

# HAPS를 이용한 차세대 이동 통신용 계층적 셀 구조 연구

정희원 강영홍\*

## A Study on the Hierarchical Cell Structure for Next Generation Mobile Communication Using HAPS

Young-Heung Kang\* *Regular Members*

### 요 약

본 연구에서는 HAPS 서비스 커버리지 내의 셀 구조로서 광역 서비스가 가능하고 동일 채널 간섭을 억제하면서 주파수 이용 효율을 높이기 위해 지상 이동 통신 시스템과 유사한 셀룰러를 가정하여 매크로 셀과 마이크로 셀이 혼재하는 계층적 셀 구조의 성능을 분석하였다. 이를 위해 기존 지상 이동 통신 시스템에서 사용되고 있는 인접 셀 간섭 계수를 도입하여 매크로 셀에 미치는 마이크로 셀의 간섭영향을 분석하였다.

그 결과 HAPS는 지상 이동 통신 시스템과는 다르게 셀 간의 간섭 영향은 셀 간의 거리에는 크게 영향이 없고 마이크로 셀의 유저의 수 및 전력제어 계수 등에 의해 지배적으로 영향을 받으므로 이 계수를 적절히 조절한다면 매크로 셀 간에 마이크로 셀 삽입에 의한 계층적 구조를 실현할 수가 있다.

Key Words : HAPS, Hierarchical cell structure, Next generation mobile communication, Interference factor, Macro-cells, Micro-cells

### ABSTRACT

In this paper, the performance of HCS (hierarchical cell structure), which consists of macro-cell and micro-cell, has been analyzed by assuming that the cells in HAPS (high altitude platform station) are tessellated to provide wide coverage, control the co-channel interference and give the higher spectrum efficiency. Since the outside-cell interference factor is well known to analyze the effects of interference between cells, the effects of interference from the micro-cells into the macro-cells has been estimated using the factor as a performance estimation of HCS in HAPS.

HCS served by HAPS can be realized by permitting the suitable power control and the proper number of users in micro-cell because the interference from the micro-cell into the macro-cell is not a function of the distance between cells but a function of the power control and the number of users.

### I. 서 론

HAPS(high altitude platform stations)는 지상 17- 22km 성층권 상공에 준정지(quasi-stationary) 비행선을 위치시켜 광대역 이동 및 고정 서비스를

제공하기 위한 차세대 통신 시스템으로서 그 한 예로서 HeliNet Network를 그림 1에 보인다<sup>[1]</sup>. HAPS 플랫폼(platform)은 지상 게이트웨이(gateway)를 통해 지상망에 접속되는 반면, 백홀(backhaul) 링크는 LEO/MEO/GEO 위성 시스템에 의해 제공될 수 있

\* 군산대학교 전자정보공학부 위성통신 연구실(yhkang@kunsan.ac.kr)

논문번호 : KIC2005-03-101, 접수일자 : 2005년 3월 9일

※ 본 연구는 2003년도 군산대학교 교수장기해외연수경비의 지원에 의해 연구되었음

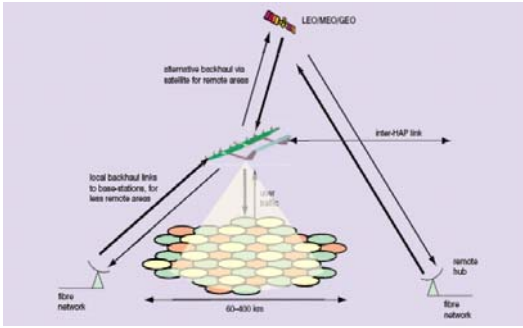


그림 1. HeliNet Network의 아키텍처 시나리오  
 Fig. 1. Scenario of HeliNet Network Architecture

다. ITU에서는 하나의 HAPS가 반경 150km 이상의 커버리지를 서비스하도록 제안하고 있으며, 다수의 HAPS에 의해 한 국가를 커버할 수 있다. 즉 16개의 HAPS로 일본을 커버하고, 18개의 HAPS로 그리스를 커버하는 형태로 연구가 진행되고 있다[2]-[4].

하나의 HAPS 시스템이 광역의 서비스 커버리지를 갖기 위해서는 그 셀 모양은 동일채널 간섭을 억제하면서 주파수 이용효율을 높이기 위해 지상 이동통신 시스템과 마찬가지로 바둑판 모양의 주파수 재사용 셀 구조를 가지게 될 것이다. 전통적으로 지상 이동통신 시스템에서는 인접 셀과 다른 채널을 할당하기 위해 셀 간에 주파수 분할, 시간 분할, 코드 분할 등이 이용되고 있다.

