

주 제

차세대 이동통신 무선 전송 기술 연구동향

경희대학교 김윤희, ETRI 안재영

차례

I. 서론

II. 차세대 이동통신 시스템의 요구 사항

III. 차세대 무선전송 요소 기술 연구 동향

IV. 국내외 기술 개발 동향

V. 결론

I. 서론

이동통신 시스템은 아날로그 방식인 1세대에서 디지털 방식인 2세대로 발전되면서 품질이 향상되었고, 음성 서비스 위주의 2세대에서 음성뿐만 아니라 영상 및 고속 데이터 서비스를 제공하는 3세대로 (cdma2000, WCDMA) 진화하면서 10 kbps 급의 데이터 전송률이 최대 2 Mbps까지 향상되었다. 이러한 기술 발전을 토대로 이동통신 망을 통해 화상 통화, 정지 영상 및 동영상 등의 멀티미디어 메시지, 전자 상거래 등의 다양한 서비스가 제공되고 있으며, 휴대폰은 개인 생활에 없어서는 안 될 필수적인 존재가 되었다. 그러나, 사용자들은 현재의 무선 서비스에 만족하지 않고 무선 환경에서도 유선과 비슷한 품질의 서비스를 좀더 저렴한 가격으로 제공 받기를 기대하고 있다. 이를 위해 3세대 이동통신 시스템에서는 고속 패킷 전송 능력을 10 Mbps 급의 전송이 가

능하도록 강화하고 현재 전송률을 높이기 위한 규격 개정 작업이 계속 진행되고 있다. 그러나, 기존의 3세대 이동통신 시스템으로는 용량을 증대하고 사용자의 변화하는 서비스 요구를 충족시키기에 한계가 있다고 판단되어, 21세기 초반부터 차세대 이동통신 시스템을 개발하고자 하는 움직임이 활발히 진행되고 있다.

차세대 이동통신 시스템은 B3G (Beyond 3G) 또는 4G로도 불리며 이동 환경에서 실시간, 비실시간의 다양한 QoS (Quality of Service)를 요구하는 고속 멀티미디어 서비스를 저렴한 요금으로 제공하며, 하나의 개인 번호가 할당된 단말 하나로 어디에서든 임의의 무선 인터페이스로 접속이 가능한 모바일 유니쿼티스 (Mobile Ubiquitous) 환경을 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 따라서, 단지 기존의 이동통신 시스템만을 포함하는 것이 아니라 개인 영역 통신, 센서 망, 무선 랜, 방송 등의 이종 시스템을 모두 포

함하여 이들간의 유기적인 연동을 통해 언제 어디서나 개인이 원하는 서비스를 개인 환경에 최적화하여 제공하는 것이다. 이러한 목표를 달성하기 위한 한 부분 요소로 ITU-R에서는 고속 이동 환경에서 100 Mbps 이상, 고정 및 유목 환경에서 1 Gbps 이상의 셀당 총 전송률을 지원할 수 있는 새로운 전송 규격의 필요성을 제기하였다 [1].

본 고에서는 차세대 이동통신 시스템의 요구 사항을 제시하고 이를 만족시키기 위해 고려되고 있는 무선전송 기술들에 대한 연구 동향 및 국내외 업체의 개발 동향을 살펴보기로 한다.

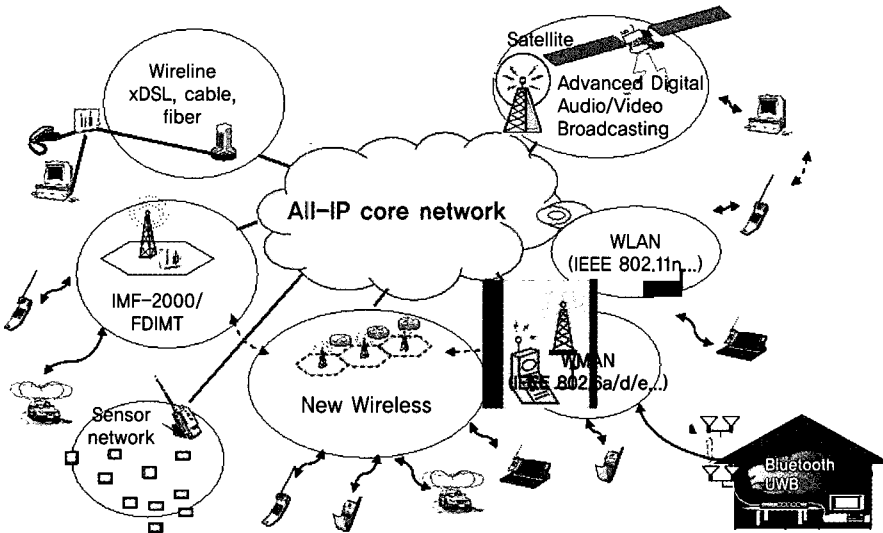
II. 차세대 이동통신 시스템의 요구 사항

모바일 유비쿼터스를 지향하는 차세대 이동 통신 시스템은 (그림 1)과 같이 All-IP를 기반으로 유무선 시스템이 상호 연결된 통합된 망 구조가 될 것, 이를

가능하게 하고 3세대 이동통신 시스템과 차별화되기 위하여 차세대 이동통신 시스템 개발에서 고려되고 있는 사항은 다음과 같다 [2].

