

자유기고문

전파이용 지능화를 위한 기지국 안테나 제어기술

장 대 석

군산대학교 교수

I. 서 론

우리나라 전파 이용현황은 사회경제의 발전, 전파 이용기술의 진보등에 의하여 비약적으로 증가하고 있으며, 전파이용 시스템의 기능은 다양화, 고도화 되고 있다.

1995년 말 현재 우리나라 무선국 수는 2,021,771국이며, 특히 육상 이동국은 1,768,260국이다. 이런 상황에서 안정되게 주파수 공급을 도모하기 위하여 이용할 수 있는 주파수 대역의 양적 확대 뿐만 아니라 주파수 유효 이용기술을 개발할 필요가 있다.

일본에서는 전파를 최대한 능률적으로 이용할 목적으로 1991년부터 전문 연구회를 조직하여 전파이용 지능화에 필요한 기술, 기술개발 과제, 제도상의 과제, 기술개발과 도입을 위한 대책에 관한 조사연구를 수년간 활발하게 수행하였다.

우리나라에서는 1992년부터 전파자원 이용기술 개발에 관한 연구를 수행하고 있으나 전파이용 지능화기술에 관한 연구를 하지 못하였다. 외국의 전파이용 지능화 기술 개발현황을 고찰하여, 우리나라 전파이용 지능화 기술개발의 기반을 확립할 필요가 있다.

기지국 안테나 제어기술은 안테나 지향성 및 송신전력을 제어함으로써 기지국 Zone형상을 트래픽 분포에 따라 최적화시키고 불필요한 전파의 복사를 억제하여 주파수 유효이용을 도모하는 기술이다. 위의 제어기술을 적용하고 기지국 Zone형상을 고정적으로 최적화시키는 일은 과거부터 실시하여 왔

으나, 이동국마다 적용함으로써 다시 주파수 이용 효율을 향상시킬 수 있는 기술이 개발되고 있다. 이러한 기술은 이동국마다 적응적으로 기지국 상황을 변화시킴으로써 전파이용 지능화기술과 관련시킬 수 있다.

전파이용 지능화를 위하여 중점적으로 개발하여야 할 기술로서 기지국 안테나 제어기술이 제시되어 있다. 전파이용 지능화를 위한 기지국 안테나 제어기술에 관하여, 통신시스템에 요구되는 조건, 방식 및 효과, 특징 및 특성 등을 고찰한다.

II. 통신시스템에 요구되는 조건

2-1. 기지국 제어기술

전파이용 지능화를 위한 기지국 제어기술의 개요를 <표 1>에서 종래의 기술과 비교하여 나타낸다.

2-2. 도입, 운용상의 조건

이 기술을 도입할 때 시스템 운용자 및 사용자들이 취할 수 있는 조건은 아래와 같다.

1) 트래픽이 집중하는 도시에서의 적용

일반적으로 높은 주파수 이용효율이 얻어지는 지역은 트래픽이 높은 도시로 간주된다. 기지국 안테나 제어기술에 있어서는 통신을 수행하는 상대방 이동국에 대하여 안테나 지향성 및 송신전력을 최

〈표 1〉 전파이용 지능화를 위한 제어기술

요소기술		종래의 기술	전파이용 지능화 기술	
			기술 예	개 요
안테나 지향성 제 어	수평 방향	Sector Cell	Multi Beam Adaptive 기지국 안테나	이동국마다 수평방향 Beam 각을 최적으로 설정
	수직 방향	Beam Tilting	가 변 Beam Tilting	이동국 위치에 따라 Tilting 각을 최적으로 설정
기 지 국 송신전력 제 어		트래픽분포에 따라 기지국 송신전력, 안테나 패턴 등을 고정적으로 제어	ATPC	이동국 수신레벨이 일정하게 유지되도록 송신전력을 제어
			Feed Forward 송신전력제어	CIR, 희망파 레벨이 소요치 보다 큰 경우 송신전력을 제어

적화시킨다. 따라서 이동국 위치 및 방향의 추정을 할 필요가 있지만, 도시에 있어서는 건물 등에 의한 전파의 차폐, 반사가 존재하고 전파전파 경로가 복잡하기 때문에 정확한 이동국 위치 및 방향을 추정하기 어렵다. 이와 같이 복잡한 전파전파 경로의 환경에서도 유효한 제어 알고리즘이 요구된다.