HAPS 시스템은 지상 이동통신 시스템과 유사성과 차이점을 동시에 갖고 있다. 지상 이동통신 시스템과 마찬가지로 재사용(fixed reuse 또는 dynamic reuse) 구조를 이용할 수 있지만, 중요한 차이점은 간섭의 영향이 셀 간의 거리에 크게 의존하지 않는다는 점이다. 즉, HAPS 시스템에서의 간섭은 동일 채널 셀들을 서비스하는 안테나의 의해 발생하며, 중첩되는 메인 로브(main lobe) 또는 사이드 로브(side lobe)에 의해 크게 영향을 받는다[5].

한편 차세대 무선 이동통신 시스템(WMTS : wireless mobile telecommunication systems)은 서비스 커버리지의 확대, 통신용량(capacity)의 증대, 계층간의 로드(load) 균형 및 유저의 다른 이동특성(slow 및 fast)에 따른 서비스 제공을 위해 계층적 셀 구조(HCS: hierarchical cell structure)를 요구하고 있다. 또한, 계층적 구조의 셀 구조를 이용한다면 유저 밀집 지역에서의 충분한 통신용량을 제공하기 위한 마이크로 셀에서는 고속 이동 유저의 핸드오프 수를 줄일 수가 있으며, 대단위 서비스 커버

리지를 제공하는 매크로 셀에서는 효율적 스펙트럼 관리를 제공할 수 있다. 이러한 계층적 셀 구조에 관한 연구는 지상 이동통신 응용에는 활발히 진행되고 있지만[6],[7], HAPS를 이용한 이동통신 시스템에서는 전혀 이루어지지 않고 있다.

이에 본 연구에서는 계층적 셀 구조를 HAPS 시스템에 도입하여 보다 서비스 커버리지의 확대, 통신용량의 증대, 유저의 이동 특성에 따른 서비스 제공을 도모하기 위한 연구로서, 지상 이동통신 시스템에서 평가되고 있는 인접 셀 간섭 계수(outside-cell interference factor)에 대한 시뮬레이션을 수행하여 매크로 셀에 미치는 마이크로 셀의 간섭 영향을 평가한 후 이에 따른 통신용량을 분석하므로써 HAPS 시스템의 이상적인 계층적 셀 구조를 마련하여 향후 HAPS를 이용한 이동통신 시스템 설계에 기초자료로서 활용하고자 한다.

## II. HAPS 시스템의 인접 셀 간섭 계수

### 2.1 인접 셀 간섭 계수 정의

지상 셀룰러 시스템에 있어서 역방향(reverse) 채널과 순방향(forward) 채널에 대한 평균 인접 셀 간섭 계수에 대한 평가연구가 많이 이루어져 왔으며, 이 계수는 계층적 셀 구조에 대한 매크로 셀과 마이크로 셀 간의 간섭을 평가하는데 이용되고 있다. 한편, 간섭 계수는 역방향 채널상에는 전력제어(power control)가 순방향 채널상에는 전력할당(power allocation)이 이루어진다고 가정한다면, 시스템의 통신용량은 다음과 같다[8],[9].

$$M \approx \frac{W/R}{E_b/I_0} \frac{1}{1+f} \tag{1}$$

여기서  $M$ 은 운용중인 유저의 수,  $W/R$ 은 확산 대역폭 대 데이터 레이트의 비,  $E_b/I_0$ 는 기준 비트 에러율(BER: bit error ratio)을 얻기 위한 비트 에너지 대 잡음전력밀도의 비,  $f$ 는 인접 셀 간섭 계수이다.

### 2.2 통신 용량 M 및 간섭 계수 $f_n$ 의 유도

HAPS 시스템은 LOS(line-of-sight) 링크를 이용하여 지상 셀룰러 시스템보다는 단순한 구조로 보다 광역의 보다 다수의 유저를 서비스할 수 있다. 이를 위해서는 HAPS 시스템도 셀룰러 구조가 적용되어야 하며, 각 셀은 일련의 스폿 빔(spot beam)

안테나에 의해 서비스 되어야 한다. 또한 셀 간에 동일 채널 간섭을 줄이기 위해 주파수, 시간 및 코드 분할 등을 통한 인접 셀과는 다른 채널을 할당하는 것이 바람직하다<sup>[4]</sup>. 여기서는 그림 2에 보인 셀 간에 3 주파수 재사용을 고려한 셀 구조를 분석한다.

