따라서 본 논문을 통해 전술이동통신망에 상용의 SON 기술을 곧바로 적용하기 어려운 이유를 알아보고, 전술이동통신망의 특성에 맞게 SON 기술을 적용할 수 있는 기법을 제안한다. 즉, 이동기지국의 SON 기능을 담당하는 운영관리장비(Operational Management Equipment: OME)가 상황에 따라 독립적으로 SON 기

능을 수행하다가 이동기지국이 망에 접속하면 접속되어 있는 이동기지국 중에서 망의 SON 기능을 총괄하는 대표 운영관리장비를 선출하고, 선출된 대표 운영관리장비를 통해 망 전체의 SON 기능을 최적화하여 운영하는 방안을 제시한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 상용이동통신망과 전술이동통신망을 비교함으로써 전술이동통신망에 상용의 SON 기술을 그대로 적용하기 어려운 점을 분석한다. 3장에서 전술이동통신망에 SON 기술을 적용하기 위하여 본 논문에서 제안하는 대표 운영관리장비 선출 및 운영기법을 기술하고, 4장에서 기법의 성능을 뒷받침하기 위한 시뮬레이션 결과를 제시하도록 한다. 마지막으로 5장에서 결론과 함께 향후 전술이동통신망의 셀 간 간섭 최적화를 위한 추가적인 연구 방향을 제시하도록 한다.

## II. 전술이동통신망의 특성

그림 1과 2는 상용이동통신망과 전술이동통신망을 각각 도식한 것이다. 그림 1에서처럼 상용이동통신망은 고정 설치된 다수의 기지국 및 중계기를 소수의 운영관리장비가 관리하는 구조이다. 기지국/중계기가 모두 반영구적으로 고정 설치되어 유선 연결로 운용되기 때문에 많은 수의 기지국/중계기를 제어할 수 있는 능력을 가진 한 대 또는 두 대의 운영관리장비가 망 제어 및 운영을 하는 계층적이고 안정적인 구조이다.

이와 달리 그림 2의 전술이동통신망은 망의 구조가 전술 상황에 따라 유동적으로 변화할 수 있다. 이동기지국은 전술 상황에 따라 전체 망에 접속되어 있는 상태로 운영되기도 하고, 때로는 단독으로 이동하면서 작전을 수행하기도 한다. 그래서 작전 상황 및 부대배치 상황에 따라 다수의 이동기지국이 협소한 범위 내에서 동시에 운용되는 경우가 생기게 된다. 또 이동기지국

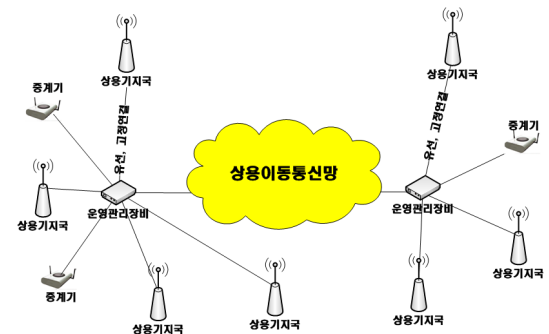


그림 1. 상용이동통신망의 구조

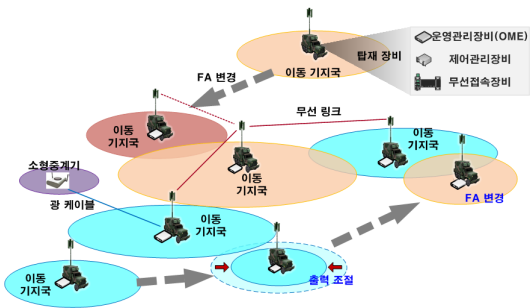


그림 2. 전술이동통신망의 구조

간 연결이 상용이동통신망과 달리 무선 간선링크로 연결되고, 연결의 신뢰성도 유선 연결과 달리 항상 높게 유지하기 어렵다. 따라서 이러한 유동적인 작전 상황으로 인하여 전술이동통신망을 구성하는 이동기지국은 기지국 단독으로 이동통신 서비스를 제공하기 위하여 필요한 장비를 모두 탑재해야 한다. 그리고 이동기지국 간에 계층적이고 안정적인 망구조를 형성하여 중앙에서 통제하는 것이 어렵기 때문에 셀 간 간섭이 발생하게 된다<sup>8)</sup>. 하지만 이러한 열악한 환경에서도 전술이동통신망은 신뢰성 있는 통신을 지원하기 위해서 인프라 장비 간의 간섭을 조정/통제하는 기능이 필요하다.