2) 이동국의 경제성 및 편리성

기지국 안테나 제어기술을 적용할 때 통신의 상대가 되는 이동국으로서는 휴대국을 상징할 필요가 있다. 휴대국의 경제성 및 편리성을 고려하면 이동국은 특별한 부가장치를 필요로 하지 않고 무지향성 안테나로서도 적용 가능한 기술이어야 한다. 예컨대, 이동국에 위치 검출 기능을 부가시키는 방법이 고려되지만 현재 기술로서는 부가장치 및 안테나가 대형화 되는 등 문제가 있으므로 휴대국의 경제성 및 편리성을 고려하지 않는 시스템 및 제어 알고리즘이 요구된다.

2-3. 적용 분야

기지국 안테나 제어기술의 개념에 대하여 앞에서 규정하였으나, 그 개념으로부터 이 기술은 기지국을 중심으로 한 쌍방향 이동통신에 적용 가능한 기

술이므로 이동 대 이동의 통신에의 적용은 곤란하다. 또한 기지 대 이동의 통신에 있어서도 1 대 N 통신에서 수신만을 수행하는 이동국이 존재하는 경우, 이 기술의 적용은 곤란하다.

〈표 2〉에 이 기술의 적용분야를 나타낸다.

Ⅲ. 각 방식 및 효과

셀룰러 시스템에의 적용을 목적으로 하여 개발되고 있는 각 방식 및 효과에 대하여 고찰한다.

3-1. Multi Beam Adaptive 기지국 안테나 방식

Zone 내 이동국 마다 안테나의 수평방향 Beam을 최적으로 설정하는 기술이다. 이 방식의 채택을 위한 전제조건은 다음과 같다.

- 안테나 지향성은 부채 모양의 이상적 Beam으로 한다.
- 안테나는 임의의 수의 Beam을 발생시킨다.
- 각각의 Beam의 도달 범위에 있는 이동국만을 수용하는 채널이 확보되어 있다.
- 각각의 이동국은 항상 추미(追尾)된다.

1) 이동국의 위치 검출

〈표 2〉 적용분야

시스템의 형태		통신방식	통화모드	적용	시스템예
업 부 용 무 선	이동대 이동통신	단신	일제통신(1:8)	×	간이무선 등
			Cell Call(1:1)	×	
	기지대 이동통신	단신	일제통신(1:8)	×	간이무선, 택시무선 등
			Cell Call(1:1)	○	
	중계대 이동통신 (대 Zone 방식)	2주파단신	일제통신(1:8)	×	MCA 택시무선 등
			Cell Call(1:1)	○	
		복신	전화(1:1)	○	MCA, CRP
			TDMA-FDD	일제통신(1:8)	
Cell Call(1:1)		○			
전화(1:1)		○			
공 중 통 신	기지대 이동통신 (소 Zone방식)	복신	전화(1:1)	○	셀룰라 시스템
		TDMA-FDD	전화(1:1)	○	디지털 셀룰라
		TDMA-TDD	전화(1:1)	○	PHP
		복신 (디지털)	일제데이터통신(1:N)	×	텔레터미널
			개별데이터통신(1:1)	○	

이동국의 위치검출에 대하여는 위치정보를 다른 시스템(GPS, 사인포스트 등)으로부터 얻는 방법과 안테나의 지향성을 이용하여 자기 기지국에서 얻는 방법이 있다. 안테나의 지향성을 이용하는 방법에서는 빔 간격 15°, 8빔의 바트라 매트릭스를 이용한 멀티 빔 안테나에서 전파시험을 실시한 예가 있으며, 이 데이터로부터 이동국의 위치를 계산에 의하여 추정하고 있다. 이 때 방위각의 검출오차에 대하여 표준편차 2.8°, 최대오차 6.6°의 정확도를 얻은 것으로 보고 있다.