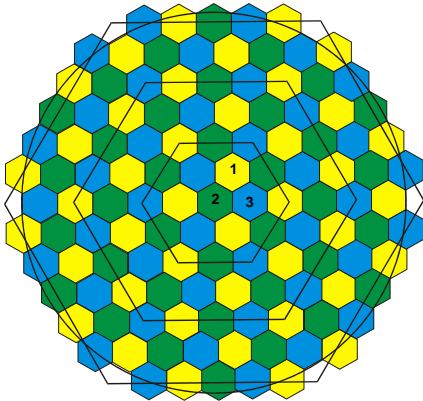


그림 2. 3 주파수 재사용을 고려한 HAPS 셀 구조의 한 예  
Fig. 2. Example of HAPS cell structure in case of 3 reuse channels

HAPS의 셀 내의 유저간에는 CDMA 방식이 이용하여 주파수 공유를 통한 스펙트럼 효율성 추구가 필연적이므로 만일 CDMA 기술이 HAPS에도 적용된다면 식 (1)로 주어지는 통신용량을 평가하는 것이 매우 중요하다.

한편, HAPS 시스템의 통신용량  $M$ 은 기존의 지상 셀룰러 시스템과 같이 신호 대 간섭 전력비(SIR: signal-to-interference ratio)를 이용하여 쉽게 구할 수 있으며, 한 셀에 할당된 주파수와 동일한 주파수를 공유하는 모든 셀 내의 유저들을 고려해야 한다. 각 셀 내의 유저들은 동일한 형태로 랜덤하게 분포하고, 그 셀 당 유저수가  $M$ , 유저간에는 완전한 직교성(orthogonality)이 보장된다면 그림 3의 간섭 메커니즘으로부터 한 셀  $n$ 의 유저  $m$ 의 SIR은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$SIR_m = \frac{p_m g_{n,m} G_p}{\left(\sum_{i=1}^M p_i g_{n,i} - p_m g_{n,m}\right) + \sum_{i=1}^M p_i \sum_{\substack{c=1 \\ c \neq n}}^C g_{c,i} + N_0} \quad (2)$$

여기서  $p_m$ 은 유저  $m$ 의 전송 전력,  $g_{c,m}$ 은 셀  $c$ 내의 유저  $m$ 으로부터 한 셀  $n$ 에 이르는 실효 경로

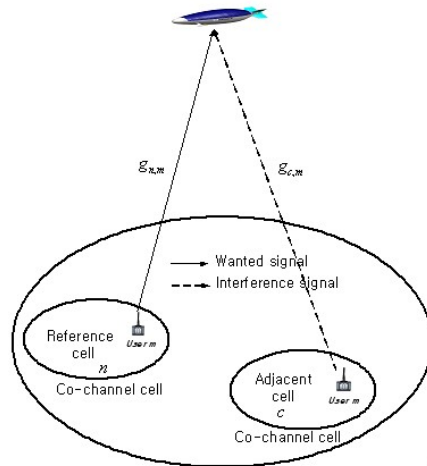


그림 3. HAPS 간섭 메커니즘  
Fig. 3. HAPS Interference mechanism

이득(effective path gain),  $C$ 는 한 셀  $n$ 과 주파수 공유를 하는 셀의 수,  $N_0$ 는 잡음 전력이다.

분모의 첫째 항과 둘째 항은 각각 동일 셀 간섭과 인접 셀 간섭을 나타낸다. 문헌 [10]에서 주어지는 가정과 같이 한 셀내에서 동일 서비스를 가정하고 완전한 전력제어가 이루어진다면, 즉  $SIR_m = SIR$  및  $p_1 g_{c,1} = p_2 g_{c,2} = \dots = p_m g_{c,m} = K$ 이다.

또한, 만일 열잡음  $N_0$ 가 MUI(multiuser interference)에 비해 무시할 수 있다면, 식 (2)는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다.

$$SIR = \frac{G_p}{(M-1) + \sum_{i=1}^M \sum_{\substack{c=1 \\ c \neq n}}^C \frac{g_{c,i}}{g_{n,m}}} \quad (3)$$

식 (3)은 연속분포를 가정한다면 분모의 제2항의 첫 번째 항은 다음과 같이 적분의 형태로 나타낼 수 있다.

$$SIR = \frac{G_p}{(M-1) + \frac{M}{A} \int_{\Omega} \frac{\sum_{\substack{c=1 \\ c \neq n}}^C g_c(r, \varphi)}{g_n(r, \varphi)} d\Omega} \quad (4)$$

여기서  $A$ 는 셀 면적,  $\Omega$ 는 면적적분을 의미한다. 식 (4)를 통신 용량  $M$ 에 대해 나타내면  $G_p/SIR \gg 1$  조건에서 식 (1)과 같은 형태의 통신 용량을 얻는다.

$$M \approx \frac{G_p}{SIR} \frac{1}{1 + f_n} \quad (5)$$

여기서  $f_n$ 은 셀  $n$ 의 인접 셀 간섭 계수로서 다음과 같다.

$$f_n = \frac{1}{A} \int_{\Omega} \frac{\sum_{c=1}^C g_c(r, \varphi)}{g_n(r, \varphi)} \quad (6)$$

### III. 시뮬레이션

본 절에서는 HAPS 동일채널 셀 내의 유저들이 일양 분포한다고 가정하여 이들 유저들에 의한 간섭의 평가를 위해 식 (6)으로 주어지는 인접 셀 간섭 계수의 평균값  $\langle f_n \rangle$ 에 대해 시뮬레이션을 수행한다.

