

셀룰라 이동통신시스템

韓 榮 烈
(한양대학교 교수)

■ 차 례 ■	
1. 서 론	3. 셀룰라이동 통신시스템
2. 셀의 배치	4. 셀룰라시스템의 현황과 전망

1 서 론

셀룰라 (cellular) 이동무선통신시스템은 현재 세계각국에서 사용되고 있는 이동무선전화시스템으로 이동차량에서 일반전화 가입자간이나 일반전화가입자에서 이동차량내 전화로의 통화나 이동차량과 이동차량간의 통화를 의미한다. 셀룰라시스템 (cellular system)은 1980년 전후해서 시작된 이동통신시스템으로 수요의 급증과 더불어 급속도로 발전하고 있으며 각국은 전국토를 하나의 이동통화권으로 확장하고있다. 이동무선전화서비스는 일반적으로 사용요금이비싸고 통화의 질과 서비스도 일반공중전화망보다 뒤떨어졌으나 수요의 증가와 현대 전자통신기술의 발달로 급속히 개선되어 가고 있다.

셀룰라시스템에서는 통신구역의 단위인 셀 (cell)의 분할과 한정된 주파수대역의 효율적인 사용을 위하여 주파수재사용의 개념이 도입하게 되었다. 한정된 주파수대역의 효율적인 사용을 위해서는 사용주파수의 채널간격을 좁히거나 한 구역에서 사용한 주파수를 다른구역에서 다시 사용하는 문제가 대두되었다. 주파수채널 간격을 좁힌다는것은 변조기술 측면에서나 주파수간섭과 안정도면에서 한계가 있으므로 어느 이하

로 줄이기는 통신기술상 어려움이 있으나 통신구역을 셀 단위로 분할하여 각셀에 한조의 주파수를 배당하고 그 셀내에는 배당된 주파수만을 사용하고 송신출력도 그 셀만 커버하도록 소출력으로하면 이셀과 멀리 떨어진 다른셀에서 같은 주파수조를 사용할수 있어 주파수 재사용이 가능케 된다.

이동무선통신시스템에서는 주로 450MHz대나 800MHz대의 주파수를 사용하는데 이때 건물이나 다른 장애물에 의한 다중로현상 (multipath effect)으로 수신신호진폭에 페이딩현상이 일어나고있다. 이수신 신호의 진폭변화에 대한 페이딩현상은 레이리 (rayleigh) 확률밀도함수로 표시될수있고 지역에 따라서는 수신되는 주파수의 진폭이 강하게 작용하는 라이시안페이딩이 나타나고 있다. 이러한 순시신호의 진폭변화와 더불어 평균실효치는 로그-노말 (log-normal) 확률 밀도함수로 표시된다. 셀룰라시스템에서 페이딩현상은 셀의 배치와 송수신기설계의 고려대상이 되고 있다.

2 셀의 배치

통신지역을 셀단위로 분할하여 셀중앙에 이동차량과 교신할 수 있는 기지국 (base station) 을

하나씩 설치하고 각셀에 사용할 수 있는 주파수 채널을 배당하여 이동하는 차량과 기지국사이에는 배당된 채널중 하나를 사용하여 원하는 사람과 통화하도록한다. 인접셀에는 동일채널간섭 (cochannel interference)을 줄이기 위하여 다른 주

정 6 각형을 사용하여 표시하는데 이런모양만이 평면에 모자이크 모양으로 가지런히 채울수 있기 때문이다.