현재 군에서 사용하고 있는 전술이동통신망 인프라 장비는 기지국 간 조정/통제를 위하여 군단/사단 급 상위 부대에서 운용하는 망관리 장비의 사전 계획에 의해서 운용되고 있다. 여기서 망관리 장비는 상용이동통신망에서 운영하는 셀 플래너 툴과 유사한 기능을 한다. 하지만 이렇게 계획에 따라 통신이 지원되기 때문에 긴박한 작전 상황에서는 원활한 통신 지원이 현실적으로 불가능할 수밖에 없다. 따라서 이러한 사전 계획에 의한 통제의 한계를 보완하고, 인프라 장비가 스스로 주변 환경을 인식하여 최적으로 동작하도록 하는 SON 기능이 반드시 필요하다.

그러나 상용이동통신망과 달리 각각의 이동기지국이 저마다 SON 기능을 단독으로 수행하게 되면 자신의 장비 관점에서 최적화를 이루는 데에만 초점을 맞추게 되어 망 전체의 성능 (예를 들어 망 전체 CINR(Carrier to Interference plus Noise Ratio) 분포 등)은 오히려 나빠질 수 있다. 또 예를 들어 A기지국의 SON 기능 수행이 옆에 있는 B기지국에게 영향을 미쳐 B기지국의 SON 기능을 재수행하도록 만들고, B기지국은 또 주변 기지국의 SON 기능을 수행하게 만들어 결국 모든 기지국이 이동통신서비스는 하지 않고 SON 기능 수행만 무한히 반복하는 경우가 발생하게 된다. 그리고 설사 각각의 기지국이 SON 기능을 수행

하여 다행스럽게도 망의 셀 간 간섭이 최소화되었다 하더라도, SON 기능을 여러 곳에서 중복적으로 수행하여 자원 활용 관점에서 낭비가 발생하게 된다. 상용이동통신망은 이러한 문제점을 해결하기 위해서 안정적인 망구조를 바탕으로 중앙에서 망 전체의 SON 기능을 조정/통제하는 SON 서버를 설치하여 운영함으로써 전체 망의 성능 최적화를 이루고 SON 기능의 비효율적 운영을 막을 수 있으나, 전술이동통신망 구조는 앞서 분석한대로 중앙에 고정된 SON 서버를 운용할 수 있는 계층적이고 안정적인 구조가 아니기 때문에 상용이동통신망의 SON 기능을 그대로 적용하기 어렵다.

### III. 대표 운영관리장비 선출 및 운영 기법

II장을 통해 망 전체 관점에서 인프라 장비를 제어하고 관리하여야 최적의 기능을 발휘하는 상용의 SON 기술을 전술이동통신망에 그대로 사용하는 것이 어렵다는 것을 알 수 있었다. 따라서 본 장에서는 전술이동통신망에서 SON 기능을 최적으로 수행하여 셀 간 간섭을 최소화할 수 있는 새로운 기법을 제안하고자 한다. II장에서 알아본 이동기지국 장비구성 현황과 전술이동통신망 특성, 기술적 요구조건을 바탕으로 전술이동통신망에 접속된 여러 이동기지국에 탑재되어 있는 운영관리장비(OME) 중에서 망 전체 SON 기능을 대표로 수행하기 위한 대표 운영관리장비(Primary-OME: P-OME)를 선출하고, 선출된 P-OME가 망 내의 나머지 OME와 하부 구성 장비를 가지고 망 전체 셀 간 간섭해소를 위하여 SON 기능을 운영하는 방법을 나누어 설명하도록 한다.