만일 유저들이 일양분포한다면, 극좌표  $(r_i, \varphi_i)$ 는 다음과 같이 주어진다.

$$r_i = R\sqrt{u_i}, \quad \varphi_i = 2\pi v_i \quad (7)$$

여기서  $u_i$  및  $v_i$ 는 랜덤함수로서  $[0,1]$ 로 분포하는 값이다.

일반적인 스폿 빔의 방사 패턴은 타원빔으로서 양각(elevation angle) 및 방위각(azimuth angle)에 다른 3dB 빔폭이 적용되며, 타원의 단축과 장축면의 가장자리에 최대의 전력이 얻어지도록 타원빔이 형성된다. 이에 대한 HAPS 안테나 패턴은 다음과 같이 가정할 수 있다<sup>5)</sup>.

$$D = D_{\max} (\cos\theta)^n \quad (8)$$

여기서  $n$ 은 안테나의 roll-off 특성을 정의하는 상수이고, 최대 지향성  $D_{\max}$ 는 다음과 같다.

$$D_{\max} = \frac{32 \log 2}{\theta_{3dB}^2 + \phi_{3dB}^2} \quad (9)$$

한편,  $\theta_{3dB}$  및  $\phi_{3dB}$ 는 두 직교 평면상의 3dB 빔폭을 나타내며, 식 (10)으로부터 얻어진다.

$$\theta_{3dB} = 2 \arccos \left( \sqrt[n]{\frac{1}{2}} \right) \quad (10)$$

셀 가장자리의 단축 및 장축의 3dB 빔폭  $\theta_{sub}$  및

$\psi_{sub}$ 에 해당되는 식 (8)의 롤오프 계수를 각각  $\eta_\theta$  및  $\eta_\psi$  이라 놓으면,  $(r_i, \varphi_i)$ 에서 바라보는 메인 로브(main lobe)의 지향성은 식 (11)과 같으며, 사이드 로브(side lobe) 특성은 피크 전력보다 40dB이하인 고정 패턴으로 가정한다<sup>5)</sup>.

$$G = G_{\max} \{ \cos(\theta_a \cos \psi_a) \}^{\eta_\theta} \{ \cos(\theta_a \sin \psi_a) \}^{\eta_\psi} \quad (11)$$

여기서  $\theta_a$  및  $\psi_a$ 는 안테나 보어사이트로부터의 각각 양각과 방위각으로의 편이각을 나타내며,

$$G_{\max} = \frac{32 \log 2}{\left\{ 2 \cdot \arccos \left( \sqrt[n]{\frac{1}{2}} \right) \right\}^2 + \left\{ 2 \cdot \arccos \left( \sqrt{\frac{1}{2}} \right) \right\}^2} \quad (12)$$

이다.

그림 4에 전채널 주파수 재사용인 경우의 인접 셀 간섭 계수에 대한 시뮬레이션 결과를 나타낸다. 여기서 HAPS 커버리지 직경은 60km, 커버리지내의 셀수는 127, 셀내의 유저 수는 50으로 가정하였다.

그림 4의 시뮬레이션된 인접 셀 간섭 계수의 값은 최저 0.94에서 최대 1.9의 분포를 보이고 있으며, 커버리지 중심(nadir)에 가까게 셀이 놓일수록 그 계수 값은 적어지는 반면, 중심에서 멀어지는 셀에서는 그 계수 값이 크다는 점을 알 수 있다. 여기서 최외각(서비스 커버리지 가장자리)에 놓인 셀의 계수 값이 그 안쪽의 계수 값 보다 적은 이유는 본 연구에서 단일 HAPS 시스템으로 가정한 경우이며, 다중 HAPS 시스템인 경우는 이 계수 값은 커질 수 있다.

