

차세대 공중 전술국방통신망을 위한 서비스 시나리오에 따른 주변 기지국 스캐닝 연구

문정민 | 김주엽 | 장호종 | 엄의석
한국과학기술원

요약

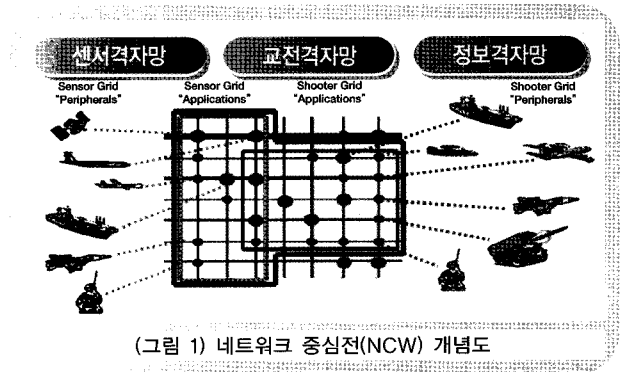
차세대 전술국방통신망에서는 기존 전술국방통신망의 용량 및 커버리지 확대 등을 위하여 고속이동성 기술, 용량 및 성능개선 기술, 망 구성관리 기술 등에 관한 연구를 수행 중에 있다.

본 연구에서는 시속 400km 이상 고속으로 움직이는 차세대 공중 전술국방통신망을 통해 제공할 수 있는 서비스 시나리오를 제시하고, 각 서비스별 문제점 및 한계 기술에 대해 분석하였으며, 여러 가지 한계기술 중에서 매우 중요한 기술 중의 하나인 핸드오버를 위하여 단말이 가지는 제한된 정보를 통해 간단하게 주변 기지국을 스캐닝하는 방안을 제안하고, 이에 대한 시뮬레이션을 통해 차세대 공중 전술통신망에 적용할 수 있음을 보여주고 있다.

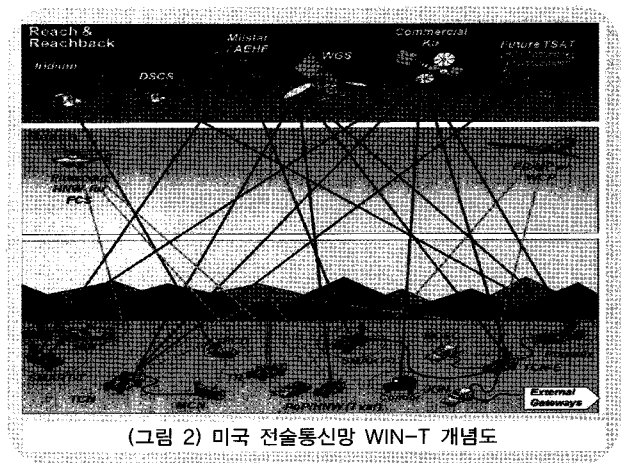
1. 서론

미래전은 (그림 1)과 같이 네트워크 중심 전(NCW; Network Centric Warfare)으로서 전장의 여러 전투요소들을 연결하고 네트워크 하여 전장 상황을 공유하고 통합적이면서도 효율적인 전투력을 창출하는 새로운 개념으로 최근 이라크 전을 통해 그 위력이 입증된바 있다.

전술국방통신망은 (그림 2)의 미국 전술국방통신망인 WIN-T와 같이 우리나라의 NCW환경에서 다원화된 군 통신망을 일원화하고 다양한 전장정보를 적시 적소에 실시간으



로 전달해 정확한 지휘통제 및 의사결정을 가능하게 하는 미래형 군 전술종합정보통신망으로서 현용 전술통신체계인 SPIDER를 대체하고자 와이브로 기술을 기반으로 한 세부 체계의 핵심기술에 대한 구현가능성을 검증 및 시연하는 탐색개발이 완료되고 체계개발을 진행하고 있다.



〈표 1〉은 국내외 전술통신망 연구개발 방향을 정리한 것으로 미국 WIN-T에 대한 연구개발의 특징을 통한 시사점을 보면 공중/위성을 이용한 작전, 기동 간 통신을 위한 기술 및 전술작전 환경의 생존성 우선 확보가 최우선으로 고려되어 있다는 것을 알 수 있고, 또한 우리나라 전술국방통신망의 향후 발전방향을 보면 완전한 OTM (On The Move) 지원을 위한 무선 링크 보안 및 지상망의 full scale 체계 개발 등이 주요 연구개발 방향으로 설정된 것을 알 수 있다.