- 광대역 데이터 전송
- 주파수 효율 및 용량 증대
- 비트당 가격의 저렴화
- End-to-End 신호 전송과 QoS (Quality of Service) 를 보장하는 All-IP 지원
- 개방형 무선 플랫폼을 기반으로 무선 전송 모듈의 재구성 및 프로그램화 가능
- 개인 영역 무선 통신, 무선 랜, 3세대 및 진화 시스템, 차세대 디지털 방송 등의 동종 및 이종 시스템과의 핸드오버를 통한 시스템 통합

이 가운데 무선 전송 기술에 국한한다면, 한정된 자원에서 비트당 가격이 저렴한 서비스를 제공하기 위해서는 3세대 또는 그 진화 시스템에서 제공하는



(그림 1) 차세대 무선 통신 망의 개념도

주파수 효율 및 용량을 훨씬 뛰어 넘는 새로운 무선 인터페이스가 개발되어야 한다. 이러한 무선 인터페이스를 좁은 의미에서의 4G 또는 B3G 무선 인터페이스라고 부르며, 저속 이동 환경에서 최대 1 Gbps, 고속 이동 환경에서 100 Mbps의 데이터 전송률을 지원하는 것을 목표로 하고 있다. 다음 장에서는 이러한 목표에 부합하는 무선전송 기술 후보로써 고려되고 있는 방식들을 소개한다.

III. 차세대 무선전송 요소 기술 연구 동향

1. 다중화 (Duplexing)

양방향 통신에서 하향 링크 (DL : Downlink)와 상향 링크 (UL : Uplink)를 구분하는 다중화 기법은 주파수 정책과 이동성, 셀 구조 및 크기 등에 의해 결정된다. 가장 많이 고려되는 방식은 FDD (Frequency Division Duplexing)와 TDD (Time Division Duplexing)이며, 각 방식의 장단점으로 인하여 특정 방식으로 결정되기 보다는 환경에 따라 상호 보완적으로 적용될 개발될 것으로 예상된다. 한편, 최근에는 두 방식의 장단점을 보완하는 하이브리드 형태가 제안되었고, 이동통신에 적합한 6 GHz 미만 주파수 대역에 연속적인 광대역 주파수 부족함에 따라 다중 대역, 다중 모드를 사용하는 다중화 기법에 대한 연구도 진행 중이다.

• FDD

FDD는 하향 링크와 상향 링크에 서로 다른 주파수 대역을 할당하여 구분하는 방식으로, 각 링크마다 신호가 연속적이므로 채널 변화를 지속적으로 추정할 수 있고, 상하향 링크 사이의 정보 교환이 빠르며, 셀

크기에 따른 부가적인 자원 손실이 없어서 매크로 셀의 이동환경에 알맞다.

• TDD

TDD는 하향 링크와 상향 링크를 같은 주파수 대역에서 서로 다른 시간 슬롯으로 구분하는 방식으로, 하나의 대역만 필요하므로 주파수 할당이 용이하다. 단일 셀 환경에서는 시간 슬롯 길이를 바꿈으로써 비대칭 서비스를 효율적으로 지원할 수 있으나, 다중 셀 환경에서는 링크간 간섭이 큰 편이다. 한편 채널의 가역성 (reciprocity) 특성으로 기지국이 채널 상태 정보를 얻기가 쉽다.

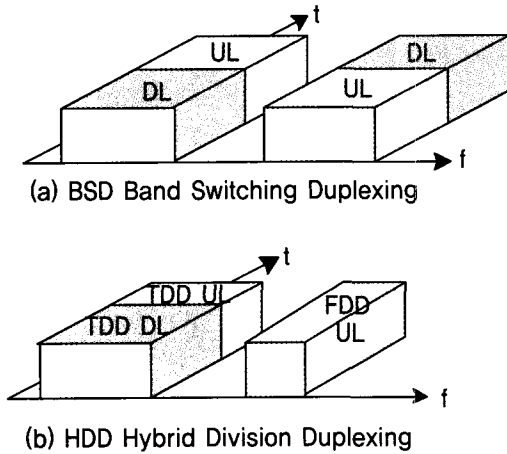
• 하이브리드 다중화

FDD와 TDD의 단점들을 보완하기 위하여 (그림 2)와 같이 두 방식을 혼합한 방식들이 제안되고 있다 [3]. (그림 2 (a))는 루슨트의 BSD (band Switching Duplexing) 방식으로 TDD용 대역을 2개를 할당하여, 일정한 주기로 하향 링크와 상향 링크 대역을 바꾸는 방법이다.