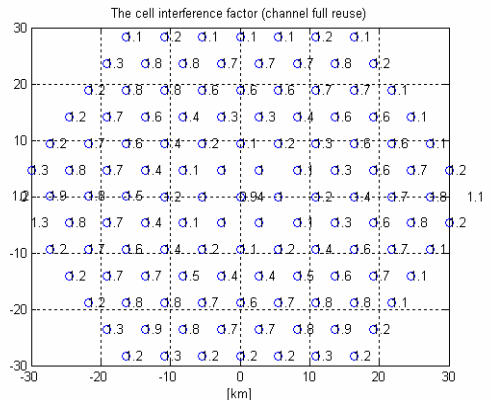


그림 4. 전 채널 주파수 재사용인 경우의 인접 셀 간섭계수  
Fig. 4. Adjacent cell interference factor in the case of full reuse channels

#### IV. 최적의 $\theta_{3dB}$

셀 가장자리에서 최대의 전력의 지향성을 갖기 위한 3dB 빔폭은 오히려 롤오프 특성이 열화하여 인접 셀 간섭 계수를 증가시키는 반면, 이 롤오프 특성을 개선하여 인접 셀 간섭 계수를 줄인다면 셀 가장자리에서의 링크버짓 성능은 감소하게 되므로 최적의 3dB 빔폭을 이용하는 것이 향후 실제 HAPS 플랫폼 안테나 특성에 가까운 현상을 분석할 수 있을 것이다. 여기서는 문헌 [5]에 보고된 최적의  $\theta_{3dB}$ , 즉  $0.837 \times \theta_{3dB}$ 의 값을 이용하여 롤오프 특성을 개선하고, 인접 셀 간섭계수의 특성 개선을 분석한다.

그림 5는 최적의  $\theta_{3dB}$ 를 이용하여 50 유저가 일양분포할 때의 전체 채널 주파수 재사용의 경우에 대한 인접 셀 간섭 계수를 시뮬레이션 한 결과이다.

그림 5에 보인 인접 셀 간섭 계수는 최외각 레이더 셀들을 제외하고(단일 HAPS 시스템의 경우)는 거의 동일한 값을 가지게 되며, 이는 최적의  $\theta_{3dB}$  값을 이용함으로써 롤오프 특성이 개선되어 인접 셀 간섭 계수도 상당히 감소한다는 사실을 알 수 있다. 그러나 모든 채널 주파수 재사용의 경우는 아직도 인접 셀 간섭 계수가 0.48에 이르러 통신용량이 약 32.4%의 감소를 보이고 있다.

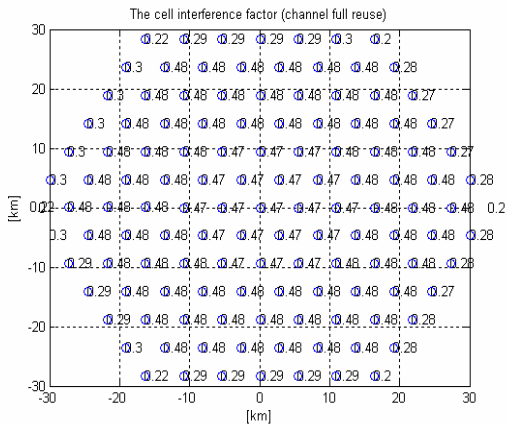


그림 5. 최적의  $\theta_{3dB}$ 를 이용한 전체 채널 주파수 재사용의 경우의 인접 셀 간섭계수  
Fig. 5. Adjacent cell interference factor in the case of full reuse channels using the optimized  $\theta_{3dB}$

#### V. 계층적 셀 구조

그림 5로부터 알 수 있듯이 모든 채널 주파수 재

사용은 주파수 유효 이용면에서 효율적이지만 인접 셀 간섭 계수의 증가로 인한 통신용량의 감소는 필연적이다. 따라서 HAPS 시스템은 셀 간의 동일채널 간섭을 줄이면서 광범위의 서비스 커버리지를 확보하기 위해 지상 셀룰러 시스템과 마찬가지로 인접 셀 간에 3 채널 또는 7 채널 주파수 재사용이 필연적이다. 하나의 예로서 3 채널 주파수 재사용인 경우의 최적의  $\theta_{3dB}$  값을 이용하여 인접 셀 간섭 계수에 대한 시뮬레이션한 결과를 그림 6에 보인다.

그림 6으로부터 알 수 있듯이 인접 셀 간섭 계수의 값은 최대 0.012로 거의 무시할 정도의 값이므로 셀 간의 빈 공간에 적절한 마이크로 셀을 삽입한다면, 매크로 셀의 통신용량은 거의 감소없이 계층적 셀 구조를 가져갈 수 있다.

또한, 차세대 무선 통신 시스템은 전체 통신용량을 증가시키면서, 서비스 커버리지의 확대, 레이어 간의 부하 균형 및 다른 이동 특성을 갖는 유저들에 서비스 제공 등을 위해 계층적 셀 구조로 진화되리라 예상된다.