〈표 1〉 국내외 전술통신망 연구개발 방향

구 분	세부 내용
WIN-T 시사점	• 공중/위성을 이용한 작전
	• 기동 간 통신을 위한 기술
	• 전술작전 환경의 생존성 우선 확보
향후 전술국방통신망 발전 방향	• 완전한 OTM 지원을 위한 무선 링크 보안
	- 공중중계 및 위성을 이용한 OTM 지원
	- 이동용 중계기를 이용한 자동 NW 구성
	• 지상망의 full scale 체계개발
	• 위성을 이용한 운용성 및 작전지역 확대
	• 대전자전 기능의 추가 적용
	• 병사체계 및 센서체계와의 연동

차세대 전술국방통신망은 이와 같은 WIN-T와 우리나라 전술국방통신망의 발전방향을 기반으로 개념을 설정하고 핵심기술로서 〈표 2〉와 같이 고속이동성, 용량 및 성능개선, 망 구성관리의 3가지 핵심기술을 산·학·연 공동으로 연구개발을 추진 중에 있다.

〈표 2〉 차세대 전술국방통신망 연구개발 방향

구 분	차세대 전술국방통신망 연구개발 방향
고속 이동성	• 시속 400km/h 이상의 고속 이동환경을 고려한 광대역 무선전송 및 접속 핵심 기술 개발
용량 및 성능개선	• 최대 400Mbps 이상의 전송속도, 셀 경계에서 1Mbps 이상, 20km이상의 셀 커버리지, 생존성 확보를 위한 전송 기술 개발
망구성 관리	• 자동망 구성시간(≤20초), 자동망 복구시간(≤10초), 망 신뢰성(98-ATH, 90%-OTM)이 보장되는 망 구성관리 기술 개발

II. 서비스 시나리오 기반의 차세대 공중 전술국방통신망의 문제점 분석

차세대 공중 전술통신망은 공중 노드를 포함하는 새로운 유형의 국방 통신망으로, 이를 구현하는 데 있어서 기존의 기술로는 해결할 수 없는 문제점을 도출하고, 이를 해결하기 위한 기술을 개발하는 것이 필요하다. 특히 새로운 유형의 통신망에 필요한 핵심 기술을 개발하기 위해서는 서비스 시나리오를 정확히 분석하고 이를 기반으로 문제점을 도출할 필요가 있다. 본고에서는 군인 관점에서의 서비스 시나리오를 도출해보고, 각 서비스 시나리오에서 발생할 수 있는 문제점을 도출해보도록 한다.

2.1 차세대 공중 전술통신망의 문제점 도출

서비스 시나리오 도출에 있어서 우선 차세대 공중 전술통신망이 갖추어야 하는 사양이 무엇인지를 정확히 파악하도록 한다. 사양은 구체적으로 서비스와 시스템 사양 두 가지로 나누어질 수 있다.

2.1.1 서비스 및 시스템 사양

〈표 3〉은 차세대 공중 전술통신망의 군인 관점의 서비스 사양과 이에 따른 시스템 사양을 도출한 것이다.

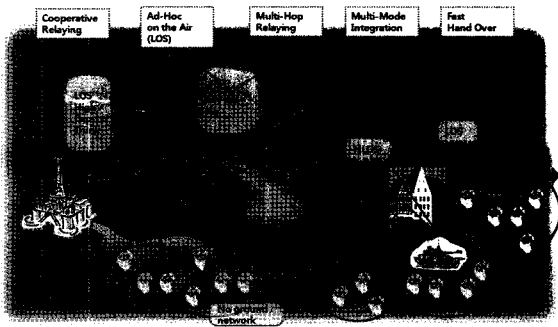
〈표 3〉 군인관점의 서비스 사양 및 시스템 사양

서비스 사양	시스템 사양
• 전투 시에도 통신 유지	• 고속이동 채널 환경에서 동기, 채널 추정 등 기술
• 다수 사용자 데이터 전송	• NW 코딩, p2p/Ad-Hoc 기술
• 저 전력, lifetime 큰 서비스	• 전력절약을 위한 state 관리
• 소형화 서비스	• ASIC, SDR 기술
• 비상호 처리 서비스	• 멀티홉/빔포밍 기술
• 이동시 호 끊김 적은 서비스	• Handover 기술
• 정보의 우선순위 서비스	• QoS 관리 기술
• 신속설치/기동 능력 서비스	• OTM 지원 기술
• 통달거리 넓은 서비스	• 이동기지국/라우터 기술
• 전송용량이 큰 서비스	• 다중 안테나 통신 기술

2.1.2 서비스 시나리오

(그림 3)은 위의 사양들을 만족시키는 차세대 공중 전술통신망의 시스템 구성도이며, 위의 사양들을 만족시키는 시스템에서는 다음 두 가지 서비스 시나리오가 발생할 수 있다.

- 정지 및 저-중속 이동 상태에서의 서비스 : 이동 기지국 및 라우터가 고정된 위치에서 안정된 서비스를 제공하는 시나리오로, 기존의 국방 통신망과 흡사한 특징을 가지고 있음
- 고속 및 긴급 상태에서의 서비스 : 이동 기지국 및 라우터가 긴급 상황에서 빠른 속도로 원래 자리에서 이탈하거나 역동적으로 망 구성 노드들이 이동하는 시나리오



(그림 3) 차세대 공중 전술통신망 시스템 구성도

각 시나리오에서 세부적으로는 하나나 두 개의 이동 기지국/라우터가 존재하는 상황에서 서비스를 받는 시나리오와 다수의 이동 기지국/라우터들이 존재할 때 받는 시나리오로 나누어 고려할 수 있다.

