

셀룰러 이동통신 시스템의 효율적 주파수 이용과 스펙트럼 효율

임성준* 임명섭** 이상천** 진고환***

목 차

I. 서 론

1. 주파수 재사용
2. 채널의 협대역화
3. 서로 다른 셀룰러 시스템간의 C/I의 평가
4. 이상적인 경우의 FDMA와 TDMA의 스펙트럼 효율분석
5. 코드분할 다원접속 방식의 용량
6. 시간 사용 효율 인자의 개선

II. 본 론

III. 결 론

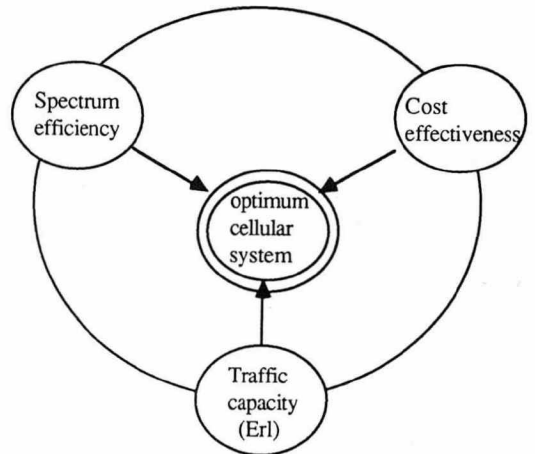
* 이동통신시스템 연구실 실장

** 이동통신시스템 선임연구원

*** 이동통신시스템 연구원

I. 서 론

셀룰러 이동통신 시스템은 한정된 주파수 자원으로 늘어나는 이동통신 수요를 충족시키기 위하여 여러가지 스펙트럼 효율을 높이기 위한 방식이 제시되고 있다. 본 고에서는 스펙트럼 효율을 분석할 수 있는 주파수, 공간 그리고



〈그림 1〉 셀룰러 이동무선통신 시스템의 최적설계를 위한 기본설계

시간 측면에서 무선회선 간격의 협대역화, 주파수 재사용, 다수 접속방식, 그리고 시간 사용 효율 개선방식을 살펴보았다.

셀룰러 이동 무선통신 시스템(Cellular mobile radio communication system)의 최적설계는 위의 <그림 1>과 같이 스펙트럼 효율, 통화량, 경제성을 고려하여 이루어져야 한다.^[1]

이중에서도 이동무선통신 시스템은 주파수자원이 한정되어 있기 때문에 스펙트럼 이용효율을 높이는 것이 시스템 설계시 주요안건이 된다.

일반적으로 아래와 같이 4가지 방법이 스펙트럼 이용효율을 높이기 위해 제안되고 있다.^[2]

- (1) 사용 주파수대역의 확장
- (2) 무선회선 간격의 협대역화
- (3) 주파수 재사용
- (4) 다중채널접속(multichannel access)의 시간 이용 효율 증가

위에서 제시된 방법으로 스펙트럼 이용효율을 높이는 인자(factor)는 주파수, 공간, 그리고 시간인자로 다음과 같이 정의된다.

공간 : $\eta_{space} = \text{number of reuses}/m^2$

주파수 : $\eta_{frequency} = \text{number of channels}/\text{Hz} = 1/f_{sp(\text{channel separation})}$

시간 : $\eta_{time} = \text{fraction of time that a channel is used for traffic}$

이때 총 스펙트럼 이용효율 η_{tot} 은 다음과 같이 정의된다.^[3]

$$\eta_{tot} = \eta_{space} \times \eta_{time} (\text{Erlangs}/\text{MHz}/\text{Km}^2)$$

위식의 단위는 시스템의 회선에서 대응되는 호손율과 점유시간(holding time)에 따라 음성회선수/MHz/km² 단위로 바꾸어 표현할 수 있다.

현재 육상이동통신용 주파수 대역으로는

900MHz 대역이 사용되고 있으나, 늘어나는 가입자수를 수용할 수 있도록 사용주파수 대역을 확장하기 위하여 1.2GHz 대역의 준마이크로 대역의 연구가 이루어지고 있다.

II. 본 론

1. 주파수 재사용

주파수 재사용시 적용되는 공간 효율인자는 다음과 같이 유도된다.^[2]

주파수 재사용군의 Zone의 수 N은 다음과 같이 표현된다.

$$N = \{1 + (M\Delta)^{\frac{1}{a}}\}^2 / 3 \dots\dots\dots(1-1)$$

a : 전파상수(propagation constant), 보통 3 ~ 4

Δ : 평균 반송파대 간섭과 전력비(Carrier-to-Interference Ratio : CIR)

M : the necessary margin against shadow fading that is needed to assure that the CIR at the Zone periphery remains within a certain local deterioration rate.