이에 본 연구에서는 그림 7과 같이 3 채널 주파수 재사용에 있어 매크로 셀간에 마이크로 셀 들을 삽입했을 때 기존 매크로 셀에 미치는 인접 셀 간섭 계수의 영향을 분석하여 향후 HAPS 시스템의 계층적 구조의 가능성을 분석하는데 있다.

그림 7에 보인 것처럼 기존 매크로 셀 간에 삽입된 마이크로 셀을 고려한다면, 식 (6)으로 주어진 매크로 셀의 인접 셀 간섭 계수는 마이크로 셀에 의한 간섭이 추가되어 다음과 같이 구할 수 있다.

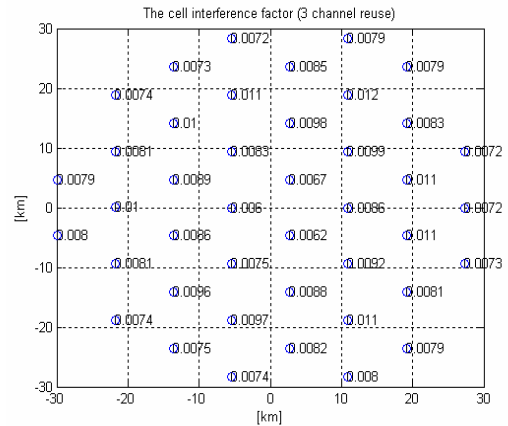


그림 6. 최적의  $\theta_{3dB}$ 를 이용한 3 채널 주파수 재사용의 경우의 인접 셀 간섭계수에 대한 시뮬레이션  
Fig. 6. Adjacent cell interference factor in the case of 3 reuse channels using the optimized  $\theta_{3dB}$



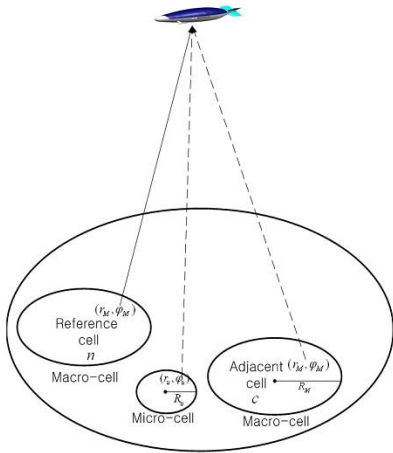


그림 7. HAPS 시스템의 계층적 셀 구조  
Fig. 7. HCS structure using HAPS

$$f_n = \frac{1}{A_M} \int_{\Omega} \sum_{\substack{c=1 \\ c \neq n}}^C \frac{g_c(r_M, \varphi_M)}{g_n(r_M, \varphi_M)} + \frac{\alpha\beta}{A_u} \int_{\Omega_u} \sum_{u=1}^{C_u} \frac{g_u(r_u, \varphi_u)}{g_n(r_M, \varphi_M)} \quad (13)$$

여기서  $A_M$  및  $A_u$ 는 각각 매크로 셀 및 마이크로 셀의 면적,  $\alpha$ 는 매크로 셀과 마이크로 셀 내의 유저 수 비,  $\beta$ 는 마이크로 셀의 전력제어에 관한 계수로서 다음과 같다.

$$p_1 g_{u,1} = p_2 g_{u,2} = K = p_n g_{u,n} = \beta K \quad (14)$$

만일 마이크로 셀의 유저도 일양하게 분포한다면, 마이크로 셀 유저 분포  $(r_u, \varphi_u)$ 와 매크로 셀 유저 분포  $(r_M, \varphi_M)$  간에는 다음의 관계로 근사화 시킬 수 있다.

$$r_u \approx \frac{R_u}{R_M} r_M, \quad \varphi_u \approx \varphi_M \quad (15)$$

그림 8은 서비스 커버리지 직경이 60km 내에 42개 매크로 셀과 85개의 마이크로 셀이 존재하는 HAPS 시스템에서  $R_u/R_M$ 을 0.1,  $\alpha\beta$ 를 0.1로 가정했을 때의 매크로 셀에 미치는 인접 셀 간섭 계수의 값을 시뮬레이션 한 결과이다.