2.1.3 서비스 시나리오별 한계 기술 분석

〈표 4〉는 정지 및 저-중속 이동 상태에서의 서비스 시나리오 별 문제점 및 한계 기술을 분석한 것이다.

〈표 4〉 정지 및 저-중속 이동상태의 한계기술 분석

구 분	시나리오별 문제점 및 한계 기술 분석
이동 기지국/라우터로 구성된 전송 시스템을 이용한 전송 서비스	1.1 지상망과 정지/이동 단말 간 통신 서비스 - 지상과 공중 노드 사이의 Sync 획득 및 유지 - 산악지형에서 LOS를 통한 통달거리 확장 - 지상망/공중망 단말의 초기 connection 셋업 - 지상망/공중망 단말의 초기 NW 구성 파악 - 새롭게 추가되는 이동기지국의 AAA 문제

구 분	시나리오별 문제점 및 한계 기술 분석
이동 기지국/라우터로 구성된 전송 시스템을 이용한 전송 서비스	1.2 공중/지상망 환경의 다수 단말 정보서비스 - 최대 전송 용을 위한 MCS 결정 및 자원관리 - 다수 단말에게 정보 전달 시 간섭 제거 - 제한된 환경에서의 송신 전력 관리 문제 - 부대특성을 고려한 multicast 및 broadcast - 부대 집단 이동에 따른 group 핸드오버 지원 - 차별화된 QoS를 위한 MAC 구조 - 공중 이동기지국/라우터를 이용한 전송 1.3 공중/지상망 환경의 신뢰성 보장 서비스 - HARQ를 이용한 재전송 문제 - 지상/공중 노드간 간섭 제거 문제 - 최소한의 신뢰성이 보장되는 채널 코딩 문제 - 공중망과 지상망의 vertical 핸드오버 지원 - 서비스 종류에 따른 NW선택 문제 - 신뢰성을 위한 단말의 multiple connection
이동 기지국/라우터로 구성된 공중망 서비스	2.1 공중망을 통한 원거리 통신 서비스 - 이동기지국/라우터 간 링크의 채널 인코딩 - 멀티 흡으로 인한 노이즈 축적 문제 - 다수 이동기지국 사이의 멀티 흡 relay 지원 - 이동특성을 고려한 멀티 흡 relay 지원 - 원거리 전송 시 간섭최소화를 위한 전력관리 2.2 공중망 구성의 최적화 서비스 - 공중망 내 노드 간 간섭 제거 문제 - 공중망 내 노드간 링크의 채널 추정 문제 - 공중망에서의 이동기지국 및 단말 위치 파악 - 이동 기지국/라우터 사이의 링크 설정 문제 - 이동 기지국/라우터를 위한 자원관리 기법 - 지역망/개인 관리기법 2.3 공중/지상망 협력을 통한 지능적 서비스 - 다중 안테나를 통한 협력 가능성 문제 - 공중/지상망 간 채널 정보 획득 문제 - 공중/지상망 노드간 협력을 통한 용량 개선 - 공중망과 지상망의 협력을 통한 자원 할당 - 공중/지상망 협력을 위한 framework 문제 - 이동속도를 고려한 multiple connection - 기지국/라우터의 기능 차별화 및 MAC 구조

〈표 5〉는 고속 및 긴급 상태에서의 서비스 시나리오 별 문제점 및 한계기술을 분석한 것이다.

〈표 5〉 고속 및 긴급 상태에서의 한계기술 분석

구 분	시나리오별 문제점 및 한계 기술 분석
이동 기지국/라우터로 구성된 전송 시스템을 이용한 전송 서비스	3.1 고속 이동체와의 원활한 통신 서비스 - 지상노드와 이동기지국간 sync 획득/유지 - 극한 상황에서의 doppler effect 보상 문제 - 최적화된 pilot 구조 설계 및 blind estimation - 극한상황에서의 Oscillator offset 보상 문제 - 고속 이동시 핸드오버 문제 - 고속 이동체에 대한 재전송 문제 - 고속 이동체를 위한 스케줄링/자원할당 문제 3.2 긴급 상황에서의 연속성 유지 서비스 - 고속 이동시 최소 전송률 보장 문제 - adaptive modulation and coding 문제 - 채널 추정 문제 - 제한된 환경에서의 효율적 채널 코딩 문제 - 긴급 상황인지를 포함한 핸드오버 감지 문제 - 신뢰성이 높은 single/group 핸드오버 문제 - 긴급 상황에서 빠른 network entry 문제 - 긴급 상황에서 우선순위에 따른 정보 전송