이 방식은 채널 가역성에 의해 하향 링크 채널 추정 결과를 상향 링크에 적용 가능하므로 채널 피드백 정보를 최소화한다. (그림 2 (b))는 삼성 전자의 HDD (Hybrid Division Duplexing) 방식으로 TDD 대역과 이와 독립적인 FDD 상향 링크 대역을 할당하고 셀 위치에 따라 다른 대역을 사용하는 방법이다. 셀 내부에서는 상하향 링크 모두 TDD 대역을 사용하고, 셀 경계에서는 하향 링크는 TDD 대역, 상향 링크는 FDD 대역을 사용하여 셀 크기를 확장할 수 있다.

2. 다중 접속 (Multiple Access)

다중 접속 방식으로는 기존 이동통신에서의



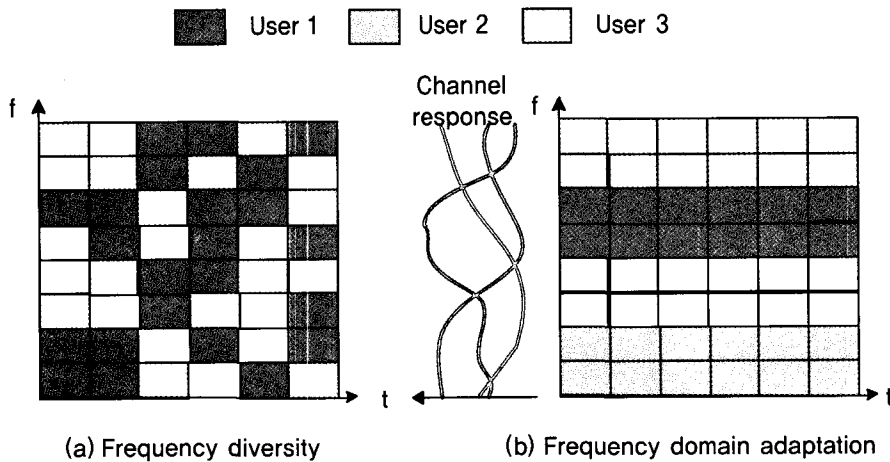
(그림 2) 하이브리드 다중화

CDMA (Code Division Multiple Access)와 고정 망의 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이 거론되고 있다. 다중 셀 간섭을 대처하는 면에서 CDMA를 선호하나, 주파수 대역이 기존 이동통신 시스템보다 커질 경우에는 CDMA 보다는 OFDM 기반 다중 접속이 전송 효율 및 복잡

도 면에서 유리하다. 다음은 몇 가지 후보 기술이다.

• OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)

OFDMA는 여러 OFDM 심볼로 구성된 시간 슬롯의 시간/주파수 자원을 시간과 주파수 영역으로 나누어 사용자에게 할당하는 방법이다. 이 때 자원 할당 방법으로 (그림 3 (a))와 같이 주파수 영역에서 멀리 떨어져 있는 부반송파를 할당하여 주파수 다양성을 얻는 방법과 (그림 3 (b))와 같이 비슷한 채널 응답을 갖는 인접한 부반송파 그룹을 할당하고 그룹에 대한 채널 상태에 따라 전송 방식을 바꾸는 방법이 있다 [4]. 전자의 경우에는 주파수 도약 방식처럼 셀마다 데이터 채널을 구성하는 부반송파 인덱스 집합을 다르게 할당함으로써 인접셀 간섭을 평균화할 수 있으며, 주파수 영역에서 적응 전송을 수행하는 후자의 경우에는 채널 품질을 추정하여 간섭을 회피할 수 있다. 주파수 다양성 자원 할당 방식은 주파수 영역에서의 채널 변화는 평균하고 시간 축으로만 1차원 적응 전송을 수행하여 제한 정보가 적지만 성능은 최적



(그림 3) OFDMA 자원 할당 방법

과 차이가 있다. 반면, 주파수 영역에서 적응 전송을 수행하는 경우 시간과 주파수 축에 대한 채널 상태를 모두 알아야 하므로 제한 정보가 증가하는 대신, 2차원에서의 채널 할당으로 다중 사용자 다양성이 증가되고 전송 효율이 높아진다.

• OFCDM (Orthogonal Frequency Code Division Multiplexing)

OFCDM은 OFDM 방식과 CDM 방식을 결합한 방식으로, (그림 4)와 같이 할당된 부반송파에 심볼을 부호 수열로 확산하고 확산된 데이터를 부반송파에 다중화하여 전송하는 방법이다 [5]. OFCDM은 OFDM/CDM(A), MC-CDMA로도 불리기도 하며, 확산된 신호를 시간과 주파수 자원에 어떻게 배치할지, 확산 계수 (SF : Spreading factor)를 얼마로 할지 등에 따라 다양한 방식이 존재할 수 있다. 대체적으로 OFCDM은 수신 심볼마다 주파수 다양성을 얻고 인접셀 간섭이 균일한 장점이 있다. 그러나, 셀 내 간섭이 발생하고 수신단이 복잡해지는 단점이 있다.