(무선 서비스 영역에서 CIR값이 특정값 이상을 유지하기 위해 요구되는 이득)

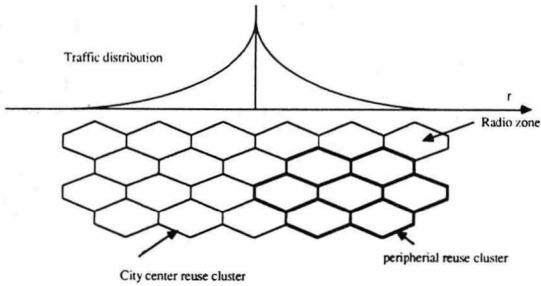
MΔ : 무선 서비스 영역에서 평균 CIR

육상이동 통신의 통화량의 지형적 분포에 따른 pdf(probability density function)는 전체 서비스 지역의 총통화량을 1로 했을 때 다음과 같이 표현된다.

$$P(r) = 1/2\pi \cdot (\ln 10/k)^2 \cdot 10^{-r/k} \dots\dots\dots(1-2)$$

r : 도시 중심으로부터의 거리

k : 특정 서비스지역의 반경



〈그림 2〉 통화량분포 및 주파수 재사용군 (7cells/cluster)

이 때 η_s 는 도심의 주파수 재사용군내의 통화량에 반비례한다. zone의 반경을 R이라하면 Nzone의 면적은 $3\sqrt{3} \cdot 2 \cdot NR^2$ 이 되고 이 때 등가반경 R_0 는 다음과 같다.

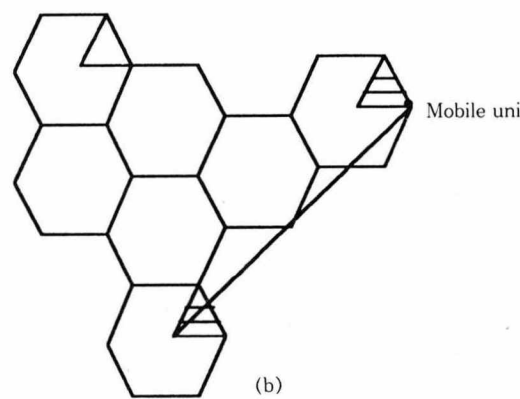
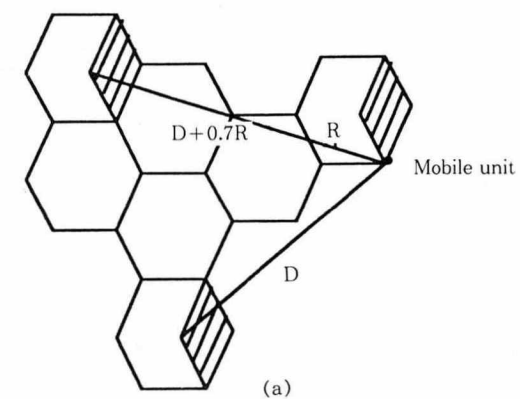
$$R_0 = \sqrt{3 \sqrt{3} / (2\pi)} \cdot \sqrt{NR} \dots\dots\dots(1-3)$$

반경 R_0 까지 $p(r)$ 을 적분하면 $\eta_s = \{1 - (\ln 10/k \cdot R_0 + 1) \cdot 10^{R_0/k}\}^{-1} \dots\dots\dots(1-4)$

따라서 (1), (2)에서 알 수 있듯이 η_s 를 증가시키기 위해서는 R 또는 요구되는 M△값을 감소시켜야 한다.

이와 같이 평균 CIR값의 감소를 위해서는 기존 애널로그 셀룰러 시스템에서는 수신 신호의 상관도에 역비례하게끔 설계된 안테나의 다이버시티를 이용하고 있으며, 디지털 셀룰러 시스템에서는 채널코딩, 등화기 방법, 주파수 도약 기법을 채택하고 있다. 또한 서비스 지형의 특성에 따라 간섭비를 줄일 수 있는 방법은 지향성 안테나를 사용하는 것이다.

