논문 2006-43TC-6-1

OFCDM 시스템에서 PCSSCG를 이용한 셀 탐색에 관한 연구

(A Study on a Cell search Using PCSSCG in Broadband OFCDM Systems)

김 대 용*, 최 권 휴*, 박 용 완*

(Dae-Yong Kim, Kwon-Hue Choi, and Yong-Wan Park)

요 약

비동기 OFCDM 시스템 환경에서 초기 동기을 위한 셀 탐색 방법이 다음과 같이 3단계 방법으로 수행된다. 셀 탐색 1단계에서 보호구간의 상관을 이용한 심볼동기 즉, FFT 윈도우 타이밍 추정과 탐색 2 단계는 주파수영역에서 CSSC(Cell Specific Scrambling Code) 위상 천이성질을 이용한 CPICH(Common Pilot Channel)의 상관을 획득함으로써 프레임 타이밍 및 CSSC그룹을 검출하고 마지막으로 탐색 3 단계에서 그룹 안에 속한 CSSC 위상 즉, 최적의 CSSC를 얻게 된다. 본 논문에서는 탐색 2 단계에서 기존의 CPICH만을 이용한 셀 탐색방법을 변형한 PCSSCG(partial cell specific scrambling code group)를 이용하여 성능을 거의 같은 수준으로 유지하면서 이동국의 복잡도를 줄이는 셀 탐색 방법을 제안한다. 제안된 방법은 모의실험을 통하여 기존의 방법과 비교 검증하였다.

Abstract

In the asynchrous OFCDM(Orthogonal Frequency and Code Division Multiplexing) system, a three-step cell search algorithm is performed for the initial synchronization in the following three steps: OFCDM symbol timing, i.e., Fast Fourier Transform(FFT) window timing is estimated employing guard interval (GI) correlation in the first step, then the frame timing and CSSC (Cell Specific Scrambling Code) group is detected by taking the correlation of the CPICH(Common Pilot Channel) based on the property yeilded by shifting the CSSC phase in the frequency domain. Finally, the CSSC phase within the group is identified in the third step. This paper proposes a modification code(PCSSCG:Patial Cell Specific Scrambling Code Group) of the conventional CPICH based cell search algorithm in the second step which offers MS(Mobile Station) complexity reductions with the nearly same performance. The proposed method is to be compared and verified through the computer simulation.

Keywords : cell search, OFCDM, MC-CDMA, complexity, synchronization

I. 서 론

이동통신과 무선 접속 네트웍의 발전이 급속도로 발전함에 따라 이동통신 사용자와 단말기 영역이 넓어지고 여러가지 이동통신 서비스와 응용이 폭넓어지고 있다. 광대역 코드분할다중접속(W-CDMA)방식이 3세대 이동시스템으로 채택되고 144, 384kbps 에서 최대 2Mbps의 전송률을 지원한다. 그러나 최근에 이동인터넷 사용자뿐만 아니라 이동인터넷 접속통화량도 급속하게 증가하고 있다. 이와 같이 이동단말 사용자들은 IP 기준접속망을 가지고 광대역패킷을 위한 100Mbps이상의 데이터율을 지원 할 수 있는 새로운 무선접속시스템을 요구하고 있다. 게다가 광대역 패킷 무선접속시스템은 공통의 무선 인터페이스를 이용하여 셀룰러 시스템으로 표현되는 다중 셀 환경뿐만 아니라 핫스팟 셀과 같은 고립 셀 환경도 유연하게 지원할 수 있어야 한다.

* 정회원, 영남대학교 전자정보공학부
(Information & Comunication of Engineering Yeungnam University,)
※ 본 연구는 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었음.(IITA-2005-(c1090-0502-0021))
※ 본 연구는 정보통신부 및 정보 통신 연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(IITA-2005-(C1090-0501-0018))
접수일자: 2006년4월7일, 수정완료일: 2006년6월9일