• 주파수 영역 등화기반 다중 접속

3세대 이동통신 시스템에서는 고속 패킷 전송을 위해 여러 데이터를 서로 다른 부호 수열로 확산하여 다중화하는 다중 부호 CDM을 적용하였다. 그러나,

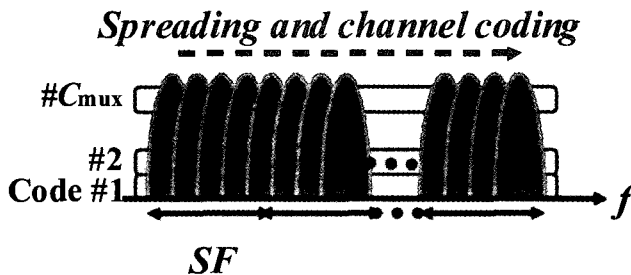
데이터 전송률이 높아지면서 채널의 지연 확산으로 발생하는 심볼간, 부호간 간섭으로 성능 향상의 한계에 도달하면서 이를 극복하는 방법을 찾고 있다. 그 가운데 한 방법이 OFDM 신호와 유사하게 확산된 데이터를 블록 단위로 처리하면서 블록마다 CP (Cyclic Prefix)를 추가하여 송신하고, 수신 측에서 주파수 영역에서의 등화를 수행하는 기법이다 [6]. 이 기법은 송신단이 간단하고 PAPR (Peak to Average Power Ratio)이 작기 때문에 상향 링크에서 주로 고려되고 있다.

3. 채널 부호화

차세대 무선 통신 시스템에서는 성능이 우수할 뿐만 아니라 다양한 QoS의 고속 패킷 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 채널 부호화 기법이 필요하다. 즉, 사는 한계에 근접한 성능, 빠른 부호화 및 복호 속도, 다양한 패킷 사이즈와 부호율에 유연한 구조가 필수적이다. 먼저 성능 측면에서 사는 한계에 근접하는 터보 부호나 LDPC (Low-Density Parity-Check) 부호가 유력하다.

• 터보 부호

터보 부호는 1993년 Berrou 등에 의해 처음 제안



(그림 4) OFCDM의 한 방법

되었고, 두 구성 부호 사이의 반복 복호로 어느 정도 긴 길이에서 사는 한계에 근접한 성능을 제공함으로써, 3세대 이동통신 시스템에서 고품질 데이터 전송을 위한 채널 부호화 기법으로 채택되었다. 그 이후 패킷 길이가 작을 때의 성능 저하를 줄이는 tail-biting 구조가 추가되고, 오류 마루 성능이 개선되도록 터보 내부 인터리버 방식이 연구되었으며, 비이진 부호를 이용하여 성능 저하 없이 복호기의 복잡도를 줄이는 방법들이 제안되면서 방송 및 휴대 인터넷 표준에 채택되었다 [4][7]. 또한, 3세대 동기식 cdma 2000 1x 표준에는 다양한 패킷 길이와 부호율을 지원하고 H-ARQ (Hybrid Automatic ReQuest) 방식과 결합하기 쉬운 QCTC (Quasi-Complementary Turbo Codes)가 적용되고 있다. 그러나, 일반적으로 터보 부호는 두 구성 부호 사이의 인터리버 및 채널 인터리버 등으로 인하여 복호 지연 시간이 길며 복호기의 복잡도가 큰 편이다.

• LDPC 부호

LDPC 부호는 1960년 Gallager에 의해 처음 제안하였으나, 1981년 LDPC 부호를 그래프로 표현한 Tanner의 연구를 제외하고는 거의 35년 동안 잊혀져 왔다. 그러나, 1996년 MacKay에 의해 LDPC 부호가 재발견되고 그 성능이 사는 한계에 근접하는 부호임을 보이면서 다각도에서 LDPC 부호에 대한 연구가 이루어졌다. LDPC 부호는 패리티 검사 행렬에 1의 개수가 0의 개수보다 희박한 부호로, Richardson과 Ruby는 패리티 검사 행렬의 행과 열에 1의 수가 일정한 정규 LDPC 부호의 성능을 향상시키기 위해 패리티 검사 행렬의 행과 열의 차수의 분포로 정의되는 비정규 (irregular) 형태의 LDPC 부호를 정의하고, 밀도 진화로 분포를 최적화하여 부호어 길이가 길 때 터보 부호보다 우수한 성능의 부호를 설계하였다. 그러나, 이와 같은 설계는 길이가 5000 미만일 때는 성

능이 좋지 않고 생성한 패리티 검사 행렬을 저장하는데 필요한 메모리가 지나치게 크다는 단점이 있다. 따라서, 실제 시스템에 적용이 가능하도록 유한 길이에서의 부호 설계 및 부호화기와 복호기의 복잡도를 줄이는 패리티 검사 부호 표현법 등이 지속적으로 연구되고 있다 [8]. LDPC 부호는 복호기의 고속 처리가 가능하고 패킷 길이가 길 때 터보 부호보다 성능이 향상되기 때문에 패킷 길이가 비교적 긴 방송 표준의 채널 부호화 기법으로는 채택되었다 [9]. 그러나, LDPC 부호가 차세대 이동통신 시스템에 적용하려면 다양한 부호율이나 패킷 길이를 지원할 수 있는 구조가 제시되어야 할 것이다.