지향성 안테나를 사용시 동일 채널을 사용하는 cell간의 간섭이 가장 심하게 일어나는 경우를 〈그림 3〉과 같이 $k=7, k=4$ 의 경우에 각각 3 sector 및 6sector로 나누어 (C/I)를 계산해 보면 다음과 같다.



〈그림 3〉 지향성 안테나를 사용한 시스템의 C/I비 결정 (a) K=7, 120° 지향성 안테나 (b) K=7, 60° 지향성 안테나

우선 이동통신에서 무선 전파 특성은 보통 40dB/dec이므로 $C \propto R^{-4}$ 이고 $I \propto D^{-4}$ 으로 표현할 수 있다.

첫째, $k=7$ 에서 (a) 3 sector의 경우

$$\frac{C}{I} \text{ (worst case)} = \frac{R^{-4}}{(D+0.7R)^{-4} + D^{-4}} = \frac{1}{(q+0.7)^{-4} + q^{-4}}$$

$k=7$ 에서 $q=4.6$ 이므로

$$\frac{C}{I} \text{ (worst case)} = 285 (=) 24.5\text{dB}$$

(b) 6 sector의 경우는

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{(D+0.7R)^{-4}} = (q+0.7)^4 I_{q=4.6} = 794 (=) 29\text{dB}$$

둘째, k=4에서 (a) 3 sector의 경우
q=3.46이므로

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{(q+0.7)^{-4} + q^{-4}} = 97(=)20\text{dB}$$

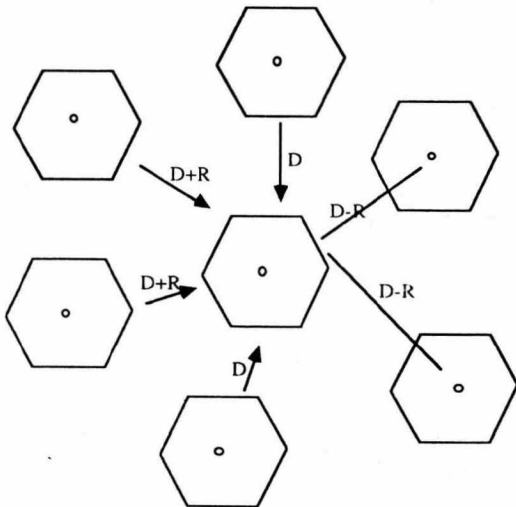
(b) 6 sector의 경우

$$\frac{C}{I} = \frac{1}{(q+1)^{-4}} = 359.5(=)27\text{dB}$$

그런데 전방향 안테나를 쓸 경우는 아래 (그림 4)와 같이 $\frac{C}{I}$ 가 계산된다.

$$\frac{C}{I} = \frac{R^{-4}}{2(D-R)^{-4} + 2D^{-4} + 2(D+R)^{-4}} \cdot \frac{1}{2(q-1)^{-4} + 2q^{-4} + 2(q+1)^{-4}}$$

여기서 q=4.6일 때 $\frac{C}{I}$ 는 17dB이므로 k=7에서 3 sector의 경우 6dB가 높아짐을 알 수 있다.



<그림 4> 동일 채널 간섭의 가장 열악한 경우

2. 채널의 협대역화

주파수 효율인자를 높이기 위해서 일반적으로 채널간격을 줄이는 것이다. 그러나 주파수

편이를 줄이게 되면 간섭신호에 대한 비가 줄어들어 공간효율 인자가 줄어든다.

채널간격을 좁히기 위해 애널로그 FM변조의 경우 Masararu Hata가 계산한 최대주파수 편이대 주파수 이용효율 대비표에 의하면 최적 주파수 편이는 2KHz 근방이 된다.

따라서 800MHz대에서 25KHz 채널간격은 12.5KHz로 될 수 있고 SIR이 14dB일 때 식 1,2,3,4,5를 이용한 25KHz. 12.5KHz

$$\eta_{fo} \cdot \eta_{fs} = 1.30 \times 10^{-4} (\text{channels/Hz/area})$$

$$\eta_{fi} \cdot \eta_{fs1} = 2.09 \times 10^{-4} (\text{channel/Hz/area})$$

으로 약 1.61배 증가함을 알 수 있다.

그러나, 처음에 언급했듯이 애널로그 셀룰러 시스템의 경우 주파수 편이를 줄여 주파수 효율인자는 증가하나 공간효율 인자가 감소한다. 이에 대해서는 William C. Y. Lee가 셀룰러시스템에서 무선용량(radio capacity)을 다음과 같이 정의하고 30KHz FM channel과 3KHz SSB channel 및 15KHz radio channel을 비교하여 별차이가 없음을 입증했다.