그러나 셀중앙에 위치한 기지국의 안테나가 전방향 (omnidirection) 안테나일때 전파방향이 원

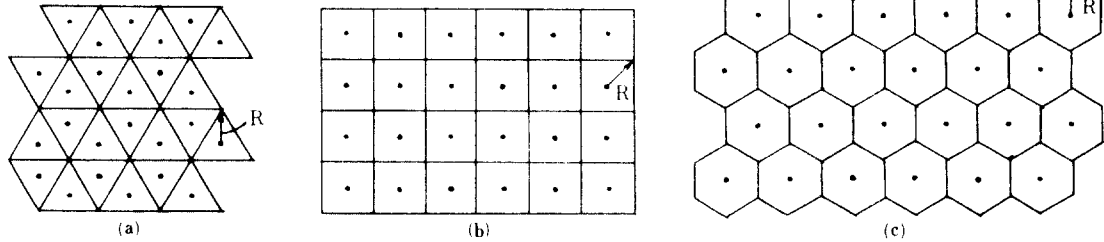


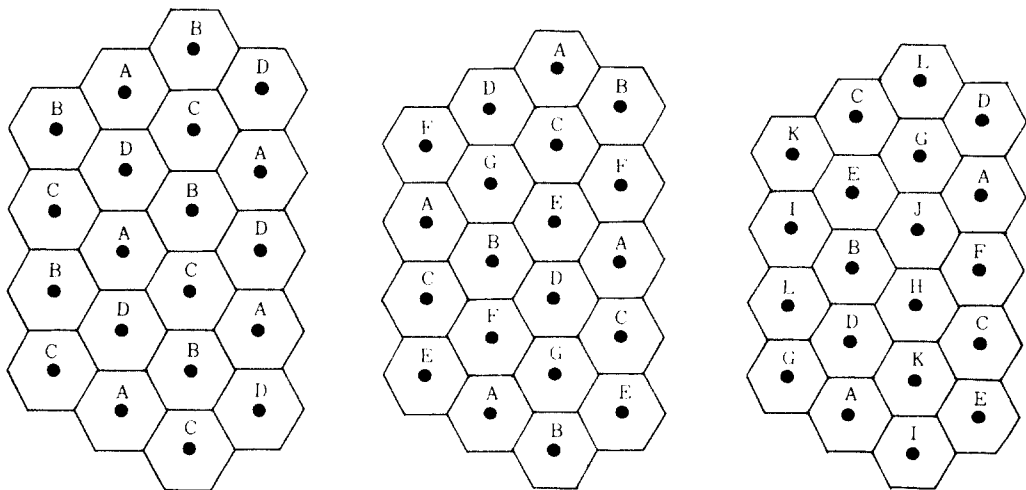
그림 1 셀의 표시방법

파수조를 사용하도록 하며 각 셀내의 기지국출력도 자기셀만 커버하도록 소출력을 유지하도록 한다. 그러나 동일채널간섭이 거의 일어나지 않는 거리상 충분히 떨어진 다른 셀에는 먼저셀과 같은 주파수채널을 재사용하여 한정된 주파수 재원을 최대한으로 활용하는 일종의 공간분할 (spatial multiplexing) 형태를 취하게 되었다. 셀의 배정은 전파전송의 특성, 통화량, 지역특성, 설치및운영 비용을 감안하여 배치되고 있다.

일반적으로 셀의 모양은 정 3 각형, 정 4 각형, 정 6 각형을 하고 있으므로 주로 정육각형을 사용하여 셀을 표시하고 있다. 육각형을 사용하여 셀을 표시할때에는 몇개의 주파수조로 나누어 사용하는 가에 따라 4-cell, 7-cell, 12-cell로 구별할 수 있다. 한 주파수조에는 100개 까지의 주파수채널이 있어 이 주파수가 배당된 셀내에서만 사용이 허용된다.

그림 2에서 4개의 주파수조를 가진 4-cell의 경우 셀A에는 한조의 주파수가 배당되며 셀 A와 인접셀에는 셀A에서 사용하지 않는 다른

일반적으로 셀의 모양은 정 3 각형, 정 4 각형, 정 6 각형을 하고 있으므로 주로 정육각형을 사용하여 셀을 표시하고 있다. 육각형을 사용하여 셀을 표시할때에는 몇개의 주파수조로 나누어 사용하는 가에 따라 4-cell, 7-cell, 12-cell로 구별할 수 있다. 한 주파수조에는 100개 까지의 주파수채널이 있어 이 주파수가 배당된 셀내에서만 사용이 허용된다.



A-CELL USING FIRST SET OF FREQUENCIES
B-CELL USING SECOND SET OF FREQUENCIES
C-CELL USING THIRD SET OF FREQUENCIES
D-CELL USING FOURTH SET OF FREQUENCIES
(A four frequency set plan)

SEVEN FREQUENCIES ARE LABELED
A THROUGH G.
(A seven frequency set plan)

TWELVE FREQUENCIES ARE LABELED
A THROUGH L
(A twelve frequency set plan)