4. 다중안테나 기술

송수신단에 여러 안테나를 사용하여 송신할 경우 안테나의 배치와 적용한 전송 방식에 따라 얻을 수 있는 이득이 다르다. 일반적으로 다중 안테나로 서로 독립인 채널을 형성하여 다양성 이득을 얻거나 송신 심볼의 다중화로 전송률을 높이는 방법을 MIMO (Multiple Input Multiple Output) 기술로, 다중 안테나 채널의 상관을 이용하여 간섭을 줄이고 바라는 신호의 수신 신호대잡음비를 극대화하도록 신호 처리를 수행하는 방법을 스마트 안테나 기법으로 분류된다.

• MIMO 기술

이론적으로 MMO 채널이 채널 용량과 데이터 전송률을 크게 증가시킬 수 있음이 증명된 이래, 이론적인 채널 용량에 가까운 성능을 제공하는 실제적인 송수신법에 대한 연구가 활발히 이루어져 왔다. 이러한 MIMO 기법은 채널 상태 정보 없이 다중 입출력의 여러 채널에 대한 다양성 또는 다중화 이득을 얻는 개방형 (open-loop) 전송 방법과 채널 상태 정보

에 따라 전력 및 송신 심볼 벡터 특성을 바꾸는 폐쇄형 (closed-loop) 전송 방식이 있다. 두 방식을 모두 포함한 일반화된 MIMO 플랫폼을 (그림 5)에 나타내었다.

개방형 전송 방식은 다양성 및 부호 이득을 얻기 위한 시공간 부호 방식과 전송률을 높이기 위해 안테나에 다른 심볼을 병렬적으로 전송하는 공간 다중화 (Spatial Multiplexing) 방식이 대표적이다. 최근에는 다양성 이득과 다중화 이득에 대한 손익 관계가 연구되면서, 주어진 안테나 구성에서 최대 전송률과 최대 다양성 (Full-rate Full-diversity)을 얻기 위한 LDC (Linear Dispersion Code) 등의 부호 설계가 연구되고 있다 [11].

한편, 폐쇄형 전송 방식에서 채널 상태 정보를 모두 알고 있으면 최적의 성능을 얻을 수 있다. 그러나, 채널이 빠르게 변하는 이동 환경에서의 채널 상태 정보를 모두 주기 어려우므로 부분적인 정보로 성능을 극대화하는 방법이 필요하다. 이러한 방법으로 채널 상관에 의한 성능 저하 및 복잡도를 줄이는 안테나 선택 방법, 송신 다양성 기법과 공간 다중화 기법 사이의 선택 방법, 궤환 정보를 줄이기 위해 양자화된 코드북을 이용하여 선택된 코드로 송신단에서 신호를 변환하여 보내는 방법 등이 연구되고 있으나 또

한, 다중 사용자 환경에서 다양성을 추가적으로 얻는 방법이 활발히 논의되고 있다.

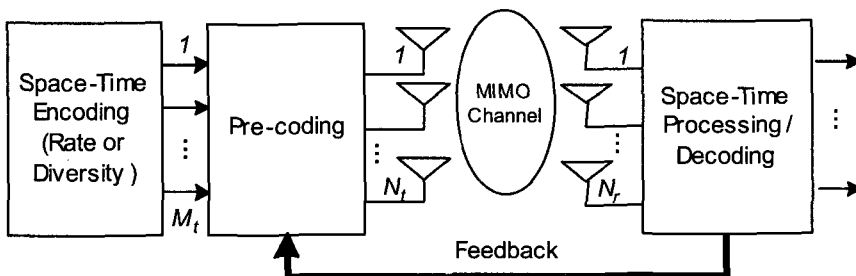
• 스마트 안테나 기술

스마트 안테나 시스템은 수신단에서 각 안테나 배열 원소로부터 수신된 신호를 동위상으로 결합함으로써 수신 전력을 평균적으로 증가시키는 빔 형성 이득을 제공한다. 또한, 원하는 사용자에게로 최적화하여 송신함으로써 송신 전력을 낮출 수 있다. 이러한 빔 형성 알고리즘은 잘 알려진 기술이며, 현재는 OFDM 플랫폼에 적용될 때 복잡도를 낮추기 위한 알고리즘, 스마트 안테나를 위한 제어 정보 전송 및 자원 할당 등이 고려되고 있다. 이러한 스마트 안테나 기술을 모든 기지국에 적용하기까지 복잡도와 calibration 문제는 필수적으로 해결해야 할 숙제로 남아 있다.