셀룰러시스템에서 주파수 재사용 계획시 동일 채널 간섭을 피하기 위한 D/R은 다음과 같이 동일채널간섭 감소인자 q_s 로 표현할 수 있고

$$q_s = (D/R)_s$$

요구되는 반송파대 간섭비(C/I)_s에서 유도된다. n개의 동일회선 간섭이 이루어지는 cell 배치구조에서 반송파대 간섭비는 다음과 같이 쓸 수 있다.

$$C/I = \frac{C}{\sum_{k=1}^n I_k + n} \dots\dots\dots(2-1)$$

C : 해당 cell에서 수신된 반송파의 전력

n : 잡음

I_k : n개 동일채널을 갖는 cell중 k번째 cell로

부터의 간섭파의 전력 간섭현상은 (그림 3)과 같이 두가지 경우가 있다.

$$C = LR^{-r} \dots\dots\dots(2-2)$$

$$I_k = LD_k^{-r} \dots\dots\dots(2-3)$$

D_k : K번째 cell의 송신기에서 인접 동일 채널을 갖는 cell의 수신기까지의 거리

r : 경로 손실 기울기

잡음 n 을 무시하고 식(2-2)와 식(2-3)을 식(2-1)에 대입하면

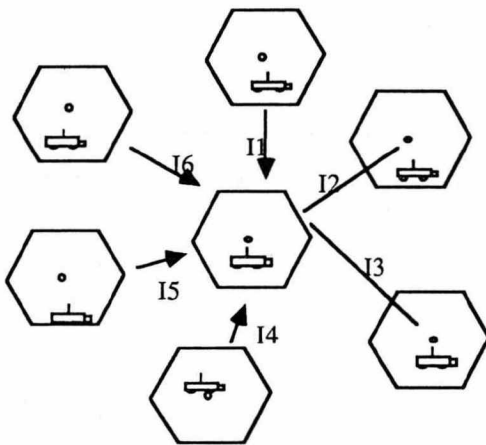
$$C/I = \frac{R^{-r}}{\sum_{k=1}^n D_k^{-r}} \dots\dots\dots(2-4)$$

모든 D_k 가 D 와 큰 차이가 없기 때문에 $D_k=D$ 이므로 식(2-4)를 간략히 하면

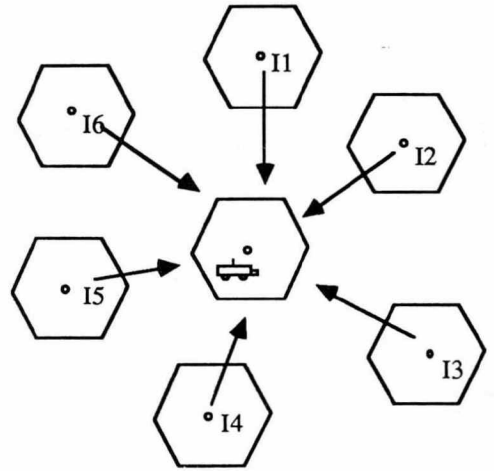
$$C/I = \frac{R^{-r}}{6D^{-r}} \dots\dots\dots(2-5)$$

이 때 모든 C/I 값은 $(C/I)_s$ 보다 커야하기 때문에

$$\frac{1}{6} \left(\frac{R}{D}\right)^{-r} > \left(\frac{C}{I}\right)_s, \text{ 또는 } \left(\frac{R}{D}\right)^{-r} = 6 \left(\frac{C}{I}\right)_s,$$



(a) 기지국 측에서의 간섭현상



(b) 이동국 측에서의 간섭현상

(그림 5) 간섭현상

따라서 동일 채널 간섭감소 인자 q_s 는 다음과 같이 표시된다.

$$q_s = \left(\frac{D}{R}\right)_s = \left[6 \left(\frac{C}{I}\right)_s\right]^{1/8} \dots\dots\dots(2-6)$$

k : 주파수 재사용 형식에서 cell의 수로 hexagon-cell 구성에서 q_s 와 k 의 관계는

$$q_s = \Delta \sqrt{3k}$$

그리고 무선용량은 다음과 같이 정의된다.

$$m = \frac{B_t}{B_c \cdot K} \text{ 회선수/cell}$$

B_t : 시스템에 할당된 전체 주파수 대역폭
 B_c : 한 회선의 주파수 대역폭

$$m = \frac{B_t}{B_c \cdot \frac{q_s^2}{3}} = \frac{B_t}{B_c \left(\frac{6}{3^{r/2}}\right) \cdot \left(\frac{C}{I}\right)_s^{2/r}} \dots\dots\dots(2-7)$$

$r=4$ 로 하면

$$m = \frac{B_t}{B_c \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{C}{I}\right)_s}} \text{회선수/cell} \dots (2-8)$$

식 (2-8)과 같이 무선용량의 일반식이 주어진다.