2) 빔의 형성

빔을 형성하는 첫째 목적은 이동국의 추미이다. 또한 Adaptive Antenna를 이용하는 경우, 패턴의 영점을 간섭파 도래각에 형성하는 등의 기능을 갖도록 하는 것도 가능하다.

Array Antenna는 원리적으로 side lobe를 너무

낮게 억압하는 것은 가능하지 않지만, Adaptive한 기능을 부가함으로써, 패턴의 영점에서 간섭파를 억압하고 주파수 이용효율을 향상시킬 수 있다. 특히 긴 파장을 이용하는 시스템에서는 물리적 모양의 제한으로 예민한 빔의 형성이 곤란하게 되어 Adaptive Antenna에 의한 이동국 추미와 간섭파 억압이 유효하게 되는 것으로 볼 수 있다.

3) 효과 및 특징

이 기술을 작은 zone방식에 적용한 경우의 효과는 매우 크다고 볼 수 있다. 작은 Zone방식에 대하여 연구가 수행되었지만, 불필요한 방향에 대한 전파의 복사가 크게 경감되므로 큰 Zone방식에 있어서도 주파수를 반복하여 사용할 수 있는 거리가 단축될 가능성이 있다.

다른 효과로서는, 이동국 위치를 보다 정확히 파악할 수 있으며, 이용자들에게 위치정보를 통지할

수 있는 등 새로운 서비스를 제공할 수 있을 것으로 본다.

앞으로의 과제로서는, 이동국 위치의 추정기술과 Adaptive Antenna의 제어 알고리즘의 확립 등이 다.

이동국 위치의 추정에 대하여는 전파 도래각의 시간변동의 데이터가 불충분하여 앞으로의 기술적 과제로 남아 있다. Adaptive Antenna의 제어 알고리즘에 대하여는 간섭제거를 위한 알고리즘 연구가 활발하지만 이동국 위치의 추정 및 추미의 관점에서 연구성과가 기대된다.

3-2. Beam Tilt 제어방식

1) 개요

안테나의 수직면 내 지향성을 경사지게 하는 Beam tilting은 복사전력을 무선 zone 내에서는 집중시키고, 또한 간섭영역에서는 희망파 대 간섭파 전력비 (CIR)를 개선시킬 수 있다.

즉, 이동국의 위치에 따라서 Beam tilting 각을 자유롭게 변화시킬 수 있는 가변 안테나 Beam Tilting에서 동일채널 간섭 경감효과가 크다.

과거에는 Beam Tilting각은 일반적으로 각 기지국마다 무선 Zone단거리 (R)와 (θ_0)를 고정되게 설정하였다.

$$(예) \theta_0 = \tan^{-1} H_0 / R$$

그러나 Zone 내부에 위치하는 이동국 (기지국으로부터의 거리 r)의 Beam Tilting각 θ_0 에 따라 희망파 레벨 E_0 는 크게 되고, 간섭파 레벨 E_u 는 경감된다.

2) 제어방식

가변 Beam Tilt의 방법으로써

- 최대각 θ_{MAX} , 스텝 폭 θ_{STEP} 에서 불연속적으로 설정하는 간이 설정법

- Beam Tilting 각 θ_m 을 이동국마다 연속적으로 설정하는 방법 등 두가지 방법으로 컴퓨터 시뮬레이션을 실시한 결과가 보고되어 있다.

컴퓨터 시뮬레이션의 조건은 다음과 같다.

- 전파모델 : r의 -3.5승에 따른 거리특성에 표준편차가 6.5dB의 단구간변동을 중첩함
- 간섭모델 : Zone반경 R은 1.5Km, 간섭거리 D는 동일 채널의 4zone반복에 상당하는 5Km(D= R root 3*4)로 함, 안테나높이 H_0 는 50m로 함
- 안테나 지향성 : 기지국 안테나로 소자수 16, 소자간격 1파장의 Linear Antenna로 함. 이동국 N은 무지향성으로 함

3) 효과 및 특징

연속설정법 ($\theta_0 = 20^\circ, \theta_{MAX} = \infty, \theta_{STEP} = 0^\circ$)을 적용한 가변 Beam Tilting의 경우, Beam Tilting ($\theta_0 = 2^\circ$)과 비교하여 누적확률 10% 또한 CIR을 약 5.5 dB 개선시킬 수 있다.