이 경우 인접 셀 간섭 계수의 값은 최대 0.048로 그림 6에 보인 마이크로 셀이 없을 때보다 약 0.036 정도 증가하고 있다. 이에 매크로 셀에 간섭

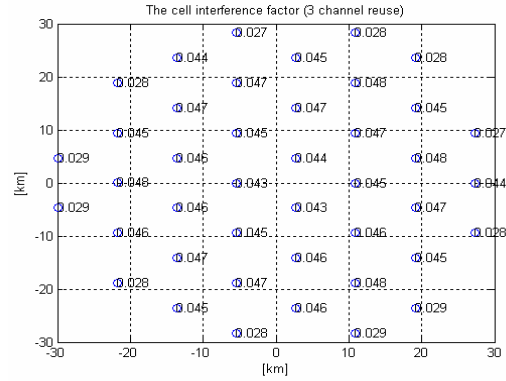


그림 8. 채널 주파수 재사용의 경우  $R_u/R_M=0.1$  및  $\alpha\beta=0.1$ 일 때 계층적 셀 구조의 매크로 셀 인접 셀 간섭계수  
Fig. 8. Adjacent cell interference factor in macro cell using HCS ( $R_u/R_M=0.1$  and  $\alpha\beta=0.1$ )

을 최대로 줄이면서 전체 통신용량의 증가 및 다른 유저 이동특성 서비스 제공 등이 가능한 계층적 셀 구조가 가능하다는 점을 알 수 있다.

한 매크로 셀을 선택하여 마이크로 셀의 반경에 따른 매크로 셀에 미치는 간섭 영향은 그림 9에, 마이크로 셀의 유저 수와 전력제어 계수인  $\alpha\beta$ 에 따른 영향은 그림 10에 각각 나타내었다.

그림 9로부터 알 수 있듯이 마이크로 셀의 반경은 매크로 셀의 인접 셀 간섭 계수에 그다지 영향을 주지 못한다. 이는 HAPS 시스템의 특성상 플랫폼의 높이 20km에 비해 지상의 셀 반경은 아주 작은 값이기 때문이다. 예를 들어, 마이크로 셀 반경이 매크로 셀 반경에 비해 0.1정도 아주 작을 때의 인접 셀 간섭 계수는 0.196, 매크로 셀과 동일한 크기일 때에도 0.241로서 그 차이는 0.045에 불과하다.

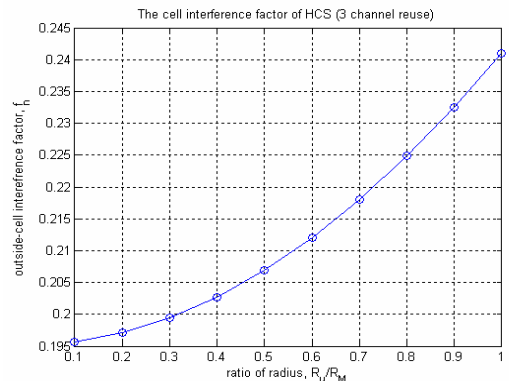


그림 9.  $\alpha\beta=0.5$ 일 때 매크로 셀의 인접 셀 간섭계수에 미치는 마이크로 셀 반경의 영향  
Fig. 9. Effects of micro cell radius on the adjacent cell interference factor in macro cell ( $\alpha\beta=0.5$ )

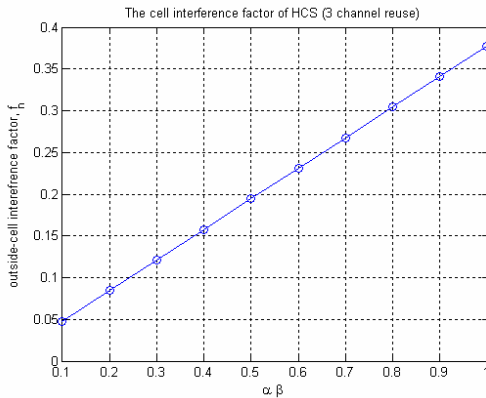


그림 10.  $R_u/R_M=0.1$ 일 때 매크로 셀의 인접 셀 간섭계수에 미치는 마이크로 셀 계수  $\alpha\beta$ 의 영향  
 Fig. 10. Effects of factor  $\alpha\beta$  on the adjacent cell interference factor in macro cell ( $R_u/R_M=0.1$ )

반면, 마이크로 셀의 계수  $\alpha\beta$ 는 그림 10으로부터 알 수 있듯이 매크로 셀의 인접 셀 간섭 계수에 아주 큰 영향을 주게 된다. 예를 들면,  $\alpha\beta$ 가 매우 작은 경우, 즉 0.1인 경우에는 인접 셀 간섭 계수가 0.05로서 거의 마이크로 셀 간섭 영향이 없지만, 1로 커지면 간섭 계수가 0.38로 커져 그림 6에 보인 모든 채널 주파수 재사용의 경우와 가까워진다.