#### 3.1 P-OME 선출 기법

그림 3은 P-OME를 선출하는 알고리즘을 나타낸 것이다. 전술이동통신망의 P-OME는 주기적으로 자신이 관리하는 일반 OME들에게 상태 확인 메시지를 주기적으로 전송하고, 이를 수신한 일반 OME들은 자신이 관리하는 하위 접속장비의 변화 여부를 감지하여 변화가 없을 경우 Ack 메시지를 P-OME로 송신하고, 변화가 있을 경우는 Nack 메시지를 송신한다. 전술이동통신망 내의 OME에 상태 변화가 발생하면, P-OME는 이를 감지하여 새로운 OME가 전술이동통신망에 접속했는지 기존 OME가 전술이동통신망에서 분리되었는지를 판단한다. 만일 새로운 OME(N-OME)가 망에 접속한 경우라면, N-OME는 망 내에 자신의 접속을 알리는 메시지를 전송한다. N-OME는 주기적으로 P-OME가 송신하는 메시지를 통해 망 내에 P-OME가

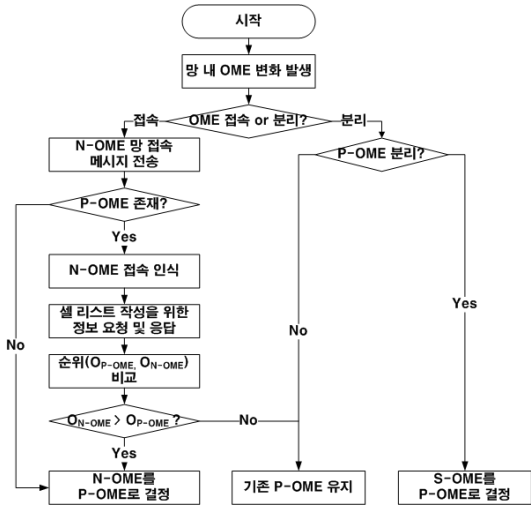


그림 3. P-OME 선출 알고리즘

존재하는지 여부를 판단하고, 만약 주기적 메시지가 없다면 망 내에 P-OME가 없는 것을 의미하기 때문에 N-OME가 P-OME의 역할을 수행하게 된다.

망 내에 P-OME가 존재하는 경우, P-OME는 N-OME가 전송한 망 접속 메시지를 수신하여 N-OME의 접속을 인식하게 된다. OME의 순위 결정에 필요한 셀 리스트를 보관하고 있던 P-OME는 새로운 N-OME의 접속을 인식한 후, 현재 셀 리스트의 갱신을 위하여 N-OME에게 셀 리스트 갱신을 위한 정보를 요청하여 이를 수신한다.

그림 4는 셀 리스트의 한 예로서 운영하는 망의 특성에 따라 제대(諸隊)구분 코드, 제대 코드, 통신소 규모 구분 코드, 접속장비 구분, 접속장비 파라미터 등을 포함할 수 있다. OME의 순위 선출 기준은 운영되는 망에서 중요하게 여기는 파라미터에 따라 유연하게 변할 수 있기 때문에 그림 4의 셀 리스트의 순위는 망의 정책에 따라 변하게 된다. 셀 리스트는 OME, 이동기지국 내 무선접속장비, 소형 중계기에 변화가 발생하면 갱신이 필요하므로 주기적으로 망의 변화를 확인하는 P-OME가 변화를 확인하면 셀 리스트를 갱신하게 된다.

갱신된 정보를 가지고 P-OME는 N-OME와 순위를 비교한다. 우선순위 비교결과, N-OME의 우선순위

순위	제대 구분 code	제대 code	노드 구분 code	접속 장비 구분	접속 장비 파라미터
0 : Not Identified	군단 : 0	XX	기반 노드 : 01	무선접속장비 : 01	FA, 솔리파워, 프라임플 안테나, GPS 재포, ...
1 : Primary	사단 : 1	YY	대형통신소 : 02	소형중계기 : 02	
2 : Secondary	여단 : 2	ZZ	중형통신소 : 03		
...	대대 : 3	UU	소형통신소 : 04		