또한 간이설정법 ($\theta_0 = 2^\circ, \theta_{MAX} = 4^\circ, \theta_{STEP} = 1^\circ$)에 있어서도 CIR을 약 3.5dB 개선시킬 수 있다. 가변 Beam Tilting제어법의 예로서, 16개의 복사소자를 4단 마다의 블럭으로 나누어 가변 위상기를 붙이고, 이동국의 위치, 거리신호 등을 가공하여 제어할 수 있을 것으로 고려되나, 안테나의 수직면 지향성의 변화, 수평면 지향성의 최적화 등이 앞으로의 과제로 남아 있다.

3-3. ATPC (Adaptive Transmitter Power Control) 방식

1) 개요

이 방식은 기지국으로부터 온 신호의 수신레벨을 이동국에서 검출하여 기지국에 그 정보를 보내고, 기지국에서는 이것을 수신하여 이동국에서의 수신레벨이 일정하게 되도록 송신전력을 제어하는 Feed

Back형 제어방식이다.

2) 제어방식

이동국은 기지국으로부터의 수신 신호레벨을 어느 시간 동안 평균화하여, 설정 수신레벨과의 차이에 따라 기지국 송신전력 제어량을 어느 스텝 폭으로 양자화하여 기지국에 송신한다.

기지국에서는 최대 송신전력 및 제어전력 범위를 넘지 않는 범위에서 송신전력을 제어한다. 이들의 수신레벨 평균화시간, 제어량 양자화 스텝폭, 최대 송신전력 및 제어전력 범위는 제어오차 요인으로 되기 때문에 성능과 실현성 간의 조화에 의하여 값이 결정된다.

3) 특징 및 효과

설정 수신레벨을 낮게 할수록 제어효과는 크게 되어 동일채널 간섭확률은 약 1/3로 감소된다. 또한 열화율을 1.0%로 한 경우, 간섭잡음 Margin은 2-3dB 감소되는 것으로 보고되어 있다.

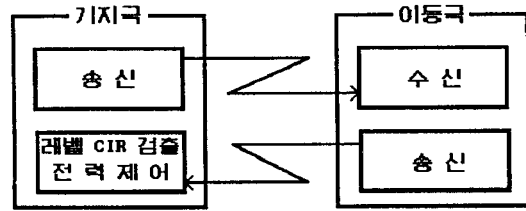
설정 수신레벨이 낮은 경우, 제어에 의하여 기지국 주변에 새로운 간섭을 발생하는 것도 있으며, 이 경우에는 제어전력 범위에 최적치가 존재한다.

기타의 효과로서 필요이상의 전력에서는 송신하지 않기 때문에 소비전력을 절감할 수 있지만 채널간의 수신레벨차가 작아지므로 인접채널 간섭방해의 경감에도 유효하다.

3-4. Feed Forward 제어방식

1) 개요

그림 1은 Feed Forward 제어방식의 계통도를 레벨(희망과 레벨) 혹은 CIR(캐리어 대 간섭비)를 기지국에서 검출하고 송신전력을 제어한다. 오르는 회선(이동국 → 기지국)의 정보에서, 내리는 회선(기지국 → 이동국)을 제어하기 위하여 상하회선의 상관관계가 낮은 경우 확실한 제어가 어렵다. 캐리어 센스를 수행하는 채널을 할당하는 코드레스 전



[그림 1] Feed Forward 제어방식의 계통도

화시스템의 경우에 대하여 그 효과의 검토가 이루어지고 있다.

2) 희망과 레벨방식의 제어방법

희망과 수신레벨이 설정 수신레벨 보다 어느 일정량 이상 큰 경우 송신전력을 어느 일정량 만큼 받는다.

3) 특징 및 효과

제어방법이 간단하며 옥내와 같이 전파손실이 거리의 자승에 비례하는 모델을 가정할 수 있는 환경에서는 CIR방식보다 호(Call)의 수용능력이 높다. 컴퓨터 시뮬레이션에서는 전력제어를 하지 않는 경우에 대하여 1.7~1.9배의 수용능력이 개선된다. 옥외에서는 CIR방식이 우세하기 때문에 용도는 실내의 수십m 이하의 매우 작은 셀에 적합하다.