5. 링크 적응 기술

• 적응 변조/부호화 기술

CDMA를 기반으로 하는 3세대 이동통신 시스템에서는 페이딩 채널의 시간 변화에 따라 전송률을 바꾸는 1차원에서의 적응 전송 기법을 적용하였다. 그러



(그림 5) 개방형 및 폐쇄형 전송 방식을 포함한 일반화된 MIMO 플랫폼

나, 전송률을 높이기 위해 MIMO 기법을 적용하면서 시간뿐만 아니라 공간으로의 적응 전송을 수행하는 기법이 제시되고 있다. 그러한 방법 가운데 안테나 별 또는 안테나 조합 별로 다른 부호화 및 변조 방식을 적용하는 PARC (Per Antenna Rate Control) 기법과 DSTTD-SGRC (Double Space Time Transmit Diversity Sub-Group Rate Control) 기법이 있다 [12].

한편, CDMA가 아닌 OFDM 플랫폼에서는 시간 영역뿐만 아니라 주파수 영역에서의 채널 변화에 대한 적응 전송이 가능하다. 그 위에 MIMO를 적용하면 시간, 주파수, 공간에서의 3차원적인 적응 전송이 가능하며, 이를 최적화하기 위해서는 3 차원에서의 채널 상태 정보가 필요하다. 따라서, 이동성과 궤환 채널 용량에 한계가 있는 이동 통신 시스템에서는 채널 상태에 대한 궤환 정보를 좀더 효율적으로 표현하는 방법과 궤환 정보 양, 복잡도, 그리고 성능 조건에 따른 최적의 적응 전송 방법이 도출되어야 한다.

• H-ARQ (Hybrid automatic request) 전송 기술

적응 변조/부호화 기술의 효율은 채널 상태 정보의 정확성에 의존한다. 그러나, 이동 셀룰러 환경에서는 이동성 또는 인접셀 로딩 및 패킷 전송의 동적 할당에 따라 간섭과 채널 특성이 바뀌므로 채널 정보를 보낸 시점과 채널 정보에 따라 결정된 송신 방식으로 데이터를 전송되는 시점에서의 채널이 다를 수 있다. 따라서, 이동 환경이나 셀 경계에서는 적응 변조/부호화에 의한 성능 개선이 적을 수 있는데, 이를 보완하는 방법이 H-ARQ 방식이다. H-ARQ는 재전송 기술과 순방향 오류 정정 기술을 결합한 방식으로, 일반적으로 수신된 패킷에 오류가 나서 재전송을 요구할 때 오류가 난 패킷을 버리지 않고 다음에 재전송된 패킷과 결합하여 채널 복호를 수행하는 기법의 의미이다. 고전적인 H-ARQ 방식은 수신 신호대잡음

비가 낮을 때 주로 성능을 향상시키고 변조 방식을 같게 두고 부호율이나 전송 부호 심볼 패턴을 다르게 하였으나, 3세대 cdma2000 1x 시스템에서는 물리 계층에서의 빠른 응답과 적응 변조/부호화와 결합한 H-ARQ 전송 방식을 적용하여 전송 효율을 크게 향상시켰다 [13]. 아직까지는 시간 축에서 다양성을 얻는 H-ARQ 방식이 주로 연구되었으나, MIMO 기술이 기본적으로 적용될 차세대 시스템에서는 시간 다양성뿐만 아니라 주파수 및 공간에서의 다양성을 효율적으로 얻을 수 있도록 연구가 필요하다. 또한, LDPC 부호와 함께 H-ARQ를 효율적으로 적용하는 방법 또한 LDPC 부호를 이동통신 시스템에 적용하기 위해 해결해야 할 과제이다.

IV. 국내의 기술 개발 동향

1. 유럽

유럽에서는 WWRF (Wireless World Research Forum)를 중심으로 차세대 무선 통신 시스템에 대한 비전을 제시하고 잠재력 있는 기술과 연구 동향을 파악하는 한편, 새로운 연구 과제를 도출하고 있다. 이렇게 도출된 차세대 이동통신 시스템 관련 과제가 유럽 IST (Information Society Technology) 프로그램의 WWI (Wireless World Initiatives) 프로젝트이다. WWI의 6개 세부 과제 가운데 무선전송에 관련된 과제가 지멘스를 주축으로 하여 2004년 1월에 시작한 WINNER이다. WINNER는 단계별 2년으로 구성된 3단계 프로젝트로, 1단계에서는 주요 요소 기술과 무선 망 구축 및 협력 방식에 대한 연구를 수행한 뒤, 2단계에서 1단계 연구 결과를 토대로 무선 전송 규격을 설계하고, 3 단계에서 하드웨어로 구현하여 검증할 예정이다. WINNER는 현재 1단계로 아직

까지 시스템 요구사항을 정립하고 있으며, 주요 연구 주제는 MIMO와 릴레이 시스템이다 [14].