IP address	네트워크 영역	군단분류 영역	노드분류 영역	포트 영역
0	7	15	16	23 24 31

그림 4. 대표 운영관리장비 셀 리스트

(On-OME)가 기존 P-OME의 순위(Op-OME)보다 높으면 N-OME를 새로운 P-OME로 선출한다. 그러나 N-OME의 우선순위가 기존 P-OME의 우선순위보다 낮으면 기존 P-OME를 그대로 P-OME로 유지한다. 만약 망에 접속해 있던 OME가 분리된 상황이라면, 분리된 OME가 P-OME인지 아닌지를 판단한다. 만약 일반 OME가 분리되었다면 P-OME가 주기적으로 일반 OME에게 보내는 메시지에 대한 응답을 받지 못하게 되어 P-OME가 일반 OME의 분리 사실을 인지하게 되고, 이 경우 순위 변화에 영향이 없기 때문에 그대로 P-OME를 유지하면서 셀 리스트를 갱신하는 과정을 거치게 된다. 만약 P-OME가 분리되었다면 P-OME로부터 주기적으로 일반 OME에게 접속 여부를 묻는 메시지를 일반 OME가 수신하지 못하게 되기 때문에 그림 4의 셀 리스트에 표시되어 있는 2순위에 해당하는 운영관리장비(Secondary-OME: S-OME)가 P-OME로 선출되어 P-OME 역할을 수행하게 된다.

### 3.2 P-OME를 통한 전술이동통신망 SON 운영 기법

그림 5는 전술이동통신망에서 P-OME가 전체 망에 대한 SON 운영을 통하여 셀 간 간섭을 해소하는 기법을 설명한 개념도이다. 그림 5에서 OME-1이 P-OME로 선출된 상태에서 새로운 이동기지국(이동기지국-3)이 접속하였다고 가정하면, P-OME는 주기적으로 망

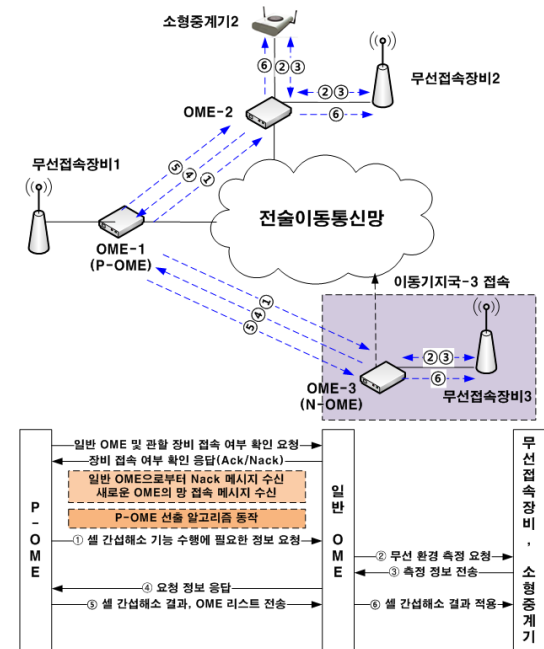


그림 5. P-OME를 통한 셀 간 간섭해소 기법

의 변화여부를 확인하기 위해 주고받는 메시지를 통해 새로운 이동기지국의 접속을 감지하게 된다. OME-3의 접속을 감지한 P-OME는 앞서 설명한 대표 운영관리장비 선출 알고리즘을 수행하게 된다. 여기서 계속 OME-1이 P-OME로 선출되었다고 가정하면, P-OME는 이동기지국-3의 접속에 의하여 발생할 수 있는 셀 간 간섭을 망 전체 SON 기능 운영을 통해 해소하게 된다. P-OME는 우선 SON 기능 수행에 필요한 각종 정보를 OME-2, OME-3에게 요청한다. 여기서 SON 기능 수행에 필요한 각종 정보란 SON 세부 알고리즘에 해당하는 동적 주파수 선택(DFS: Dynamic Frequency Selection), 송신 출력 제어(TPC: Transmit Power Control), 프리앰블 인덱스 선택(PIS: Preamble Index Selection) 알고리즘 등의 수행에 필요한 파라미터로서, 전체 주파수 할당(FA: Frequency Assignment)에 대한 수신신호세기(RSSI : Received Signal Strength Indicator), 기지국과 단말의 잡음신호세기, 프리앰블 인덱스(세그먼트 ID 및 셀 ID), 장비의 GPS 좌표 등이 될 수 있다. 다만 본 논문에서 셀 간 간섭해소를 위하여 언급한 알고리즘은 상용이동통신망에서 SON 알고리즘의 하나로 알려진 DFS, TPC, PIS 알고리즘이지만, 전술이동통신망의 최적화를 위해 필요한 알고리즘은 얼마든지 추가하여 운영할 수 있다.