순방향에서 이러한 요구조건을 만족하는 대표적인 시스템중의 하나가 OFCDM[1]이며 다중반송코드분할다중접속(MC-CDMA) 기술에 기초하고 있다. OFCDM에서 사용하고 있는 셀 탐색 방법은 비동기 3단계 셀 탐색 방법이 사용된다. IMT-2000의 동기 방식인 cdma2000은 글로벌 위치 시스템(GPS) 타이밍을 요구하여 기지국마다 동일한 시간을 참조하여 각각 상대적인 시간 옵셋(offset)을 가지고 기지국을 구분하지만 비동기 방식의 OFCDM 시스템은 기지국마다 각각 다른 CSSC를 가지고 있어서 단말기가 많은 양의 CSSC들 중에 최적의 셀의 CSSC를 선택해야 하는 단점을 가지고 있다. 이러한 과정이 가장 강한 수신전력을 가지는 최적의 셀을 찾기 위한 초기동기 과정이며 동기 방식에 비해서 상당히 많은 복잡도를 요구하게 된다. 특히, FFT 윈도우 타이밍, 프레임 타이밍, 셀 구분 스크램블링 코드 그룹과 최적의 셀 구분 스크램블링 코드를 구분하기 위하여 동기를 맞추는 과정을 셀 탐색이라고 하며 여기서 최적의 셀이라는 것은 단말기의 송신전력은 최소로 하고 시스템 용량은 최대로 하는 관점에서 기지국과 단말기 사이의 최소경로손실을 가지는 것을 말한다.

OFCDM에서는 동기채널(SCH)을 이용한 셀 탐색 방법[2]과 공통파일럿채널(CPICH: common pilot channel)을 이용한 셀 탐색 방법[3]이 제안 되었고 특히, CPICH를 기반한 셀 탐색 방법에서는 스크램블링 코드들을 그룹화하여 복잡도를 줄였다 본 논문에서는 CPICH를 이용한 셀 탐색 방식의 그룹코드를 변형한 PCSSCG를 이용하여 기존의 복잡도를 더욱더 개선시켰다.

본 논문은 다음과 같은 구성을 따른다. 제 Ⅱ장에서는 기존의 3단계 셀 탐색 방법에 대하여 설명하며 제 Ⅲ장에서는 제안된 PCSSCG와 기존의 방법과 비교 설명 하며 제 Ⅳ장에서는 모의실험 모델과 결과를 나타내며 제 Ⅴ장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 기존의 3단계 셀 탐색 알고리즘

1. OFCDM 프레임 구조 및 특징

그림 1은 OFCDM의 순방향 프레임 구조를 나타내고 있으며 프레임의 시작부분과 마지막 부분에 OFCDM 심볼이 붙어 있는 구조를 띄고 있다. 한 프레임에 총 54개의 심볼구조를 가지고 있으며 52개의 데이터 심볼과 2개의 CPICH심볼을 가지며 그림 2와 같은 곱방법(multiplication method)[2]이 사용되었다. 기본적인 CSSC는 주파수축을 따라서 스크램블링 되어 있으며

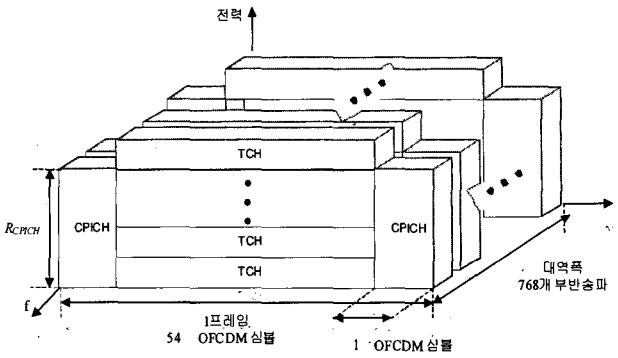

그림 1. OFCDM 프레임 포맷[1]
Fig. 1. OFCDM frame format[1].

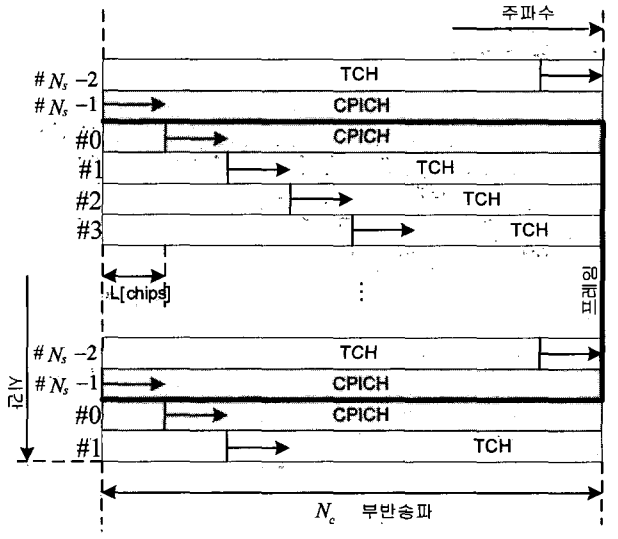

그림 2. 곱방법[2]
Fig. 2. Multiplication method[2].