식 (2-8)과 같이 정의한 무선용량 m은 다시 다음과 같은 여러조건에서 각기 다르게 표현된다.

첫째, 호손율 P_B가 주어지면, Erlang B 모델에서 P_B와 m을 대입하여 m₁이 주어진다.

$$m_1 = f(m, P_B) \text{ [Erlang/cell]}$$

둘째, 위첫째 경우에 cell의 면적이 주어지면 m₂가 다음과 같이 정의된다.

$$m_2 = f(m, A_1) = f(m, P_B, A_1) \text{ (Erlang/Km}^2\text{)}$$

셋째, 각호당 평균 점유시간(holding time) T가 주어지면 m₃가 다음과 같이 정의된다.

$$m_3 = f(m_2, T) = f(m, P_B, A_1, T), \text{ (number of calls/h/km}^2\text{)}$$

넷째, 최번시 가입자당 평균 발호가 k이면 이때 무선용량 m₄은 다음과 같이

$$m_4 = f(m_3, k) = f(m, P_B, A_1, T, K), \text{ (number of users/h/km}^2\text{)}$$

다섯째, 한 시스템의 총 서비스 면적이 A_t라면 이때 무선용량 m₅는 다음과 같다.

$$m_5 = f(m_4, A_t) = f(m, P_B, A_1, T, K, A_t), \text{ (number of users in a system)}$$

따라서 한 cell당 채널수 m=45channels/cell일 때 P_B=0.02, A₁=12.5mi², T=100s, k=0.8calls/user in a busy hour A_t=7000mi²이고 B Erlang

model을 적용하고 omniscell과 direction(120°) cell의 경우 각각 다음과 같이 m₁-m₅의 값이 주어진다.

cell의 종류	m	m ₁	m ₂	m ₃	m ₄	m ₅
omniscell	45	35.6	2.86	103	128.75	901250
directional cell	45	27	2.16	77.8	97.25	680750

30KHz FM channel과 3KHz channel 그리고 15KHz FM channel을 스펙트럼 효율면에서 비교하면 다음과 같다.

30KHz FM 수신기의 경우(C/I)_s는 18dB가 요구되고, 3KHz SSB의 경우 (C/I)_s는 38dB, 15KHz FM 수신기의 경우 24dB가 요구된다. 따라서 이에 스펙트럼 효율은 (식 2-8)에 의거 각각

$$m_{30\text{KHz, FM}} = 64.3 \text{ channels/cell,}$$

$$m_{3\text{KHz, SSB}} = 64.25 \text{ channels/cell,}$$

$$m_{15\text{KHz, FM}} = 64.3 \text{ channels/cell이다.}$$

따라서, 애널로그 방식 셀룰러 시스템에서 협대역화가 channel 효율은 증가되나 스펙트럼 효율을 향상시키지 못함을 알 수 있다. 그러나, 디지털 방식의 셀룰러 시스템은 30KHz 대역에서(C/I)_s가 10~20dB이고, 10KHz 대역에서는 16~17dB이다. 따라서 위 두가지 경우의 스펙트럼 효율은 다음표와 같다.

채널대역폭 (KHz)	(C/I) _s (dB)	K	D/R	m
30	10	2.58	2.78	161.5
30	12	3.27	3.13	127.42
10	16	5.16	3.93	242.25
	18	6.48	4.41	192.9

결국 스펙트럼 효율향상은 주어진 채널 대역폭을 유지하면서 (C/I)_s값을 줄이거나 주어진 (C/I)_s값을 유지하면서 채널대역폭을 협대역화

하는 것이다.

3. 서로다른 셀룰러 시스템간의 C/I의 평가

방식마다 음성코딩, 채널코딩, 그리고 다른회선 대역폭을 갖는 변조기를 갖기 때문에 (C/I)_s는 표준 음질평가의 주관적 시험에 의해 결정된다.