P-OME로부터 정보 요청을 받은 일반 OME(OME-2, OME-3)는 전체 주파수 할당(FA)에 대한 RSSI, 기지국과 단말의 잡음신호세기 등의 필요한 정보를 얻기 위해 자신이 담당하고 있는 무선접속장비 및 소형 중계기에게 무선 환경 측정을 지시한다. 일반 OME는 자신이 담당하는 무선접속장비 및 소형 중계기로부터 측정정보를 수신하고, 수신한 정보를 P-OME로 전송한다. P-OME는 일반 OME로부터 수신한 정보를 기반으로 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행하게 된다. 이후, 셀 간 간섭해소 알고리즘 수행 결과를 이용하여 셀 리스트를 갱신하고, P-OME는 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행한 결과를 전송한다. 셀 간 간섭해소 알고리즘 수행 결과는 각각의 무선접속장비와 소형 중계기 운용에 필요한 최적 주파수, 최적 출력, 최적 프리앰블 인덱스 등의 파라미터가 될 수 있다. 일반 OME는 P-OME로부터 수신한 셀 간 간섭해소 알고리즘 수행 결과를 바탕으로 관할하고 있는 무선접속장비와 소형 중계기의 파라미터를 재조정하게 된다.

만약 이동기지국이 망과 연결되지 않고 단독으로 서비스를 제공하는 상황인 경우에는 위의 언급한 망 전체의 셀 간 간섭해소를 위한 SON 기법을 수행하는 것이 아니라, 다른 이동기지국과 연결되지 않은 상황이

때문에 이동기지국이 관할하고 있는 장비만의 무선 환경을 최적화하는 단독 SON 기능을 수행하게 된다.

#### IV. 시뮬레이션 결과 및 분석

본 논문에서 제안한 기법의 효과를 알아보기 위하여 시뮬레이션 상에서 일정한 범위 내에 이동기지국을 배치한 후, SON 기능의 하나인 DFS 알고리즘<sup>9)</sup>을 수행하도록 하였다. 알고리즘 수행 후 할당된 FA 결과를 가지고 동일한 FA를 사용하는 이동기지국 간의 거리, 즉 주파수 재사용 거리(frequency reuse distance)를 측정하였다. 전술이동통신망에서 운용되는 이동기지국은 상용기지국과 달리 작전 상황과 소속 제대원의 분포 등에 따라 배치되기 때문에 최대 7~8개 기지국의 커버리지가 겹치는 경우가 발생할 수 있기 때문에 시뮬레이션 상에서도 이러한 최악의 상황을 고려하여 random 배치방식을 이용하였다. 시뮬레이션 환경에 대한 자세한 파라미터는 표 1과 같다.

그림 6은 시뮬레이션 수행 과정에서 P-OME에 의하여 셀 간 간섭해소 알고리즘을 운영한 방식과 P-OME를 선출하지 않고 셀 간 간섭해소 알고리즘을 따로 수행한 경우를 비교한 것이다. 그림 6에서 알 수 있듯이 P-OME를 선출하여 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행하게 되면 무선 환경 탐색 후 간섭이 발생하는 이동기지국 간에 사용하는 FA를 최대한 다르게 할당하여 망 전체의 간섭을 최소화하지만, 이동기지국이 제각각 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행한 경우 커버리지가 겹치는 이동기지국 간에 동일한 FA를 사용하는 경우가 발생하여 망 전체의 간섭이 최적화되지 않는 것을 확인할 수 있다. 이러한 현상을 보다 정량적으로 비교하기 위하여 사용가능한 FA 개수, 이동기지국 개수와 배치 범위를 다양하게 변화하며 결과를 확인하였다.