구분	시나리오별 문제점 및 한계 기술 분석
이동 기지국/ 라우터로 구성된 전송 시스템을 이용한 전송 서비스	3.3 긴급 상황 시 다수 단말 정보 전달 서비스 - 긴급 상황에서의 효과적인 multicast 전송 - 다수 단말에 대한 채널 추정 문제 - 다수 단말에 대한 전송 시간섭 문제 - 이동 기지국간 multicast 문제 - 효율적 multicast를 위한 스케줄링/자원할당 - 공중 단말 간 reliable multicast 문제
이동 기지국/ 라우터로 구성된 공중망 서비스	4.1. 긴급 상황 시 유동적 망 구성 서비스 - 빠른 공중망 topology 파악 문제 - 적절한 reference signal 설계 및 검지 문제 - 이동기지국 간 송신 전력 최적화/간섭 관리 - topology의 변화에 적응적인 공중망 관리 4.2 긴급 상황 시 호에 대한 빠른 경로 설정 - 긴급 상황에서 경로 설정을 위한 채널 추정 - 긴급 상황에서 빠른 multiple access 문제 - 이동 기지국/단말의 위치 관리 및 추정 문제 - 공중/지상망 내에서 핸드오버 및 경로 설정 - 다양한 경로를 이용한 전송기법 문제 4.3 기지국 간 협력을 통한 정보 전달 서비스 - 적응 가능한 낮은 복잡도의 협력 코딩 - 긴급 상황에 적합한 네트워크 코딩 기법 - 이동 기지국 간 협력을 위한 topology 파악 - 이동 기지국 간 협력을 위한 관리 신호 문제 - 협력 통신에서의 자원 할당 문제

III. 차세대 공중 전송국방통신망에서의 신속한 스캐닝 방안

서비스 시나리오별 한계기술 분석에 나타난 바와 같이 원활한 공중 전송국방통신 서비스를 제공하기 위해서는 다양한 한계기술의 개발이 요구된다. 무엇보다도 표 5의 4.2 항목으로 분류된 긴급 상황 시 호에 대한 빠른 경로 설정을 위해서는 공중/지상망에서의 신속한 주변 기지국 파악 및 핸드오버 수행에 관련된 문제의 해결이 필요한 것으로 분석되었다. 이에 따라서 본고에서는 고속 이동 기지국 환경에서 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위한 주변 기지국 스캐닝 방안에 대해서 논하고자 한다.

3.1 기존 방법

현재까지의 주변 기지국 스캐닝 방안에 관련된 연구는 주로 기지국의 위치가 고정된 환경에서 이루어졌다. 이러한 환경에서 단말이 핸드오버를 수행할 때에는 자신의 serving 기지국을 통해서 주변 기지국에 대한 정보를 얻게 되고 이

를 기반으로 주변 기지국에 대한 스캐닝을 수행하게 된다. 이 때 serving 기지국은 GPS 혹은 섹터 안테나 정보 등을 활용하거나 backbone 네트워크를 통한 기지국 사이의 정보 교환을 통해서 핸드오버를 요청한 단말에게 적절한 주변 기지국 정보를 제공한다[1]. 이러한 방법은 고정 기지국 환경에서는 원활히 동작하지만 단말은 물론 기지국까지 이동성을 갖게 되는 고속 이동 기지국 환경에서는 그대로 이용하기 어려운 측면이 있다. 이는 고속 이동 기지국 환경에서 핸드오버 대상 기지국을 결정함에 있어서는 단말과 기지국 사이의 상대 이동이 중요한 요소로 작용하기 때문이다.

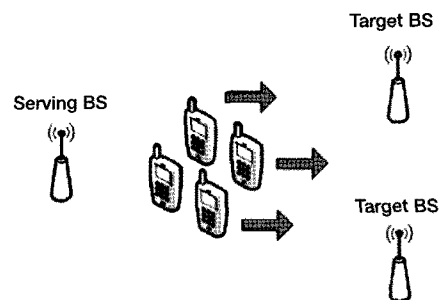
기지국의 이동성이 고려되는 환경은 이동 중계기 등에 대하여 IEEE 802.16j에서 주로 다루어지고 있다. 여기에서는 이동 중계기가 도입된 환경에서의 프리앰블 할당 및 핸드오버 프로토콜 설계 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며 구체적인 주변 기지국 스캐닝 방안은 제시되지 않은 상태이다[2].

3.2 제안 방법

본고에서는 고속 이동 기지국 환경에서 단말이 핸드오버를 수행할 때 단말과 이동 기지국 사이의 상대 이동 벡터를 고려하여 스캐닝 대상이 되는 주변 기지국을 적절히 선정하는 방안을 제안한다. 이를 통해서 단말은 핸드오버 수행 시 스캐닝에 소요되는 시간을 단축시킬 수 있는 효과를 얻을 수 있으며 시뮬레이션을 통해서 이러한 결과를 확인하였다.