따라서 HAPS의 계층적 셀 구조는 마이크로 셀의 유저 수 및 전력제어 계수인  $\alpha\beta$ 를 적절히 조절한다면, 매크로 셀에 미치는 간섭영향을 줄이면서 매크로 셀간의 빈 공간에 마이크로 셀을 삽입하는 것이 가능할 것이다.

## VI. 결론

차세대용 지상 이동통신은 보다 서비스 커버리지의 확대, 통신용량의 증대, 유저의 이동 특성에 따른 서비스 제공을 도모하기 위해 이전부터 계층적 셀 연구가 활발히 진행되고 있지만, HAPS 시스템에의 적용은 이루어지지 않고 있다. 이에 본 연구에서는 계층적 셀 구조를 HAPS 시스템에 도입하여 지상 이동통신에서 추구하는 여러 장점들을 확보하고자 계층적 셀을 구성하는 마이크로 셀이 기존 매크로 셀에 미치는 간섭 영향을 분석하였다. 이를 위해 기존의 지상 이동통신 시스템에서 분석되고 있는 인접 셀 간섭 계수에 대한 시뮬레이션 분석을 행하여, HAPS를 이용한 이동 통신용으로 최적의 계층적 셀 구조를 설계하였다.

결론적으로 지상 이동통신 시스템과는 다르게

HAPS 시스템에서는 마이크로 셀의 반경에 따른 간섭영향은 크지 않지만, 마이크로 셀의 유저의 수 및 전력제어 계수 등에 의해 지배적으로 영향을 받으므로 이 계수를 적절히 조절한다면, HAPS 시스템에 있어서도 최적의 계층적 구조 셀의 도입이 가능하여 향후 보다 서비스 커버리지의 확대, 전체 통신용량의 증대, 유저 이동 특성에 따른 서비스 제공이 가능하게 될 것이다.

또한, 본 연구는 향후 HAPS 도입에 다른 셀 설계에 중요한 데이터 제공이 가능하며 다중 HAPS 시스템에 의한 셀 간의 동일 채널 간섭 영향을 분석하는데 적용 가능할 것이다.

## 참고 문헌

- [1] C. Tozer and D. Grace, "High-altitude platforms for wireless communications", *IEE Electronics & Commun. Eng. J.*, vol. 13, no.3, pp.127-137, June 2001
- [2] S.Karapantazis and F.N. Pavlidou, "Broadband communications via high-altitude platforms: a survey", *IEEE Commun. Surveys & Tutorials*, pp.2-31, First Quarter, 2005
- [3] R.Miura and M.Oodo, "Wireless communications system using stratospheric platforms - R&D program on telecom and broadcasting system using high altitude platform stations", *J.Comm. Research Laboratory*, Communications Research Laboratory, Tokyo, Japan, vol.48, pp.33-48, 2001
- [4] V. Milas, M. Koletta, and P. Constantinou, "Interference and compatibility studies between satellite systems and systems using high altituded platform stations", *Proc. 1st Int'l Conf. Advanced Satellite Mobile Systems - ASMS 2003*, 10-11 July 2003, Frascati, Italy.
- [5] J.Thornton, D.Grace, M.H. Capstick, and T.C. Tozer, "Optimizing an array of antennas for cellular coverage from a high altitude platform", *IEEE Trans on Wireless Commun.*, vol.2, no.3, pp.484-492, May 2003.
- [6] L. Ortigoza-Guerrero and A. H. Aghvami, *Resource Allocation in Hierarchical Cellular Systems*, Artech House, Boston, 2000.

- [7] D. H. Kim et al., "Capacity Analysis of Macro/Microcellular CDMA with Power Ratio Control and Tilted Antenna", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol.49, pp.34-42, Jan.2000.
- [8] A.J. Viterbi, *CDMA: principles of Spread Spectrum Communication*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1995.
- [9] D.W. Matolak, "3-D outside cell interference factor for an air-ground CDMA "cellular" system", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 49, no. 3, pp. 706-710, May 2000.
- [10] Ericsson internal report, ERA/Tu -02:437, 2003-02-06.

강 영 흥 (Young-Heung Kang)

정회원



1984년 한국항공대학교 통신 공  
학사

1986년 한국항공대학교 전자 공  
학석사

1993년 한국항공대학교 전자 공  
학박사

1988년 3월~1990년 2월 한국항  
공대학교 통신정보공학과 조교

1995년 8월~1996년 8월 일본 오사카대학 객원교수

2003년 8월~2005년 2월 영국 York대학 방문교수

2000년 1월~현재 한국 ITU-R 위원

1990년 4월~현재 군산대학교 전자정보공학부 교수

<관심분야> 이동통신, 위성통신, 표준화