FA 개수의 변화에 따른 평균 최소 주파수 재사용 거리의 차이는 그림 7과 같다. 할당 가능한 FA의 개수

표 1. 시뮬레이션 환경

파라미터	내용
주파수	0.0 GHz 대역
채널 모델	COST 231 - Rural
전송 방식	OFDMA - TDD
FA 개수	3 ~ 6
이동기지국 개수	10 ~ 30
기지국 Sensitivity	-88 dBm
기지국 출력	00 W (00 dBm)

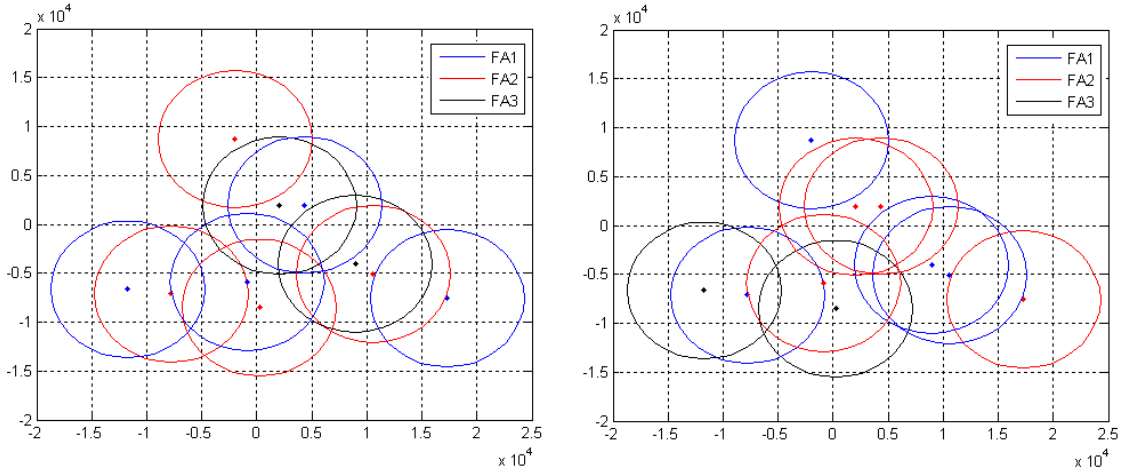


그림 6. P-OME 선출기법 적용(좌)한 경우와 미적용(우)한 경우 FA 할당 예

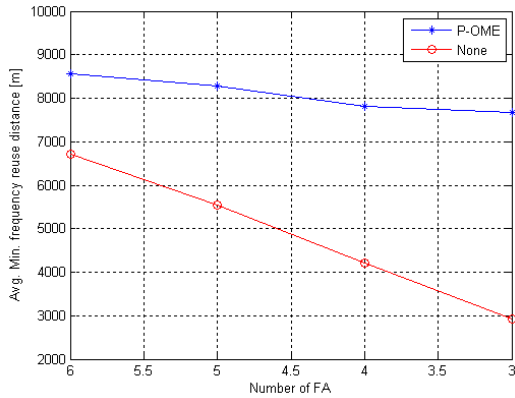


그림 7. FA 개수 변화에 따른 평균 최소 주파수 재사용 거리

가 6개에서 3개까지 줄어들어 따라 P-OME를 선출한 기법과 선출하지 않은 기법 모두 주파수 재사용 최단 거리의 평균값이 감소하는 것을 볼 수 있다. 하지만 P-OME를 선출한 기법은 FA 개수 감소에 따른 평균거리 감소량이 작은 반면에 P-OME를 선출하지 않은 기법은 평균 거리가 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있다. 특히 P-OME를 선출하지 않은 기법은 주파수 재사용 거리가 절반 이상 줄어드는 것을 볼 수 있지만, P-OME를 선출하여 운영한 기법은 10% 가량 줄어드는 것을 알 수 있다.