그림 2 이동무선전화시스템의 서어비스구역

주파수조가 해당되어 인접채널과 서로간섭이 적도록 주파수를 배당한다. 셀A에서 인접셀을 지난 다른 셀A에는 본래 셀A와 같은 주파수조를 재사용하므로써 많은 사람이 통신하도록한다. 모든 통화에 사용할 수 있는 채널수를4셀로 나누어 각 셀에 주파수를 배당하고 각 셀내에는 배당된 주파수만을 사용한다. 그러나 통화량이 각

셀마다 다를때에는 통화량이 많은 셀내에는 많은 주파수를 배당하여 통화를 원활히 할수있다. 만일 셀의 크기가 같다고 가정할 경우 7-cell와 12-cell의 경우 같은 주파수를 사용하는 셀간격이 커지며 같은 주파수의 간섭도 적어진다. 한셀의 크기는 반경 수킬로미터에서 수십킬로미터이다. 일반적으로 도시의 중심부는 통화량

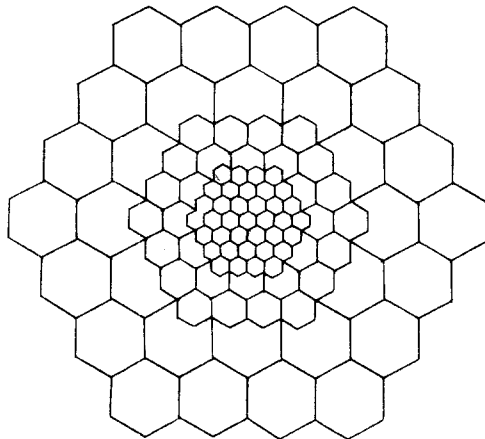


그림 3 크기가 다른 셀배치

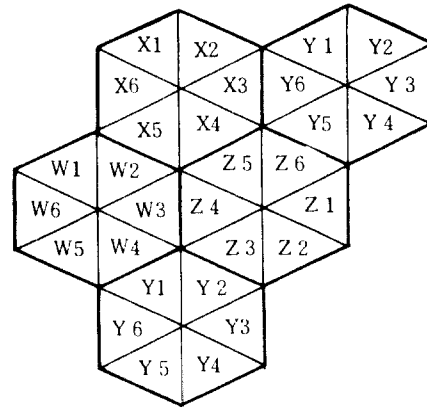


그림 4 색터 셀

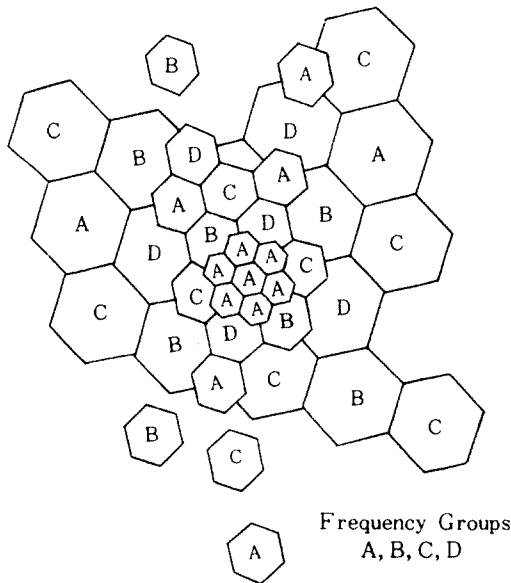
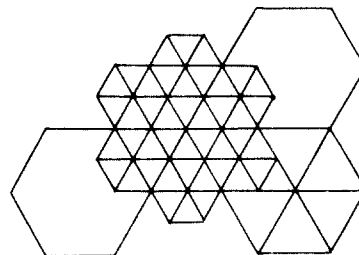


그림 5 색터셀을 이용한 셀배치



이 많고 외각으로 나갈수록 통화량이 적은 경우 시스템설치비용과 운영을 효율적으로 하기 위하여 외각으로 나갈수록 셀의 크기가 커지는 것을 그림 3에서 보여주고 있다.