즉, 첫째 (C/I)_s를 결정한 후 공정한 평가방법이 이루어져야 한다.

$$(C/I)' = (C/I) \left(\frac{B_c}{B_c'} \right)^2 \dots\dots\dots(3-1)$$

윗식에서 음성품질을 유지하면서 채널대역을 반으로 줄이면 (C/I)_s는 4배 증가함을 알 수 있다.

다음과 같이 정규화한 후 재평가를 한다.

입력 : A 시스템	B _e =18KHz	(C/I) _s =17dB
B 시스템	B _e =25KHz	(C/I) _s =13dB
C 시스템	B _e =15KHz	(C/I) _s =20dB

이때 모든 B_e를 15KHz로 정규화하면 식 (3-1)에 의해 다음과 같이 재평가 된다.

출력 :

A 시스템	B _e =15KHz	(C/I) _s =1.58+17=18.58dB
B 시스템	B _e =15KHz	(C/I) _s =4.4+13=17.3dB
C 시스템	B _e =15KHz	(C/I) _s =20dB

4. 이상적인 경우의 FDMA와 TDMA의 스펙트럼 효율분석

FDMA가 전체할당된 대역폭이 B이고, M개의 channel을 수용한다면 이때 무선용량은 다음과 같이 표현된다.

$$m = \frac{B_t}{B_t \sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{C}{I} \right)_s}} = \frac{M}{\sqrt{\frac{2}{3} \left(\frac{C}{I} \right)_s}} \dots\dots\dots(4-1)$$

그리고 반송파 및 간섭신호의 전력은 다음과 같다.

$$C = E_b \cdot R_b$$

$$I = I_o \cdot B_c$$

TDMA의 경우 반송파 및 간섭신호를 각각 C', I'라 하면

$$C' = E_b \cdot R_b'$$

$$I' = I_o \cdot B_c'$$

여기서 E_b·I_o는 TDMA와 FDMA의 경우 모두 같다. 실제, 다음의 규격을 갖는 FDMA와 TDMA를 비교해 보면

- (1) FDMA (M=3channels, B_c=10KHz, R_b=10kbps)
- (2) TDMA (S=3 time slot, B'_c=30KHz, R_b=30kbps)

TDMA의 경우 수신 반송파대 간섭파의 비 C_p/I_p는 1초에서 오직 333ms동안만 측정된다. 이것은 10KHz-FDMA의 C/I와 대응되므로

$$C_p = \frac{10kb \cdot E_b}{\frac{1}{3}} = 3(10kbps)E_b = 3R_bE_b = 3C$$

$$I_p = I_o \frac{10KHz}{\frac{1}{3}} = I_o \cdot B_c' = I' = 3I$$

따라서 333ms 동안의 (C/I)_p는 10KHz-FDMA의 (C/I)와 같다. 즉,

$$\frac{C_p}{I_p} = \frac{C'}{I'} = \frac{C}{I} \dots\dots\dots(4-2)$$

그러므로 식 (4-2)를 식 (4-1)에 대입해보면 FDMA와 TDMA는 같은 스펙트럼 효율이 있음을 알 수 있다.

그러나, TDMA 신호의 전력은 FDMA 신호

보다 3배(또는 5dB)높아야 한다. TDMA 신호가 k time slot을 갖고, 대역폭이 k Bc이면 (여기서 Bc는 FDMA의 1채널 대역폭)요구되는 TDMA의 전력은

$$C_p = C'' = 10\log k + C \text{ (in dB)} \quad \dots\dots\dots(4-3)$$

로써 FDMA 신호보다 10logk만큼 높아야 함을 뜻한다.

5. 코드분할 다원접속 방식의 용량

CDMA용량은 다음의 4가지 용량증가 요인에 의해 기존방식보다 약 20배의 스펙트럼 사용효율을 높일 수 있다.

가. 낮은 비트에너지대 잡음비

코드분할 다원접속은 Direct Sequence방식을 사용하는 대역확산 통신이다. 대역확산 통신에서 간섭신호대 원하는 신호의 전력비는 다음과 같이 정의된다.

$$\frac{J}{S} = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b}$$

- J : 간섭신호의 전력
- S : 원하는 신호의 전력
- W : 신호 전송 대역폭
- N₀ : 잡음 전력 밀도
- R : 신호 전송속도
- E_b : 비트 에너지

N명의 가입자가 동일한 반송 주파수를 공유하며 통신하는 코드 분할 다원접속에서는 N-1개의 가입자가 간섭잡음으로 작용하므로 간섭신호대 원하는 신호의 전력비는 다음과 같다.

$$\frac{J}{S} = \frac{\sum_{k=1}^{N-1} N_k}{S} = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b}$$

이때 N명의 가입자가 동일한 신호전력을 갖도

록 power제어가 이루어진다면, 즉 N=N₂=.....=N_{N-1}=S이므로 다음과 같은 결과를 얻을 수 있다.

$$\frac{J}{S} = \frac{(N-1)S}{S} = N-1 = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b}$$

즉, 수용가능한 가입자수 N₁은 $\frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b}$ 로 주어진다.