그 길이는 부반송파의 수, N_c와 동일하다. 모든 OFCDM 심볼은 CSSC에 의해서 스크램블링 되고 심볼당 L칩만큼 천이된다. 이러한 방법으로 시간영역과 주파수영역에서 2차원 스크램블링이 가능해진다. CSSC를 사용함으로 채널 구분 직교 코드(CSOC: channel specific orthogonal code)를 하나의 셀 주파수 재사용의 유연성을 유지하면서 모든 셀에서 사용될 수 있다.

2. 기본 3단계 셀 탐색 알고리즘

기본 3단계 셀 탐색 알고리즘은 최고수신전력을 가지는 셀을 검출하여 최적의 셀을 찾아내는 방법이다. 여기서는 CPICH을 이용한 셀 탐색 방법[3]으로 1단계에서는 단말기가 보호구간(GI:guard interval)동안 반복되는 신호열의 상관 특성을 이용하여 OFCDM 심볼 타이밍 즉, FFT 윈도우 사이즈를 검출한다. 우선 송신신호를 식 (1)과 같이 표현 할 수 있다.

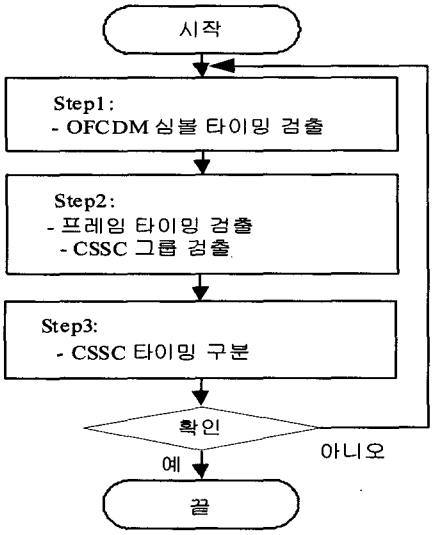

그림 3. 기본 3단계 셀 탐색
Fig. 3. Basic 3steps cell search.

$$T_x(t)=\sum_{n=0}^{N_c-1}\sqrt{2S_{CPICH}}\cdot C_{c,(n-L+N_c)\bmod N_c}\cdot x_n \cdot e^{j2\pi n(t-T_{GI}-\nu N_{frame}T_s)/T_d}\cdot p(t-\nu N_{frame}T_s) + \sum_{n=0}^{N_c-1}\sum_{u=1}^{N_{frame}-2}\sum_{p=0}^{N_{TCH}-1}\sqrt{2S_{TCH}}\cdot C_{c,(n-(u+1)L+N_c)\bmod N_c} \cdot \varphi_{p,n}(u,\nu)\cdot e^{j2\pi n(t-T_{GI}-(\nu N_{frame}+u)T_s)/T_d} \cdot p(t-(\nu N_{frame}+u)T_s) + \sum_{n=1}^{N_c-1}\sqrt{2S_{CPICH}}\cdot C_{c,n}\cdot y_{i,n}\cdot e^{j2\pi n(t-T_{GI}-((\nu+1)N_{frame}-1)T_s)/T_d} \cdot p(t-((\nu+1)N_{frame}-1)T_s) \quad (1)$$

여기서 식 (1)의 첫 번째 항의 X_n은 CPICH에서 n번째 부반송파에서 데이터 변조된 부반송파 위상을 나타내고 그 값은 $X_n=1(n=0,1,2,\cdots,N_c-1)$로 나타내며 프레임의 시작지점을 나타낸다.