일반적인 셀룰라시스템에서는 셀중앙에 위치한 송신안테나는 전방향안테나를 설치하고 있으나 방향성안테나인 섹터안테나(sector antenna)를 사용하는 문제가 검토되었다. 특히 걸어 다니면서 통화를할수 있는 휴대용전화의 경우 송신출력이 적음에따라 섹터셀을 검토하게 되었는데 이동무선통신에서 이동차량뿐만 아니라 휴대용전화의 출현도 멀지않아 곧 실현될것이다. 섹터안테나에서는 60°와 120°의 방향각을 가진 안테나를 사용할수 있으나 그림 4에서는 4-cell의 경우 한셀을 6으로 구분하여 기지국안테나를 6개의 섹터안테나를 사용하는 경우의 예를 보여주고 있다. 각셀은 6개의 부분 집합으로 나누어 주파수를 배당하고 주파수 재사용도 같은 방향으로 나열되어 있다. 이렇게 함으로써 간섭신호로부터 더 격리되어 간섭주파수의 영향을감소시킬수 있고 동일채널의 간섭도 줄일수있다. 도시중심부에는 통화량이 많고 외각으로 나갈수록 통화량이 적어져 지수분포로 표시할수 있어 도시중심부의 셀의크기는 적으나 외각으로 나갈수록 셀의크기가 커지는 경향이 있다. 앞으로는 도시중심부는 섹터셀을 사용하고 외각에서는 전방향안테나를 사용하는 셀로구성될 전망이다. 그림 5에서 4-cell의 경우 중앙

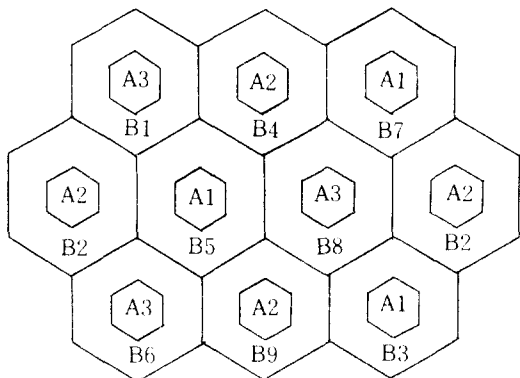


그림 6 오버래드 셀

부가 섹터셀로 구성된 예를 보여 주고 있다.

그림 6은 하나의 셀중앙에 조그마한 셀을 포갠으로써 A₁에서는 하나의 주파수조를 그외각에있는 B₇에는 다른주파수조를 사용하는 overlaid cell도 연구되고 있다.

3 셀룰라이동통신시스템

셀룰라이동무선통신시스템 계통도는 그림 7과 같다. 각셀의 중앙에 위치한 기지국은 각제 작회사마다 고유하게 불리우는 명칭이 있지만 일반적으로는 중앙통제국으로 연결되고 중앙통제국은 일반공중전화망으로 연결되어 있다. 그 인접지역에는 또 다른 하나의 중앙통제국 관할의 셀들이 있을 수 있다. 셀내에서 사용되는 주파수대는 각나라마다 상이하나 미국·일본지역은 800MHz대를 북구지역은 450MHz대를 사용하고 있으며 북구지역도 800MHz대로 전환하고 있어 세계적으로 800MHz대 근처를 사용하고 있다.

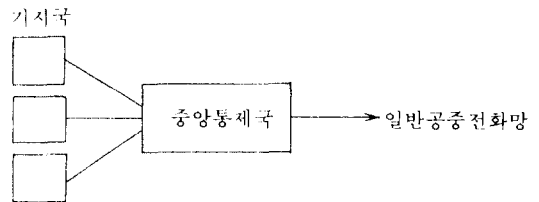


그림 7 셀룰라시스템 블럭도

사용주파수채널간격도 25KHz나 30KHz를 사용하고 있으며, 25KHz가 주종을 이루고 있으나 15KHz도 검토되고 있다. 예로써 미국에서 사용하는 AMPS(Advanced Mobile Telephone Service) 시스템의 경우 이동차량에서 기지국으로 송신하는 주파수대는 825-845MHz로 20MHz의 대역폭을 가지고 있으며 이를 30KHz주파수 채널간격으로 나누면 666개의 주파수채널이 있게 된다. 마찬가지로 기지국으로부터 이동차량에게 송신하는 주파수대는 870-890MHz이고 이것 역시 20MHz의 대역폭을 가지고 있어 666개 주파수채널이 있어 양방향으로 통신할 경우 666개의 채널이 있게된다. 666개의 주파수채널은