나. 음성신호의 묵음순간 활용

음성 부호화율은 낮은 전송속도로 가변하여 전송함으로써 다른 가입자를 전송시킬 수 있고 또한 음성신호의 묵음 순간에는 다른 가입자에게 간섭 영향을 덜 주게 되어 E_b/N₀값이 작아도 되므로 음성의 묵음 부분이 차지하는 비율 d(대화가 지속되는 시간의 통계적 비율) 증가된 용량이 다음과 같이 얻어진다.

$$N_2 = \frac{W N_0}{R E_b} \cdot \frac{1}{d}$$

다. 섹터화에 의한 용량이득

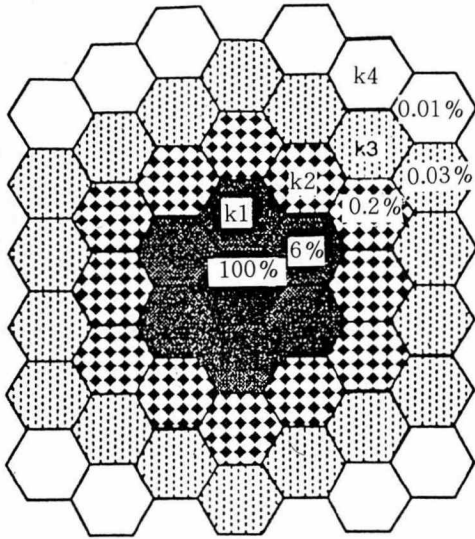
120도의 지향성 기지국 안테나를 사용하면 전 방향에서 수신되는 간섭신호의 양의 1/3만 수신하므로 E_b/N₀값이 1/3만큼 줄어들기 때문에 시스템 용량은 3배로 늘어난다. 섹터 이득을 G라 하면 전체용량은 다음과 같다.

$$N_3 = \frac{W N_0}{R E_b} \cdot G$$

라. 주파수 재사용 효율

여러개의 cell에서 동일한 반송 주파수를 쓸 경우 cell site의 한 가입자가 수신하는 전체 간섭신호는 아래 그림에서와 같이 동일 cell에서의 간섭정도를 100%로 했을 때 거리에 따라 수신신호 레벨이 감소하므로 인접 cell의 간섭

은 아래 그림과 같이 주어진다.



〈그림 6〉 인접한 cell로부터의 간섭비율

이때의 간섭 신호대 원하는 신호비는 다음과 같이 주어진다.

$$\begin{aligned} \frac{J}{S} &= N - 1 + 6Nk_1 + 12Nk_2 + 18Nk_3 + \dots \\ &= \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b} \\ &= N[1 + 6k_1 + 12K_2 + 18K_3 + \dots] \end{aligned}$$

따라서 주파수를 재사용 효율인자 F를 다음과 같이 정의한다면,

$$F = \frac{1}{1 + 6K_1 + 12K_2 + 18K_3 + \dots}$$

이때 용량 N₄는 다음과 같다.

$$N_4 = \frac{W \cdot N_0}{R \cdot E_b} F$$

따라서 (5-1, 2, 3, 4)에서의 모든 효과를 고려한 전체 용량은 다음과 같이 정의된다.

$$N_{total} = \frac{W}{R} \frac{1}{E_b} \cdot \frac{1}{d} \cdot F \cdot G$$

그리고 각 시스템의 대역폭은 1.25MHz로 가정하고, 코드분할 다원접속의 경우 정보 전송율을 9.6kbps, E_b/N₀를 6dB로 했을 때 다원접속 방식별 시스템의 상대적 용량비교는 아래 표와 같다.