여기서 $C_{c,n}(|C_{c,n}|=1)$은 c번째 CSSC위상을 나타낸다. N_{frame}은 프레임당 OFCDM 심볼 수를 나타낸다. 둘째 항은 통화채널(TCH: traffic channel)을 나타내며 $\varphi_{p,n}(u,v)$ $(|\varphi_{p,n}(u,v)|=1)$은 v번째 프레임의 u번째 OFCDM 심볼에서 CSOC에 대해서 확산 된 TCH의 p번째 코드 채널의 데이터 변조된 반송파 위상을 의미한다. $T_s(T_s=T_d+T_{GI})$는 보호구간을 포함한 심볼 구간을 나타내며 $p(t)$는 $[0,\ T_s]$인 펄스 함수를 정의한다. 세 번째 항의 $y_{i,n}=g_{i,(n+L)\bmod N_c}\cdot x_{(n+L)\bmod N_c}$ $(|g_{i,n}|=1, i=0,1,...,N_{grp}-1)$으로 정의 되며 i는 CSSC 그룹을 나타낸다. 이 신호가 채널을 통해서 수신된 신호를 $R_x(t)$라고 하고 식(2)와 같이 표현 할 수 있다.

$$R_x(t)=\sum_{l=1}^{L_p}f_l(t)T_x(t-\tau_l)+n(t) \quad (2)$$

여기서 $f_1(t)$와 τ_1은 복소채널이득과 $1(0\le 1\le L_p)$번째 경로의 시간 지연을 나타내며 $n(t)$는 부가가우시안 잡음을 나타낸다. 수신된 신호 $R_x(t)$와 FFT 윈도우(=T_d)만큼 지연된 복사본과 상관되어 식 (3)과 같이 된다.

$$\Lambda_1(t)=\frac{1}{T_{GI}}\int_0^{T_{GI}}\mathrm{Re}\{R_x(t+\tau)\cdot R_x^*(t+\tau+T_d)\}d\tau \quad (3)$$

그리고 외부 노이즈와 간섭의 영향을 줄이기 위해서 매 $N_d(=T_d/T_{FFT})+N_{GI}(=T_{GI}/T_{FFT})$의 샘플구간에서 OFCDM 심볼구간에 대해서 동기평균(coherent average)을 수행하며 식 (4)으로 표현된다.

$$\hat{\Lambda}_1(s,u,v)=\left\{\sum_{k=u}^{u+N_{avg_}^{Step1}-1}\Lambda_1\right\}/N_{avg_}^{Step1},\quad (s,k\bmod N_{frame},v+\lfloor k/N_{frame}\rfloor) \quad (4)$$

위 식에서 $\hat{\Lambda}_1(s,u,v)$는 s,u,v는 각각 샘플, 심볼, 프레임을 의미하고, 식 (5)에서 최대 상관값의 샘플 타이밍을 찾고 보호구간 타이밍 $s_{GI}^{\max}$를 찾으므로, 심볼동기를 추정한다.

$$s_{samp}^{\max}=\arg\max_s\hat{\Lambda}_1(s,u,v),$$
$$(s_{GI}^{\max}=(s_{samp}^{\max}+N_{GI})\bmod N_s\ \ (N_s=T_s/T_{FFT})) \quad (5)$$

2단계에서는 프레임 타이밍과 CSSC그룹을 검출하기 위한 단계이다. 이동국은 CSSC의 위상천이를 고려하여 주파수축을 따라서 CPICH의 상관을 계산한다. 그리고 1단계에서 검출한 OFCDM 심볼 타이밍을 이용하여 FFT 후의 결과를 얻을 수 있다. 이때 FFT 결과를 시간 $t=s_{GI}^{\max}T_{FFT}+uT_s+vT_{frame}$에서 $r_n(u,v)$이라 하면 식 (6)로 나타낼 수 있다.

$$r_n(u,v)=\sum_{k=0}^{N_d-1}R(t+kT_{FFT})(W_{N_d})^{kn},\left(W_{N_d}=e^{-j(2\pi/N_d)}\right) \quad (6)$$

한 프레임 안에서 두개의 연속된 OFCDM 심볼을 주파수 축으로 상관을 취한다. 이때 그룹을 나타내는 열을 $g_i(i=0,1,...,N_{grp}-1)$ 이라 한다면 식(7)과 같이 나타 낼 수 있다.

$$\Lambda_2(u,v,j)=\frac{1}{N_c-L}\sum_{n=L}^{N_c-1}r_{n-L}(u,v) \cdot r_n^*((u+1)\bmod N_{frame},v+\left\lfloor(u+1)/N_{frame}\right\rfloor)\cdot g_{i,n}^* \quad (7)$$