여기서 주파수 재사용 거리란 셀룰러 이동통신에서 인접주파수 간섭정도를 나타내는 척도로서 주파수 재사용 거리가 길어질수록 동일 주파수간 간섭 효과가 줄어들게 된다<sup>[10]</sup>. 이론적으로 셀 반경을  $R$ 이라고 할 때, 주파수 재사용 거리  $D$ 는 식 (1)과 같이 구할 수 있다.

$$D = R\sqrt{3k} \quad (1)$$

식 (1)에서  $k$ 는 클러스터 당 셀의 개수로 한 셀에서 동일한 FA를 사용할 경우에는 FA 개수가  $k$  값이 된다. 이동기지국 파라미터를 이용하여 COST 231 - Rural 환경에서 싱글 셀 반경을 구하면 약 7km가 된다. 따라서 이론적인 주파수 재사용 거리  $D$ 는 FA가 6일 때 29.7km, FA가 3일 때는 21km가 된다. 이 수치를 시뮬레이션을 통해 얻어낸 그림 7과 비교하면 시뮬레이션을 통해 얻어진 주파수 재사용 거리(3~9km)가 이론적 수치보다 작음을 알 수 있다. 이 차이는 시뮬레이션 상에서 이동기지국을 설치할 때 이론처럼 최적화된 hexagonal cell 형태로 배치하는 것이 아니라 random하게 배치하여 여러 개의 기지국이 겹치게 되는 시뮬레이션 설정으로 인하여 발생하는 현상이다.

그림 8과 그림 9는 이동기지국의 개수와 이동기지국의 배치범위에 따라 P-OME를 선출한 기법과 선출하지 않은 기법 간에 평균 최소 주파수 재사용 거리를 비교한 결과이다.

그림 8은 3600 km<sup>2</sup> 영역 내에 3개의 FA 할당을 가정하고 이동기지국 개수를 변화시키면서 얻은 결과이고, 그림 9는 30개의 이동기지국에 6개의 FA를 할당 하되 배치 영역을 3600 km<sup>2</sup>부터 900 km<sup>2</sup>까지 줄여가면서 얻은 결과이다. 두 결과 모두 P-OME를 선출하여 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행하는 방식이 P-OME를 선출하지 않고 수행하는 방식보다 우수한 성능을 보이는 것을 알 수 있다. P-OME를 선출하여 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행한 경우 주파수 재사용 거리의 감소폭이 17~18%에 그쳤으나, P-OME를 선출하지 않

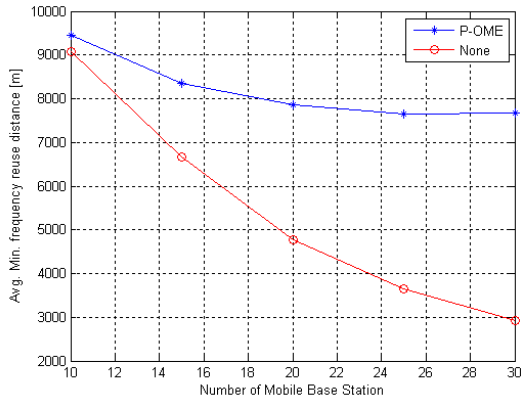


그림 8. 이동기지국 개수에 따른 평균 최소 주파수 재사용 거리

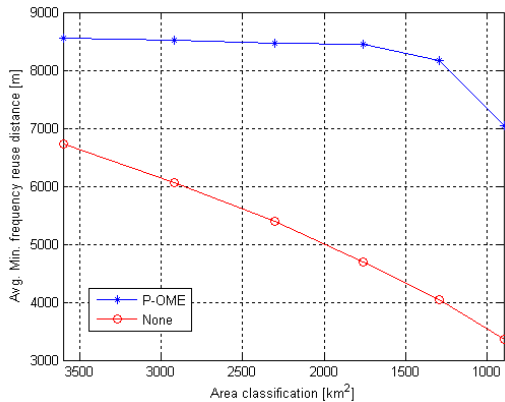


그림 9. 배치 범위에 따른 평균 최소 주파수 재사용 거리

은 경우에는 49% 이상의 감소폭을 보이는 것을 확인할 수 있다. 결국 이동기지국 배치 환경이 점점 열악해 지더라도 P-OME를 선출하여 셀 간 간섭해소 알고리즘을 수행하면 셀 간 간섭의 발생을 최대한 줄일 수 있음을 알 수 있다.