모두 통화용으로 사용하는 것이 아니고 일부는 제어신호(control signal)용으로 사용하고 있다. 셀룰라이동통신시스템은 각나라 제작회사나 지역특성에 따라 상이한 통신방식을 채택하고 있으나 통화에는 주파수변조방식을 주로 사용하고 시스템에 따라서는 위상변조방식을 사용한다. 제어신호채널은 주로 이동차량의 위치파악과 통화접속에 사용하며 신호방식설계에 주요한 위치를 차지하고 있다. 주로 시분할다중화방식을 사용하여 각셀마다 하나의 시간슬롯(time slot)을 배분하고 신호를 보내면 이동차량은 가장 신호레벨이 높은 신호를 제어신호채널을 통하여 통보하여 어느셀내에 있는가를 알려준다. 이동차량의 무선기기가 동작하고 있으면 기지국은 주기적으로 이동차량의 존재를 확인한다. 기지국에서 이동차량으로의 전화접속인 경우 기지국은 제어신호채널을 통하여 그차량의 무선전화의 고유번호를 포함한 메시지를 전송하고 이동차량은 제어신호채널을 통하여 배당된 시간슬롯에 응답함으로써 전화접속이 이루어진다. 제어신호채널을 통하여 기지국에서 이동차량으로 보내는 신호중에는 송수신기용신호가 삽입되어 있어 송수신기간에 동기가 되어있다. 차량으로 부터

기지국을 통하여 일반전화가입자에게 통화접속을 원할때에는 다른이동차량으로부터 발생하는 무작위 통화요구때문에 좀더 복잡한 설계가 필요하다. 각차량의 통화요구가 동시에 발생할수 있고 통화요구메세지의 충돌이 일어나면 통화요구가 실패로 돌아갈수 있어 채널사용효율을 저하시키고 있다. 일정거리의 시간슬롯으로 분할하여 이시간슬롯을 이용하여 통화요구를 전송하면 어느정도 채널효율을 높일수 있다. 각제작회사는 이점을 감안 각기의 신호방식을 채택하고 있다. 통화접속이 이루어 지면 차량이 위치한 셀에 해당된 주파수중 사용하지 않는 주파수가 자동적으로 선택되어 통화가 시작된다. 제어신호채널에 사용되는 통신방식은 FSK를 주로 이용하고 있다.

통화를 하는 동안 통화채널을 통하여 음성신호와 병렬로 약 100b/s 데이터를 3.5KHz 근처에 FSK나 PSK를 하여 음성신호와 더불어 FM시키고있다. 이데이터를 통하여 수신신호의 상태와 접속상태를 항상 감시하고 있어 이동차량의 출력과 기지국의 출력을 자동조절토록한다. 기지국은 보내온 신호가 어느레벨이하로 감소하면 다른셀내로 이동차량이 진입하는 것을 탐지하여