여기서 $\lfloor x \rfloor$는 x 이하의 가장 큰 정수를 의미하며 $L>0$ 이고 L, T_s 가 충분히 작다면 L 개의 부반송파와 두개의 연속된 OFCDM 심볼 사이의 채널 임펄스 응답은 일정하게 된다. 상관값 Λ_2는 $N_{cohavg_t}^{Step2}$ 프레임들 사이에서 배경잡음과 간섭의 영향을 줄이기 위하여 동기평균 된다. 그리고 프레임 타이밍과 CSSC그룹이 정확하다면 최대상관을 가진다. 이때 TCH의 상관값이 영향을 준다고 생각할 수 있으나 TCH의 데이터 변조 위상은 랜덤하며 이 때 N_c 개의 부반송파에 대해서 평균되므로 그 영향이 충분히 줄어든다. 이때의 최대 상관값은 식(8)로 나타내어진다.

$$u'_{N_{frame}-1},i'=\arg\max_{u,i}\Lambda_2(u,v,i) \quad (8)$$

위 식에서 프레임 타이밍은 $u'_0=(u_{N_{frame}-1}+1)\bmod N_{frame}$ 에서 얻어지고 3단계에서 FFT결과와 2차원 CSSC 복사본 사이의 상관은 1단계에서 얻은 심볼 타이밍과 2단계에서 얻은 프레임 타이밍 및 그룹 id를 통해서 계산된다. 여기서 식(8)에서 얻은 프레임 끝의 $u'_{N_{frame}-1}$ 의 타이밍을 이용하여 식(9)에서 CSSC의 c (여기서, c는 CSSC 인덱스 $(N_{CSSC}/N_{grp})i'\le c\le(N_{CSSC}/N_{grp})(i'+1)$, N_{CSSC}는 CSSC 개수를 의미한다.)에 대해서 FFT 결과와 CSSC 복사 본을 상관시킨다. 이 때 상관된 값은 시간 축에서 2개의 OFCDM 심볼 구간과 주파수 영역에서 $N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}$ 에 대해서 식(9)와 같이 나타낸다.

$$\Lambda_3(u'_{N_{frame}-1},z,c)=\frac{1}{N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}}\sum_{n=zN_{cohavg_f}^{Step3_cpich}}^{(z+1)N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}-1}r_n(u'_{N_{frame}-1}+1)\cdot C_{c,n}^*\cdot y_{i,n}^* + \frac{1}{N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}}\sum_{n=zN_{cohavg_f}^{Step3_cpich}}^{(z+1)N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}-1}r_n\left((u'_{N_{frame}-1}+1)\bmod N_{frame},v+\left\lfloor(u'_{N_{frame}-1}+1)/N_{frame}\right\rfloor\right)\cdot C_{c,(n+L)\bmod N_c}^*\cdot x_n^* \quad (9)$$

식(9)에서 $z(0\le z<N_{powavg_f}^{step3_cpich})$는 부반송파 그룹 인덱스를 나타낸다. 마지막으로 $N_{powavg_f}^{Step3_cpich}=N_c/N_{cohavg_f}^{Step3_cpich}$ 성분은 다음 식(10)과 같이 주파수 축을 따라서 N_c 개의 부반송파에 대하여 제곱형태로 평균된다.

$$\hat{\Lambda}_3(u'_{N_{frame}-1},c)=\frac{1}{N_{powavg_f}^{Step3_cpich}}\sum_{z=0}^{N_{powavg_f}^{cpich}-1}\left|\Lambda_3(u'_{N_{frame}-1},z,c)\right|^2 \quad (10)$$

그리고 식(10)에서 얻은 상관값은 배경잡음과 간섭을 제거하기 위해 $N_{powavg_t}^{Step3_cpich}$ 동안 한 번 더 평균하여 식(10)에서 상관값 $\hat{\Lambda}'_3(u'_{N_{frame}-1},c)$ 을 얻는다. 여기서 우리가 원하는 CSSC를 식 (11)에서 최대 상관값을 얻을 수 있다.

$$c'=\arg\max_c\hat{\Lambda}'_3(u'_{N_{frame}-1},c) \quad (11)$$

검출된 CSSC는 확인 과정을 거쳐서 확인 되면 셀 탐색과정이 완료되고 그렇지 않으면 다시 새로운 값으로 정해져서 다시 반복 된다.