IV. 각 방식의 특징 및 특성의 비교

각 방식의 특징 및 특성의 비교를 <표 3>에서 나타내고 있다. 각 방식간의 비교평가는 각 문헌에서 검토되고 있는 평가 기준이 같은 레벨이 아니기 때문에 곤란하지만 다음 사항을 유의하면서 평가해야 한다.

4-1. 기술적 난이도

하드웨어 및 제어 알고리즘의 검토상황, 도시내 전파전파 환경에서의 적응성 등에 의하여 앞으로의

〈표 3〉 각 방식의 특징 및 특성의 비교

방식	기술적 난이도	주파수 유효이용상의 효과		기타의 효과, 과제
		大 Zone	小 Zone	
멀티빔 어댑티브 기지국 안테나	難	中	大	· 이동국 위치정보 통지 서비스 가능 · 고정확도 위치 측정 기술 · 추미 알고리즘
Beam Tilt제어	難	小	大	· Beam Tilt 가변 기술 · 수직면 지향성의 침해화
ATCP	可能	中	大	· 이동국 소비전력 삭감 효과 · 기지국 수신에서의 인접채널 간섭 경감효과
Feed Forward 제어	可能	小	大	

검토표제가 많은 것으로 생각되는 것을 난이도가 높다고 하였다.

참고문헌

4-2. 주파수 유효 이용상의 효과

효과가 안정적으로 명확히 있다고 고려되는 것은 효과를 大로 하였다. 시스템의 운용상황에 의존하는 것은 효과가 中으로 하였으며, 방식상 효과가 측정되기 어려운 것은 효과가 小로 하였다.

V. 결 론

전파를 최대한 능률 좋게 이용하는 수단으로 전파이용 지능화 기술개발이 추진되어야 한다. 그 방안의 하나는 기지국 안테나 제어기술이 제시되어, 전파이용 지능화를 위한 기지국 안테나 제어기술에 관하여, 통신시스템에 요구되는 조건, 방식 및 효과, 특징 및 특성 등을 고찰하였다.

멀티빔 어댑티브 안테나 제어기술이 앞으로 유망할 것으로 기대된다. 이동통신분야에서의 송신전력 제어기술은 상당한 수준으로 개발되어 있다.

앞으로 중점적으로 개발하여야 할 기술에 대하여 구체적으로 주파수 유효 이용도, 야외실험, 기술조건 및 개발과제 등은 계속 연구개발하여야 할 것이

- [1] S. C. Swales, "Multi-Beam Adaptive Base-Station Antennas for Cellular Land Mobile Radio Systems" 39th IEEE Veh. Technol. Conf., Sanfransisco, CA, pp. 341-348, Apr. 29-May 3, 1989
- [2] S. C. Swales, "The Performance Enhancement of Multi Beam Adaptive Base-Station Antennas for Cellular Land Mobile Radio Systems" IEEE Trans. Veh. Techn., vol. 39, no. 1, February 1990
- [3] "空間領域における適應信號處理とその應用技術論文集" 電子情報通信學會論文誌 vol. J75-B no. 11 Novemver 1992
- [4] 藤井, 大橋 "移動通信" における基地局アンテナビ-ムマルチ角の最適化 電子情報通信學會 1992年秋季全國大會 2-322
- [5] Nagatsu "Transmitter Power Control for Cellular Land Mobile Radio" IEEE GLOBECOM' 83, 1983, 41. 5. 1~41. 5. 5
- [6] 藤井, 小園 "陸上移動通信における送信電力

저자소개

1961년 한양대학교 전기공학(공학사)
1983년 한양대학교 전자공학과(공학석사)
1989년 한양대학교 전자통신공학과
(공학박사)
1961년 공군통신 장교
1979년 금성전선(주) 기술연구소
책임연구원
1990년 독일 하노바대학교 객원교수
1994년 일본 동북대학 객원교수
현재 군산대학교 정보통신공학과 교수
현재 한국통신학회 전북지부장, 평의원