〈표 1〉 다원접속 방식별 시스템의 상대적 용량 비교

시스템	파라미터	AMPS	GSM	TIA	Qualcomm
다원접속 방식	에널로그FM	TDMA (8Time Slot)	TDMA (8Time Slot)	CDMA	
채널 할당	당	30KHz	200KHz	30KHz	1.25MHz
셀당 선택기 수		3	3	3	3
주파수재사용효율		1/7	1/3	1/4	0.6
음성류티요인			0.35	0.35	0.5
전체 채널 수		42	50	31	40
User / cell		6	17	31	118
상대적 용량 (에널로그FM 기준)		1	2.8	5.1	20
상대적 용량 (TDMA 기준)				1	3.8

6. 시간 사용 효율 인자의 개선

가. off-air call set up

이 방식은 무선채널의 시간 사용 효율을 극대화 하는 것으로 가입자가 다이알을 다 마칠 때까지 무선단말기에 다이알 신호가 저장되어 있다가, 다이알 신호가 모두 입력되는 순간 빠른 속도로 전송시킴으로써 가입자가 다이알을 돌리는 시간만큼 무선회선을 할당하는 시간을 절약하므로 무선회선의 시간 사용 효율을 높이는 것이다. 보통 다이알을 돌리는 시간이 8초이고, 통화시간이 100초이고 보면, 이방법으로 1.08배의 효율을 증가시킬 수 있다.

나. 동적 채널 할당

모든 무선 서비스 구역의 시간의 변화에 따

큰 트래픽 분포가 같지 않으므로, 주파수를 공유하여 각 cell에서 트래픽이 많아질 때 시스템 내의 사용가능한 채널중 어떤 채널이라도 dynamic하게 사용할 수 있는 방식이다.

즉 call이 요구되었을 때 교환기에서는 각 cell의 채널사용 상태를 파악하여 call이 요구된 cell과 동일채널을 사용하였을 경우 상호 간섭을 주는 cell-동일채널 재사용 허용 최소 거리 내에 있는 cell들이 사용하지 않는 채널을 할당해주는 방식이다.

Ⅲ. 결 론

본 고에서 살펴본 스펙트럼 효율증대방안은 주파수 측면에서 정보원의 압축 및 음성의 품질을 유지하며 변조할 때 주파수 점유대역폭을 줄일 수 있는 근본적인 전송기술방안이 연구되어야 한다. 또한 다원접속방식은 전송방식을 디지털방식으로 적용시 FDMA나 TDMA에 있어서 큰 차이점이 없으나, 코드분할 다원접속방식은 power제어가 효율적으로 이루어진다면 가장 뛰어난 스펙트럼 효율증대방식으로 차세대 이동통신방식에 가장 이용가치가 높다고 할 수 있다. 그리고 지향성 안테나의 사용 및 시간 사용효율인자의 개선방법은 서비스 제공회사의 운용방식에 따라 크게 증대될 수 있는 방안이 될 수 있겠다.

참 고 문 헌

1. Karl Kammerlander, "Factors influencing the design of economical cellular radio networks", *SIEMENS Telecom Report Special "Mobile Communication"* pp. 9~16 vol.9. 1986.
2. Masayuki Sakamoto and Masaharu Hata, "Efficient Frequency Utilization Technique for high-capacity land mobile communications system", *Review of E.C.L.* pp. 89~94, vol 35, No. 2, 1987.
3. S. Heeralall and C. J. Hughes, "High capacity cellular patterns for land mobile radio systems using directional antennas", *IEE Proceedings*, pp.75~80, vol. 136, Pt I, No. 1, Feb., 1989.
4. M. S. Appleby and J. Garrett, "The cellnet cellular radio network", *British Telecommunications Engineering*, pp. 62~69, vol. 4, July. 1985.
5. M. Sakamoto and M. Hata, "Effects of channel of channel narrowing in small zone FM mobile communication systems," *Proc. VTC '86.* pp. 273~278, 1986.
6. Hammuda H. and Bbteman A., "Spectral efficiency of cellular land mobile radio systems", *Proc. VTC'88.* pp. 616~622, 1988.
7. D.Everitt and D.Manfield, "Performance analysis of cellular mobile communication systems with dynamic channel assignment", *IEEE selected areas in Comm*, pp. 1172~1180 vol. 7. No. 8, Oct. 1989.
8. "An overview of the application code division multiple access to digital cellular systems and personal communication networks", *Digital Cellular 강연회 Proceeding 1990*, 11, 29 한국통신학회 주최, pp. 195~235
9. 한국전산 통신연구소 90년 연말보고서 "디지털 이동통신 시스템 개발," OAR1130-164230F pp. 203~205