Ⅲ. 기존의 방법과 제안된 방법의 비교

OFCDM 시스템의 셀 탐색은 이동국이 최적의 셀을 찾고 구분하며 동기화 시키는 것이다. 우리는 1단계의 심볼동기 즉, FFT 윈도우 사이즈는 기존의 방법과 같이 식(5)에서 $s_{samp}^{\max}$ 를 구해서 심볼 동기를 찾았다. 그리고 제 2단계에서 CSSC그룹을 나타내는 식(7)에서 $g_{i,n}$ 를 이용해서 두 심볼간의 상관값을 이용해서 프레임 동기와 CSSC그룹을 검출하였다. 여기서 제시된 $g_{i,n}$ 을 CSSC 그룹 코드 벡터라고 하면 식 (12)로 나타낸다.

$$G_i=(g_{i,1},g_{i,2},...,g_{i,N_c}) \quad (12)$$

식(12)에서 벡터들은 전체 그룹 개수 N_{grp} 개의 식(13)으로 나타낸다.

$$G=\{G_1, G_2, \cdots, G_{N_{grp}}\} \quad (13)$$

이들의 그룹코드벡터들은 서로 직교한다. 이 그룹들은 한 프레임에 대해서 S(=54)개의 심볼과 상관된다. 셀 탐색 1단계를 거쳐서 오는 신호는 식(6)의 $r_n(u,v)$ 인데 이것을 r로 두고 1심볼에 대해서 표현하면 $r=(r_1,r_2,...,r_{N_c-1},r_{N_c})$ 이 되며 2단계에서 그룹 코드와 곱해지면서 크기 $N_{grp}\times N_c$ 인 행렬 A가 된다.

$$A=\begin{bmatrix} r_1 G_1^H & \cdots & r_{N_c} G_1^H \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_1 G_{N_{grp}}^H & \cdots & r_{N_c} G_{N_{grp}}^H \end{bmatrix} \quad (14)$$

여기서 H는 복소공액전치(Hermitian transpose)를 나타내고 G_i는 논문[3]에서 제안한 N_c길이의 특수 코드(Special code)[3]를 사용한다. 우리는 이 특수코드를 변형하여 성능은 유지하면서 복잡도를 줄이는 코드 형태를 찾는다. 제안된 PCSSCG 벡터를 X_l로 나타내고 X의 길이는 $N_c(=a+b)$와 같고 그룹 코드의 개수는 32 그룹$(=c+d)$으로 설정한다.

$$X_l=\begin{bmatrix} g'_{l_c,1} & g'_{l_c,2} & \cdots & g'_{l_c,a} & g'_{l_d,a+1} & \cdots & g'_{l_d,a+b} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ g'_{l_c,1} & g'_{l_c,2} & \cdots & g'_{l_c,a} & g'_{l_d,a+1} & \cdots & g'_{l_d,a+b} \end{bmatrix} \quad (15)$$

벡터 X를 사용한 행렬 B는 다음과 같이 나타낸다.

$$B=\begin{bmatrix} r_1 X_1^H & \cdots & r_{N_c} X_1^H \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_1 X_{N_{grp}}^H & \cdots & r_{N_c} X_{N_{grp}}^H \end{bmatrix} \quad (16)$$

식 (15)에서 a,b,c,d는 표 1에서 주어지는 값이고 그룹 코드는 두 블록 형태로 변형 되어 PCSSCG를 이룬다. 행렬 A,B는 표 1에서 각각 부분 코드의 비에 따른 복잡도를 나타낸다. 행렬 A,B는 모두 32개의 그룹을 가지며 각 그룹당 16개의 CSSC를 가져서 총 512개의 CSSC를 가지게 된다. 각 행렬 A,B에서 최대 상관값이 곧 그룹 구분이 되며 그와 동시에 프레임동기를 검출하게 된다. 그런 후 16개의 CSSC와 상관하여 최적의 셀의 CSSC를 찾게 된다. 기존의 그룹코드인 행렬 A는 총 복잡도(그룹이 제일 나중에 선택 될 경우)가

표 1. PCSSCG 코드들의 복잡도
Table 1. The complexity of the PCSSCGs.

	length	a	b	a	b	a+b
group		512	256	384	384	768
c	2	18*768(512+256)		18*768(384+384)		
d	16					
c	4	12*768(512+256)		12*768(384+384)		
d	8					
c	8	12*768(512+256)		12*768(384+384)		
d	4					
c	16	18*768(512+256)		18*768(384+384)		
d	2					
c+d	32					32*768

32(32group)*768(=N_c)*16(code/group) =393216 이며 제안된 행렬B는 18(32group)*768*16=221184 또는 12(32group)*768*16=147456 으로 나타난다. 만약 핫스팟(hot-spot) 셀과 같이 공존 할 경우[4][5]에는 코드 그룹이 증가된다. 예를 들어, 그룹이 64그룹이 된다면 기존의 그룹코드의 복잡도는 64*768*16=786432 이며 제안된 그룹코드의 복잡도는 36*768*16=442368 또는 24*768*16=294912 로 더욱더 복잡도를 줄이는 결과를 가져온다.