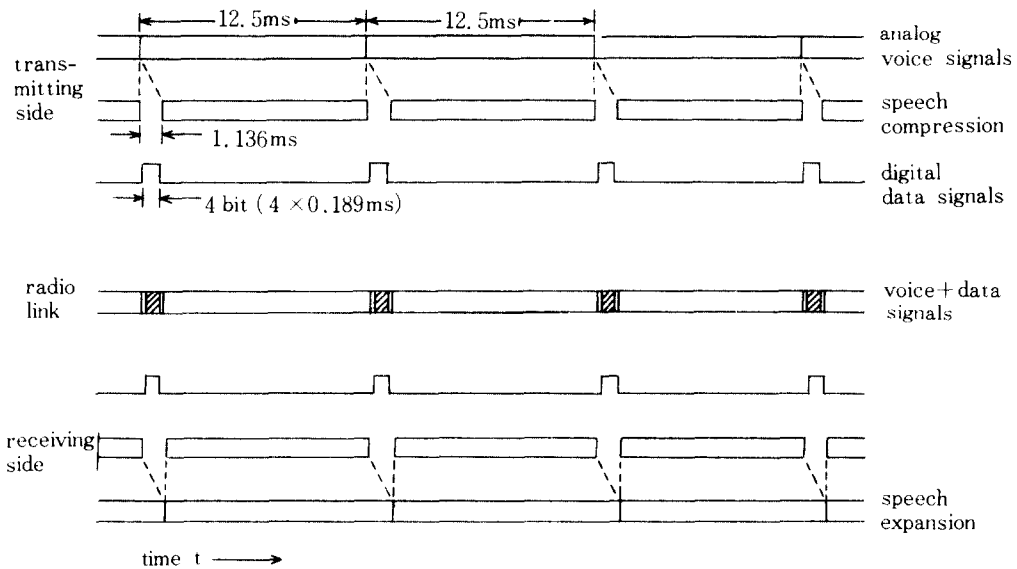


그림 8 음성채널의 데이터전송

통화가 계속되도록 이동차량이 진입하는 셀내의 주파수를 배당하여 이주파수를 통하여 통화가 계속 되도록한다. 이러한 기능을 핸드오프(hand-off)라한다. 또는 통화시간을 측정하여 통화료를 부과시키는 일도 한다. 독일에서 개발된 cellular radiotelephone system 에서는 연속음성신호를 12.5ms마다 12.5ms의 음성신호를 11.364ms으로 9.1%로 송신측에서 음성을 압축하고 1.136ms 시간사이에는 5.28Kb/s의 4 비트블락의 감시용데이터를 전송하고있다. 수신측에서는 감시용데이터를 추출한 다음 음성신호를 본래위치로 확장하는 방법을 사용하고 있다. 그림 8 는 이러한 동작을 보여주고 있다. 이러한 감시용데이터의 전송은 기지국과 이동차량사이에 음성채널을 통하여 계속적으로 이루어 지고 있으며 음성전송의 질을 검사하고 기지국과 이동차량의 송신기출력을 조절하여주며 통화요금을 부과한다.

표 1 중요설계 제원

Item	Features	
Radio Frequency	800 MHz Band	
Duplex Spacing	55 MHz (55MHz)	
Channel Spacing	12.5 kHz (25 kHz)	
Modulation	Voice	Analogue FM
	Data	2400b/s SP-FSK (300b/s) 100 b/s 'Data-under-Voice'
Diversity	Two Branch Postdetection Selection	
Speech Quality	Sound Articulation 80% CNR ≥ 13dB CIR ≥ 13 dB (15 dB)	
Qutage Probability	10% (10%)	
Transmitter Power	Base	5 W (25W)
	Mobile	1 W (5 W)
Zone Radius	3 km (5 km)	
Number of Zones/Reuse Cluster	9 (12)	

() : Present System

참고로 다음표는 일본 NTT(Nippon Telegraph and Telephone)사에서 연구개발중인 고용량의 이동무선통신시스템의 제원을 보여주고 있다.

4 셀룰라시스템의 현황과 전망

북구유럽에서는 1981년 스웨덴에서 셀룰라방식을 채택한후 노르웨이, 덴마크, 핀랜드로 확장하여 450MHz주파수대에서 운영하고 있으며 일본에서는 이보다 일찍 동경에서 1979년 12월에 800MHz주파수대에서 12개의 셀로 구성된 셀룰라방식을 운영하였다. 미국은 이보다 늦게 시카고에서 1983년 처음으로 셀룰라방식을 시도하였다. 일본은 HCATS(Hish-Capacity Automatic Telephone System)을 KEC사가 개발하여 세계 여러나라에 수출하여 오스트리아, 싱가포르, 요르단등에 설치운영하고 있다. 스웨덴의 에릭슨사에 의하여 개발된 NMT(Nordic Mobile Telephone) 시스템은 북구유럽이외에 스페인, 말레이시아, 캐나다일부지역에서 운영되고있다. 미국은 AT&T사의 AMTS(Advanced Mobile Telephone Service)와 ARTS사의 DynaTAC 시스템을 공급하고 있으며 영국은 처음으로 전국을 하나의 셀룰라 이동통신망 구성을 계획하고 독자적으로 TACS(Total Access Communication System)을 설계설치하고 있다. WARC(World Administrative Radio Conference)에서는 1979년 이동무선통신용으로 890-960MHz주파수대를 사용할것을 채택하였으며 이에 뒤따라 유럽의 CEPT(Conference of European Post and Telecommunications)는 890-915MHz와 935-960MHz주파수대를 사용할것을 권고하고 채널간격도 25KHz로 정하였다. 이러한 결정은 유럽지역에서 표준화로 받아들여 유럽의 모든시스템이 이주파수대로 전환할것이다. 우리나라도 1983년 한국이동무선서비스 주식회사가 설립되고 1984년 셀룰라방식에 의한 이동무선 전화업무개시후 가입자수도 계속증가 추세에 있다. 우리나라에서는 미국의 AMTS를 사용하고 있다. 현재까지는 이동무선통신은 대개 인구가 밀집된 도시에 설치되었으나 전국이 하나의 이동무선통신권으로 확장하고 있으며 국토