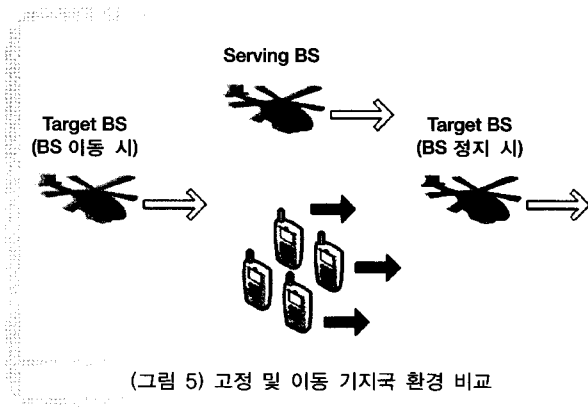
1) 기술 구성도

본 기술은 시속 400km 이상의 고속으로 움직이는 이동 기지국 환경에서 단말이 자신과 이동 기지국 사이의 상대 이



(그림 4) 고정 기지국 환경

동 벡터를 가정하고 이를 실제 신호 세기를 측정하여 판단한 상대 이동 벡터와 비교하여 핸드오버에 가장 적합한 주변 기지국을 선정하여 이에 대한 스캐닝을 우선적으로 수행하는 것을 주요 내용으로 한다. (그림 4)는 본 기술이 적용되는 환경에서 고정 기지국 환경을 나타낸 것이고 (그림 5)는 이동 기지국 환경을 도식화한 것이다.



고정 기지국 환경에서는 단말의 움직임을 관찰하여 핸드오버에 적합한 대상 기지국을 쉽게 파악할 수가 있으나 이동 기지국 환경에서는 단말의 움직임과 함께 이동 기지국의 움직임을 동시에 관찰하여야 핸드오버에 적합한 기지국을 적절히 선택할 수가 있다. 예를 들어 위의 그림과 같은 경우에는 단말이 일정한 방향으로 이동하더라도 이동 기지국이 단말의 방향과 동일한 경우와 반대인 경우에 따라서 핸드오버 대상 기지국이 서로 다름을 쉽게 알 수 있다.

본 기술은 <표 6>와 같이 크게 4단계로 이루어진다.

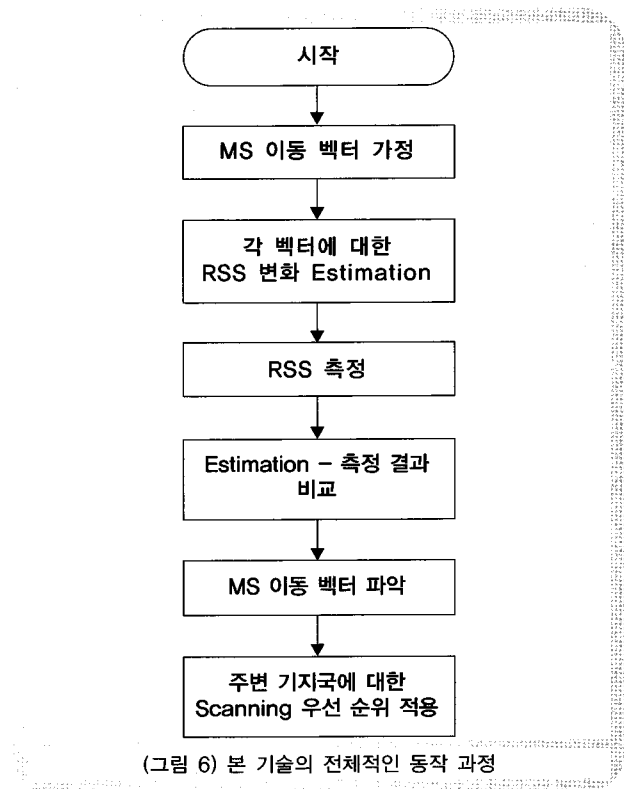
<표 6> 단계별 처리 내용

단 계	단계별 처리 내용
1	상대 이동 벡터 예측
2	예측한 벡터를 기반으로 실제 상대 이동 벡터 추정
3	상대 이동 벡터 추정에 따른 스캐닝 우선순위 설정
4	우선순위에 따른 스캐닝 및 핸드오버 수행

우선 단말은 기존의 방법과 마찬가지로 serving 이동 기지국으로부터 주변 이동 기지국에 대한 정보를 수신한다. 여기에는 기본적으로 기지국 ID 및 각 기지국에서 사용되는

채널 정보 등이 포함되며 추가적으로 주변 이동 기지국의 상대적인 위치 정보가 포함된다. 여기서 상대적인 위치 정보란 주변 이동 기지국의 정확한 좌표가 될 수도 있지만 기지국의 이동으로 인하여 이를 정확히 파악하는 것은 현실적으로 어렵기 때문에 이를 상대적인 방향 정보로 제한하여도 본 기술을 적용할 수 있다.

본 제안 방안의 전체적인 동작 과정은 (그림 6)과 같은 순서도로 나타낼 수 있다.