IV. 모의실험 모델과 결과

1. 모의실험 모델

제안된 셀 탐색 알고리즘은 컴퓨터 모의실험을 통해 평가된다. 이 모의실험에서 사용된 파라미터들과 전파 모델 파라미터들을 표 2에 나타내었다. 그림 1과 같은 OFCDM 프레임 포맷과 여러 파라미터들을 논문 [2]와 [3]을 참조하여 사용하였다. 부 반송파 개수는 768개이며 총 대역폭은 101.5MHz이다. 또 OFCDM 프레임은 총 54개의 OFCDM 심볼로 이루어져 있으며 각 심볼은 실효데이터 1024개 샘플과 보호구간 226개 샘플로 이루어져 있다. 프레임의 시작과 끝에는 CPICH의 각각 1개의 심볼과 52개의 OFCDM 심볼이 TCH에 할당되어있다. 데이터 변조와 확산변조는 QPSK이다. 확산계수는 SF=16(SF_시간=1*SF_주파수=16)이고 주파수 영역의 TCH에는 CSOC(channel specific orthogonal code)인 왈쉬-하다마드 시컨스가 사용되었다. 주파수 축에 따라서 있는 CPICH는 N_c개의 길이를 가진다. TCH의 한 개 코드 채널에 대한 CPICH의 전송전력비는 R_{CPICH}로 나타내며 그림 1에 나타내었다. CSSC의 개수는 32개의

표 2. 모의실험 파라미터
Table 2. Simulation parameters.

FFT/IFFT 포인트 수		1024
OFCDM 심볼시간(실제데이터_보호구간)		9.259 μsec (7.585+1.674) μsec
심볼 개수		54 OFCDM심볼/프레임
확산 계수		16($SF_f \times SF_t = 16 \times 1$)
확산코드	CSSC	768칩 잘려진골드시컨스
	CSOC	왈쉬-하다마드(SF=16/심볼)
CSSC개수/CSSC 그룹		16코드/32그룹
부반송파 개수		N_c =768
데이터변조/확산변조		QPSK/QPSK
총 CSSC개수		512
셀개수		19
다중경로모델		9(그림 4)
도플러주파수		80Hz
경로손실성분		4.0
쉐도잉		로그노말(σ =8.0dB, 셀간상관계수 0.5)

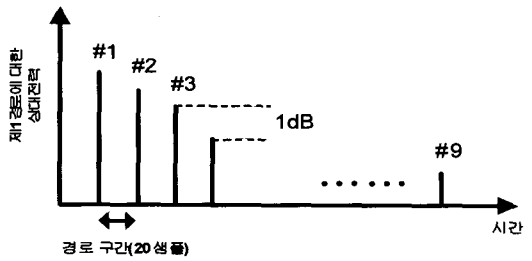

그림 4. 다중경로모델
Fig. 4. Multipath model.

그룹과 각 그룹당 16개씩 나누어지고 제안된 방법은 그룹의 형태가 변형된다. CSSC 패턴은 매 심볼의 위상을 천이 시킨 잘려진(truncated) 골드 시컨스를 이용한다. 실험을 위한 셀 배치는 19개의 육각형의 셀룰러 셀로 구성된다. 모의실험에서 사용된 전파 모델은 거리에 따른 경로손실 decay factor가 4.0이고 로그노말 분포의 랜덤 경로손실은 8dB의 표준 편차를 가지고 셀사이의 쉐도잉 상관 계수는 0.5이다. 다경로채널은 9개의 전파 경로를 가지고 각 경로들은 그림 4에 나타난 것과 같이 다른 평균 전력에서 독립 레일리 페이딩을 겪는다 셀 가장자리에서 TCH의 한 개 코드 채널에서 중간값(meadian) 신호 대 배경잡음 전력비는 -6dB로 정했다. 또 이 논문에서는 12개의 코드 채널은 TCH안에서 코드 다중화 되고 그 값을 12개로 고정된 값으로 가정하였다. 매번 셀 탐색과정 동안 레일리 페이딩 채널의 이득은 다양하고 거리에 의존적이며 매시도 때마다 랜덤하게 결정된다. 평균시간은 1단계에서는 54개 심볼을 2단계에서는 1개의 프레임 그리고 3단계에서는 2개의 OFCDM 심볼에서 구했다. 특히 2단계에서의 PCSSCG를 적용하여 모의실험 할 때에는 코드비에 따른 성능을 기존의 그룹 코드와 제안된 그룹 코드와 비교를 하였다. 왜냐하면 성능이 셀 탐색에 미치는 영향은 셀 탐색 속도에 많은 영향을 주는 요소이므로 아무리 복잡도를 줄일 수 있다 할지라도 성능의 열화는 곧 셀 탐색 속도를 저하 시키는 주요한 원인이 된다. 2단계에서의 실험은 1단계에서 완전채널보상(perfect channel compensation)이 되었다고 가정하였다. 결과적으로 프레임 타이밍과 우리가 원하는 최적의 셀 중 하나의 CSSC가 검출 되었다면, 셀 탐색은 성공적으로 이루어지며 그렇지 않은 경우에는 셀 탐색이 실패 되어서 다시 셀 탐색 과정을 수행한다.