### V. 결 론

본 논문을 통해 전술이동통신망에서 이동기지국을 배치할 때 셀 간 간섭을 줄이기 위하여 상용이동통신망의 SON 기능을 효율적으로 적용할 수 있는 대표적인 영관리장비(P-OME) 선출을 통한 셀 간 간섭해소 운영 기법을 제안하였다. 그리고 상용이동통신망과 전술이동통신망의 특성을 비교 분석하여 전술이동통신망에서 왜 P-OME를 선출해야 하는지를 알아보고, 선출된 P-OME를 이용하여 망 전체의 SON 기능을 수행함으로써 전술이동통신망의 셀 간 간섭을 해소하는 운영 기

법을 제시하였다.

제안한 기법의 우수성을 확인하기 위하여 시뮬레이션을 수행한 결과 할당된 FA가 작고, 배치해야 하는 이동기지국이 많아지며 배치영역이 협소한 환경에서 P-OME를 통하여 SON 기능을 수행하면 셀 간 간섭의 척도라고 할 수 있는 주파수 재사용 거리의 감소폭을 줄이는 효과를 확인할 수 있었다. 본 기법은 망을 구성하는 장비의 잦은 이동성과 협소한 지역 내에 많은 장비가 설치되는 전술이동통신망의 상황에서 셀 간 간섭해소를 위한 SON 기능의 효율성을 높여주기 때문에 실제 전술이동통신체계 개발에 적용하면 효과를 볼 수 있을 것으로 기대하고 있다.

하지만 본 논문에서 다루어진 내용과 궁극적으로 전술이동통신망의 성능 최적화를 위하여 연구가 필요한 부분을 비교해 보면, 아직 다양한 면에서 충분한 검토가 필요한 상황이다. 예를 들어 보다 현실과 가까운 상황에서 제안한 기법의 유효성과 P-OME와 일반 OME 간에 주고받는 메시지에 따른 영향 등에 대한 연구가 필요하다고 볼 수 있다. 따라서 향후 전술이동통신망의 상황을 보다 현실적으로 모의한 환경에서 제안한 기법을 적용하여 본 논문에서 다루지 못한 CINR 분포, 데이터 전송용량, VoIP 동시 통화량 등의 보다 실질적인 결과를 확인하고 P-OME와 일반 OME 간 메시지 오버헤드를 측정할 예정이다. 아울러 전술이동통신망에 특화된 SON 기능을 연구하여 전술이동통신망 고유의 셀 간 간섭해소 및 망 최적화 기법을 보다 발전시켜야 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [1] Frank Lehser "Self Organising LTE/SAE Network-Operator Requirements & Examples", Presented in ITG Fachtagung 25th, September 2006.
- [2] "3GPP TR 36.902 v9.0.0", 3rd Generation Partnership Project, September 2009.
- [3] "IEEE Standard 802.16m Draft 6", IEEE 802.16 Task Group m(TGm), April 2010.
- [4] Sujuan Feng, Eiko Seidel "Self-Organizing Networks(SON) in 3GPP Long Term Evolution", Nomor Research GmbH, May 2008.
- [5] IEEE 802.16m-07/002r10: "IEEE 802.16m System Requirements Document(SRD)", January 2010.
- [6] IEEE 802.16m-09/0034r2: "IEEE 802.16m

System Description Document(SDD)”, September 2009.

- [7] “전술정보통신체계(TICN) 운용개념서(안)”, 육군본부.
- [8] 성민철, 이우중, 이성민, 유정훈, “TICN 체계 가용주파수 야전운용성 연구(탐색 개발단계)”, 국방과학연구소 제 2기술연구본부 TICN 체계 개발실, December 2008.
- [9] 최은선, 이병하, 한기영, 황인석, “무선통신 시스템의 동적 주파수 할당 장치 및 방법”, 공개특허 10-2008-0114227, 대한민국 특허청.
- [10] Jorg Eberspacher, Hans-Jorg Vogel, Christian Bettstetter “GSM switching, services and protocols, 2nd Edition”, JOHN WILEY & SONS, pp.23-26, 2001.

조 정 호 (Jungho Cho)

정회원



2004년 2월 고려대학교 전기전자전파공학부 공학사

2006년 2월 고려대학교 전파공학과 공학석사

2006년 3월~현재 국방과학연구소 연구원

<관심분야> 전술이동통신, 무선통신 시스템, 전술이동통신 SON 기술