2. 북미

북미에서는 IEEE 표준화가 일반적으로 de facto 표준을 기반으로 하기 때문에 차세대 이동통신 시스템에 관련된 특정 기구는 없으며, 회사별로 독자 기술을 개발하고 있다. 북미 내 주요 이동통신 시스템 개발 업체인 모토로라와 노텔은 차세대 이동통신 시스템을 위한 요소 기술을 중심으로 테스트 베드를 만들고 검증하면서 일부 결과를 IEEE 802.16 및 IEEE 802.20 표준화 그룹에 기고하였다. 모토로라는 하향 링크에 OFDM을, 상향 링크에 CP를 이용한 단일 반송과 전송 방식을 각각 적용한 테스트 베드를 구현하여 시험을 수행하고 있으며, 초기부터 MIMO를 적용한 시스템을 고려하여 채널 환경에 따라 다른 MIMO 알고리즘을 적용하는 방법을 채널 측정과 검증으로 구체화하고 있다. 한편, 노텔은 편광을 이용하여 다중 빔과 MIMO 채널을 동시에 제공하는 방식을 기반으로 상하향 링크에서 OFDMA를 적용한 전송 규격을 작성하고 테스트 베드를 구현하여 성능 시험을 끝낸 상태이다.

3. 일본

일본에서 차세대 연구에 가장 주도적인 NTT DoCoMo는 100 MHz 대역에 100 Mbps급 전송률을 지원하는 OFDM 기반 고속 전송기술을 집중적으로 연구하고 있다. NTT DoCoMo에서 제시하는 광대역 무선 통신 시스템 개념은 핫-스팟 영역의 단일 셀 환경과 셀룰러 시스템의 다중 셀 환경에서 동일한 무선 인터페이스를 사용하고 파라미터만 변경하여 두 환경을 모두 지원하는 것이다 [15]. 이 때, 다중 접

속 기술로 하향 링크는 VSF-OFCDM (Variable Spreading Factor-OFCDM)를 적용하고 상향 링크는 VSCRF-CDMA (Variable Spreading and Chip Repetition Factors-CDMA)를 적용하였다. VSF-OFCDM은 데이터 심볼의 부호 확산을 시간 축과 주파수 축의 2차원으로 하고, VSCRF-CDMA는 사용자의 송신 심볼을 부호 확산한 후 IFDMA (Interleaved FDMA)를 적용하는 방식으로 [16], 시스템 파라미터를 채널 환경 및 셀 환경에 따라 재설정한다. 한편, 현재 3GPP에서 진행 중인 장기간의 진화 시스템 표준화에서는 대다수 업체가 OFCDM의 적용을 배제함에 따라, NTT DoCoMo도 부호 확산이 없는 OFDMA 방식을 기고하고 있다.

4. 중국

중국에서의 차세대 이동통신 시스템 개발은 FuTURE (Future Technologies for a Universal Radio Environment) 프로젝트를 중심으로 이루어지고 있다. FuTURE 프로젝트는 5년을 주기로 하는 중국 정부의 과학 기술 지원 사업인 863 프로그램의 한 프로젝트로 2001년에 시작되었다. FuTURE 프로젝트는 처음 2년 동안 요소 기술을 도출하고 2003년부터 데모 시스템을 구축한 뒤 2005년 이후에는 2단계로써 상용화를 위한 시험 시스템을 개발할 예정이다. FuTURE에서는 서로 다른 5 대학에서 서로 다른 무선 인터페이스를 개발하고 있고 1단계가 끝날 때 평가를 통해 무선 인터페이스를 선택할 예정이다. 이에 관련된 무선 접속 방식은 OFDM 또는 CDMA와의 결합 기술이 주로 연구되고 있다. 이 가운데 동남대는 채널 환경, 즉 이동성과 채널 품질에 따라 시스템 파라미터를 변경하거나 이중 시스템으로 전환하는 기법을 연구하고 있으며, 다중 접속 방식으로 OFDM 방식과 GMC (Generalized multicarrier) 방

식을 고려하면서 채널 속도에 따라 두 방식 중 하나를 선택하려고 한다 [17].

5. 국 내

국내에서는 한국전자통신연구원에서 2002년부터 OFDMA를 기반으로 100 Mbps급 이동통신 시스템 무선 전송 규격과 그에 대한 테스트 베드를 개발하는 프로젝트를 시작으로 삼성, LG 등의 기업체에서도 적극적으로 차세대 이동통신 시스템을 위한 요소 기술 개발에 참여하고 있다. 한편, 차세대 이동통신 시스템 개발을 향한 중간 단계로 휴대 인터넷 서비스 개념이 도입되고 이를 위해 시스템 규격으로 OFDMA를 기반으로 한 휴대 인터넷 규격이 2004년 6월 1차적으로 완성된 후 성능 향상을 위한 추가 연구가 진행되고 있다. 휴대 인터넷 시스템은 주파수 영역에서의 적응 변조/부호화 및 여러 가지 개방형 MIMO 기술과 폐쇄형 MIMO 기술을 포함하고 있어 차세대 이동통신 시스템에 유력한 무선전송 기술을 검증할 수 있을 것이다. 한편, 2004년 본격적으로 NGMC (Next Generation Mobile Communication) 포럼을 결성하여 차세대 이동통신의 시장, 서비스, 애플리케이션, 구조 연구 및 주파수 활용 방안을 논의하고 있다.