2) 상대 이동 벡터 예측 과정

본 기술은 단말 측에서 하나 이상의 단말 및 이동 기지국 간 상대 이동 벡터를 가정하고, 가정한 각각의 상대 이동 벡터에 대해서 수신 신호 세기의 변화를 예측한다. 다음으로 실제 serving 이동 기지국으로부터 수신 신호 세기를 측정하고 예측한 수신 신호 세기의 변화와 측정된 수신 신호 세기를 비교하여 단말 및 이동 기지국 간 상대 이동 벡터를 파악한다. 이러한 과정을 통해서 파악된 단말 및 이동 기지국 간 상대 이동 벡터를 이용하면 핸드오버에 적합한 주변 이동 기지국을 좀 더 신속하고 정확하게 결정할 수 있으며 이는

곧 핸드오버 지연 시간의 단축에 따른 원활한 공중 전송국 방통신 서비스 제공을 가능하게 한다.

먼저 단말 및 이동 기지국 간 상대 이동 벡터를 가정하는 과정에서는 크게 2가지를 고려하여야 한다. 첫째로 상대 이동 방향을 가정해야 하는데 이는 모든 방향을 N개로 균일하게 나누는 가장 일반적인 방법을 이용할 수 있다. 즉, N개의 상대 이동 벡터를 가정하게 되는데 여기서 N이 증가할수록 두 상대 이동 벡터 사이의 간격이 줄어들어서 좀 더 세밀한 상대 이동 벡터의 표현이 가능하지만 수신 신호 세기를 추정하는 과정에서의 오차가 증가할 수 있다. 이러한 사항을 고려하여 적절한 개수의 상대 이동 벡터를 가정하는 것이 바람직하다.

상대 이동 벡터를 가정하는 과정에서 상대 이동 방향을 가정한 후에 수행해야 하는 사항은 상대 이동 속력을 가정하는 것이다. 본 기술에서는 공중에서 고속으로 이동하는 이동 기지국과 지상에서 보통의 속도로 이동하는 단말 사이의 핸드오버를 고려하기 때문에 일반적으로 이동 기지국의 속력에 의해서 상대 이동 속력이 결정될 것으로 보인다. 이렇게 단말과 이동 기지국 사이의 상대 이동 벡터를 가정한 후에는 가정한 각각의 상대 이동 벡터에 따라서 단말 및 이동 기지국의 이동이 이루어졌을 때 얻게 되는 수신 신호 세기의 변화를 예측하게 된다. 이는 단말 측에서 갖고 있는 채널 모델을 이용하여 수행되고 따라서 본 기술의 성능은 해당 채널 모델이 실제 단말 및 이동 기지국이 동작하고 있는 통신 환경을 얼마나 정확히 나타내어 주는가에 의해서 영향을 받게 된다.

3) 상대 이동 벡터 결정 과정

단말 및 이동 기지국 간 상대 이동 벡터를 가정하고 이에 대한 신호 세기의 변화를 예측하는 과정을 수행한 후에는 일정 시간 동안 이동 기지국으로부터 신호 세기를 측정하여 이를 예측한 값과 비교하는 과정을 수행하게 된다. 이 때 이동 기지국으로부터의 신호 세기를 측정하는 과정은 일정한 시간 간격으로 이루어지며 이 때 얻은 결과는 Mean Square Error(MSE) 방식으로 예측한 값과 비교가 이루어진다.

$$* \text{MSE}(\text{vector } n) =$$

$$E\{(\text{RSS}(\text{estimation, vector } n, \text{ sample } k)$$

$$- \text{RSS}(\text{measurement, vector } n, \text{ sample } k)) \cdot 2\}$$

$$** \text{Vector}(\text{minimum}) = \arg \min \text{MSE}(\text{vector } n)$$

이를 통해서 가정한 각각의 상대 이동 벡터에 대한 신호 세기의 변화와 실제 측정된 신호 세기의 변화에 대한 비교가 수행되고 본 기술에서는 Minimum MSE가 되는 상대 이동 벡터를 선택한다. 이를 근거로 단말은 이동 기지국과의 상대적인 이동을 파악하는 것이다.

4) 우선순위 기반의 스캐닝 과정

위와 같은 과정을 통해서 단말 및 기지국 간 상대 이동 벡터를 파악한 후에는 해당 결과와 이동 기지국이 전달해 주었던 주변 이동 기지국 정보를 종합하여 주변 이동 기지국의 핸드오버 대상 기지국으로서의 적절성에 대한 우선순위를 설정하게 된다. 일반적으로 해당 상대 이동 벡터와 가장 유사한 측면에 존재하는 주변 기지국에게 가장 높은 우선순위를 부여하고 반대의 경우에 해당되는 주변 기지국에게 가장 낮은 우선순위를 부여한다.

우선순위를 설정한 후에는 이에 준하는 순서로 해당 주변 기지국이 핸드오버 대상 기지국으로서 적합한 지 여부를 판단하기 위한 스캐닝 과정을 수행한다. 그 결과 일정 수준 이상의 수신 신호 세기가 감지되는 주변 기지국이 탐지되면 해당 기지국으로 핸드오버를 수행하기 위한 핸드오버 절차를 개시하게 된다.

이러한 방법을 이용하게 되면 단말이 이동 기지국과의 상대 이동에 의해서 핸드오버 가능성이 가장 높은 기지국에 대한 스캐닝을 우선적으로 수행할 확률이 증가하기 때문에 핸드오버 과정에서 긴 시간 비증을 차지하는 스캐닝 과정에 소요되는 시간을 감소시킬 수 있으며 이는 곧 원활한 공중 전송국방통신 서비스 제공을 가능하게 한다.

3.3 시뮬레이션

본 시뮬레이션의 목적은 기지국이 고속으로 이동하는 차세대 공중전송통신망에서 단말이 핸드오버에 적합한 기지국을 탐지하는데 소요되는 스캐닝 지연 시간이 제안된 기술에 의해서 감소하는지 여부를 확인하는 것이다.

본 예시에서 단말은 10km/h의 속력으로 직선 운동을 하고, 기지국은 100km/h 이상의 속력으로 직선 운동을 하는 단순한 모델을 사용하였다. 본 시뮬레이션에서 적용한 조건으로도 본 기술의 구성 및 효과를 증명하기에는 부족함이

없으나, 군 통신 환경을 고려한 채널 모델 및 고속 이동 파라미터 등의 변수를 고려한다면 더욱 의미 있는 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대된다.

시뮬레이션 가정으로서 우선 이동 기지국은 자신의 이동 벡터를 파악할 수 있고 단말에게 주변 이동 기지국에 대한 정보를 제공할 수 있다고 가정하였다. 이와는 달리 단말은 자신의 이동 속도 및 방향을 파악할 수 없다고 가정하였는데 이는 이동 기지국이 헬리콥터 또는 항공기 등에 장착되는 경우를 고려한 것으로 이동 기지국의 이동 속도가 단말의 이동 속도보다 매우 빠를 경우 현실적으로 큰 문제가 없다고 판단된다.

1) 파라미터 설정

시뮬레이션 관련 파라미터는 다음과 같다.

<표 7> 시뮬레이션 파라미터

파라미터	설정 내용
N (estimation vector 개수)	4개
estimation vector 방향 간격	90도
기지국의 이동 속도	100km/h 이상 (가변)
기지국의 이동 방향	0도
단말의 이동 속도	10km/h
단말의 이동 방향	160도
servicing 기지국 당 주변 기지국 개수	4개
RSS sample 개수	10개
RSS 추정 채널 모델	$98.1 + 37.6 \cdot \log(d) + (\log\text{-normal } 8\text{dB})$

시뮬레이션에서 관찰하고자 하는 측정 지표는 스캐닝 과정에 소요되는 지연 시간으로서 이에 대한 계산 방법은 다음과 같다 [3].

*** 스캐닝 지연 시간(ms) = $10a + 40b + 20c \cdot (\text{스캐닝 대상 기지국의 수})$

<표 8> 스캐닝 지연 시간의 계산

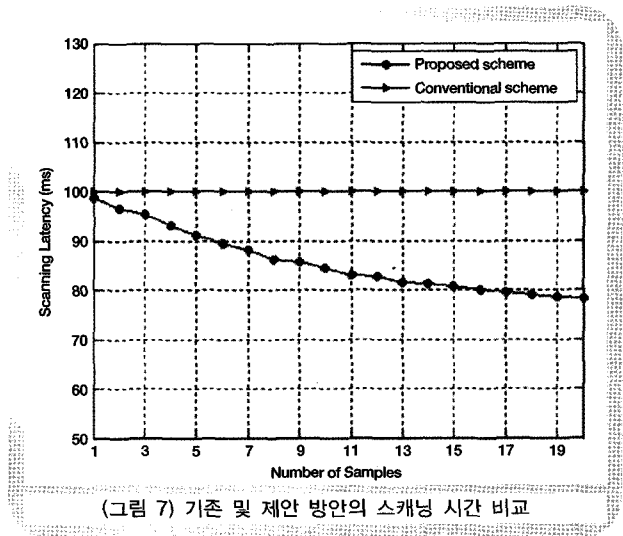
파라미터	내용
(a) 10ms	Interruption uncertainty when changing the timing from the old to the new cell
(b) 40ms	Time required for measurement negotiation between BS and MS
(c) 20ms	Time required for measuring the downlink channel per trial

2) 시뮬레이션 결과

먼저 이동 기지국 환경에서 기존의 주변 기지국 스캐닝 방안이 적용되었을 경우를 생각해 보면 serving 이동 기지국은 4개의 주변 기지국에 대한 주변 기지국 정보를 단말에게 전달하여 주고 단말을 이에 대해서 임의의 순서로 스캐닝을 수행한다. 따라서 임의로 선택된 주변 기지국이 핸드오버 대상 기지국이 될 확률은 1/4로 볼 수 있으며 이에 따른 총 스캐닝 시도 횟수의 기대치는 $1/4 \cdot (1+2+3+4) = 2.5$ 가 된다. 따라서 위의 계산 방법에 따라서 총 스캐닝 지연 시간은 100ms가 된다.