V. 결 론

다양한 품질의 고속 멀티미디어 서비스를 저비용을 제공하려는 차세대 이동통신 시스템은 무선전송 기술 측면에서 한정된 무선 자원의 이용 효율을 극대화할 수 있는 전송 플랫폼을 필요로 한다. 이러한 전송 플랫폼으로 국내외적으로 OFDM 기반 전송 기술과 다중 안테나 기술을 선호하고 있으며, 진정한 개

인 통신 시스템을 개발하기 위하여 다양한 사용자 환경에 효율적으로 대처할 수 있는 전송 방식에 대한 연구가 진행되고 있다. 그 밖에도 물리 계층과 상위 계층과의 밀접한 결합을 통한 최적화 방식, 효율적인 셀 구성 방법, 그리고 인접 기지국이나 릴레이와의 협력을 통해 시스템 레벨에서 성능을 극대화하려는 노력이 다각도로 이루어지고 있다. 이러한 핵심 기술에 대한 선도적인 연구와 잠재력 있는 기술을 조기 발견하여 지적재산권을 확보한다면, 앞으로 차세대 이동통신 시스템의 표준화를 주도하고 이동통신 산업에서 경쟁력을 확보할 수 있는 견인차가 될 것이다.

[참 고 문 헌]

- [1] ITU-R, Framework and overall objectives of the future development of IMT-2000 and systems beyond IMT-2000, Recommendation ITU-R M.1645, June 2003.
- [2] 황승구, "4세대 이동통신 무선 전송 기술 동향," *ETRI 전자통신동향분석*, 2004년.
- [3] 윤성보, "차세대 시스템 구조 및 무선자원 관리, 제 11회 이동통신기술 워크샵, 서울, 한국, 2005년 2월.
- [4] TTA, 2.3 GHz 휴대 인터넷 표준- 물리 계층, TTAS.KO-06.0064R1, 2004년 12월.
- [5] H. Atarashi, N. Maeda, S. Abeta, and M. Sawahashi, "Broadband packet wireless access based on VSF-OFCDM and MC/DS-CDMA," *Proc. PIMRC*, vol. 3, pp. 992-997, 2002.
- [6] D. Falconer, S.L. Ariyavisitakul, A. Benyamin-Seeyar, and B. Edison, "Frequency domain

- equalization for single-carrier broadband wireless systems,” *IEEE Comm. Mag.*, vol. 40, no. 4, Apr. 2002.
- [7] ETSI, Digital video broadcasting (DVB); interaction channel for satellite distribution systems, ETSI EN 301 790 V1.2.2 (2000-12), 2000.
- [8] W. E. Ryan, “An introduction to LDPC codes” in B. Vasic, editor, *Handbook for coding and signal processing for recording systems*, CRC, New York, 2004.
- [9] ETSI, DVB second generation framing structure, channel coding, and modulation systems for broadcasting, interactive services, news gathering and other broadband satellite applications, Draft to ETSI EN 302 307 DVB-S2, June 2004.
- [10] R.W. Heath and A.J. Paulraj, “Linear dispersion codes for MIMO systems based on frame theory,” *IEEE Trans. Signal Process.*, vol. 50, pp. 2429-2441, Oct. 2002.
- [11] J. N. Tyler, B. Allen, and H. Aghvami, “Adaptive antennas: the calibration problem”, *IEEE Comm. Mag.*, vol. 42, no. 12, pp. 114-122, Dec. 2004.
- [12] 3GPP, Multiple input multiple output in UTRA, TR 25.876 v.1.7.0, Aug. 2004.
- [13] 3GPP2, “CDMA2000 high rate packet data air interface specification,” C.S0024 v1.0.0, Mar. 2004.
- [14] G. Klang, “From vision to concept: The WINNER radio interface concept,” *13th WWRf meeting*, Mar. 2005.
- [15] M. Sawahashi, “Broadband packet wireless access supporting cellular system and hot-spot environments, and its experiments,” *5th Smart Antenna Workshop*, Seoul, Korea, Apr. 2003.
- [16] U. Sorger, I. De Broeck, and M. Schnell, “Interleaved FDMA - a new spread-spectrum multiple access scheme,” *Proc. ICC*, Atlanta, U.S., June 1998.
- [17] X. Yu, G. Chen, M. Chen, and X. Gao, “Toward beyond 3G: the FuTure project in china,” *IEEE Comm. Mag.*, vol. 42, no. 1, pp. 70-75, Jan. 2005.



김윤희

1995년 한국과학기술원 전기및전자공학과 학사
1997년 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
2000년 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사
2000년 ~ 2004년 한국전자통신연구원 선임연구원
2004년 ~ 현재 경북대학교 전자정보학부 조교수

관심분야 : 무선전송, 채널 부호화, 통계학적 신호처리, 이동/무선 통신 시스템



안재영

1983년 연세대학교 전기공학과(학사)
1985년 연세대학교 대학원 전기공학과(석사)
1989년 연세대학교 대학원 전기공학과(박사)
1989년 ~ 현재 한국전자통신연구원 이동통신연구
구단 차세대무선전송연구팀 팀장/책임연구원

관심분야 : 디지털 무선전송, 무선 MAC 프로토콜, 이동통신 네트워크