다음으로 본고에서 제안된 기술이 적용된 경우에는 단말 및 이동 기지국의 상대 이동 벡터를 활용하여 스캐닝 수행에 대한 순서를 결정하게 되므로 핸드오버에 적합한 주변 이동 기지국을 보다 적은 스캐닝 수행을 통해서 탐지할 수 있을 것으로 기대된다.

시뮬레이션 결과는 다음과 같다.



(그림 7) 기존 및 제안 방안의 스캐닝 시간 비교

위의 결과는 수신 신호 세기를 측정하는 과정에서 사용되는 샘플의 수에 따른 스캐닝 지연 시간을 나타낸 것이다. 샘플의 수가 증가할수록 shadowing에 의한 수신 신호 세기의 불확실성의 영향이 줄어들기 때문에 단말 및 이동 기지국의 상대 이동 벡터의 추정 과정이 더욱 정확해지며 이는 스캐닝 과정에 소요되는 지연 시간을 결과로 가져오게 된다. 기존의 방법으로는 이러한 추정 과정이 이루어지지 않기 때문

에 샘플의 수에 관계없이 위에서 계산한 값인 100ms의 지연 시간이 나타남을 볼 수 있다. 반면, 제안 방안은 샘플의 개수가 20개로 설정되었을 때 약 20ms가 감소된 80ms의 지연 시간이 나타남을 볼 수 있다. 샘플 수에 따라서 최대 20%의 성능 이득이 있음을 관찰할 수 있다. 하지만 샘플 수를 많이 설정할수록 단말 측의 부담이 커지게 되므로 5개에서 10개 정도의 적절한 샘플 수를 감안하면 현실적으로 약 10 ~ 15% 가량의 스캐닝 지연 시간 감소 효과를 얻을 수 있다고 할 수 있다.

IV. 결 론

차세대 공중 전송통신망을 구성하기 위해서는 사용자 요구 사양에 따른 시스템 사양과 시스템 구조 및 서비스 시나리오의 분석이 필수적이다. 본고에서는 미국의 WIN-T 및 전송통신망의 연구 방향의 분석을 토대로 차세대 공중 전송통신망에 대한 시스템 구조 및 서비스 시나리오를 제시하였다. 또한 이러한 시나리오를 위해서 필요한 기술을 분석하고 이 기술들이 현재의 기술로서 해결이 가능한지 또는 새로운 기술 개발이 필요한 한계기술인지를 분석하여 향후 연구 방향에 참고토록 하였으며, 다양한 기술 중에서도 고속 이동 상황에서 가장 시급한 것으로 분석되고 있는 핸드오버의 문제 해결을 위한 주변 기지국 스캐닝 방안에 대해 새로운 방안을 제시하고 이에 대한 시뮬레이션을 통해서 우수한 성능을 얻을 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

[1] Lee et al. "A Network Assisted Fast Handover Scheme" IEEE 802.16e Networks", IEEE Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC) 2007, pp. 1-5.
 [2] Senarath et al. "R-amble Transmission for Continuous Synchronization and Neighborhood Scanning", IEEE C802.16j-07/156r6. (<http://wirelessman.org/relay>)

[3] 3rd Generation Partnership Project. "3GPP TS 25.133 V5.1.0", Technical Specification Group Radio Access Networks: Requirements for Support of Radio Resource Management.

약 력



2007년 KAIST 전자공학 공학사
 2007년 ~ 현재 KAIST 전자공학 석사 과정
 관심분야 : Military Communications, 4G Mobile Communication, Cognitive radio

문 정 민



2004년 KAIST 전자공학 공학사
 2004년 ~ 현재 KAIST 전자공학 석사학 통합 과정
 관심분야 : Military Communications, 4G Mobile Communication, 펌프 시스템

김 주 엽



2006년 충남대학교 전자공학 공학사
 2008년 과학기술연합대학원 차세대소자공학 공학석사
 2007년 ~ 2008년 ETRI 연구원
 2008년 ~ 현재 KAIST IT융합연구소 연구원
 관심분야 : Military Communications, IT based Convergence Technology

장 호 종



1977년 서강대학교 전자공학 공학사
 1991년 서강대학교 전산학 이학석사
 1996년 KAIST 전자공학 공학박사
 1983년 금성전기 선임연구원
 1985년 현대전자 선임연구원
 2000년 데이콤 상무이사
 2005년 충남대학교 교수
 현재 KAIST IT융합연구소 교수
 관심분야 : Military Communications, IT based Convergence Technology

염 의 석