2. 시뮬레이션 결과

우리는 셀 탐색의 1단계가 완료 된 후 2단계에서 제안된 PCSSCG를 이용하여서 기존의 그룹 코드와 비교하였다. 그림 5는 길이가 512+256의 형태를 가지는 코드 그룹(여기서 32개로 가정)들로서 그룹의 개수를 16*2, 8*4, 4*8, 2*16으로 총 32개 그룹으로 나누어서 기존의 그룹 코드와 비교 하였다 이 그림에서 16*2의 그래프가 E_c/N_0 (여기서는, 768개의 부반송파에 한 chip씩 할당) -10~-9dB에서 기존의 그룹 코드와 거의 같은 성능을 가짐을 알 수 있다. 그 이유는 전체 총 코드는 512길이를 가지는 부분과 256길이를 가지는 부분으로 이루어져 있으며 성능은 길이가 512인 경우가 256인 경우보다 성능이 우수하므로 더욱더 512길이의 코드에 영향을 많이 받기 때문이다. 그림 6은 코드 길이를 384+384를 가지는 코드 그룹들로서 특수코드와 동일한 방법으로 만들어지며 이때도 512+256의 코드에서 나눈 동일한 방법으로 32개의 그룹을 구성한 후 성능 변화를 살펴보았다. 그림 6에서는 네 가지의 경우가 모두 비슷한 성능을 가짐을 알 수 있었다. 그 이유는 모두 같은 코드 길이(384+384)를 가지는 그룹 코드는 성능면에서 길이에 대한 영향이 같기 때문에 거의 동일한 성능을 나타냄을 알 수 있었고 기존의 그룹 코드는 성능이 95%의 검출 확률에서 1~2dB정도 열화 됨을 알 수 있었다.

그림 7은 512+256과 384+384의 각 경우에서 가장 성능이 좋은 것을 선택해서 실험한 결과이고 특히 512+256의 경우는 -9dB에서 95%의 검출 확률을 얻었으며 기존의 그룹 코드와 거의 동일한 검출성능을 나타냄을 알 수 있었다. 그림 8은 성능면에서 가장 우수한 512+256의 16*2의 경우와 기존의 그룹코드를 전체 모의

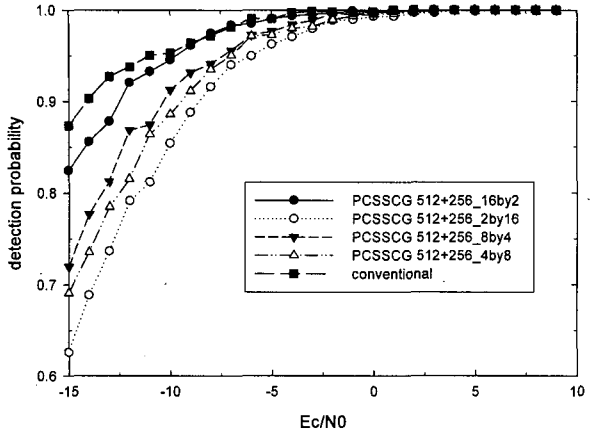

그림 5. 탐색 2 단계에서 512+256 PCSSCGs관한 성능 비교

Fig. 5. Comparison of the performance for 512+256 PCSSCGs in 2 step.

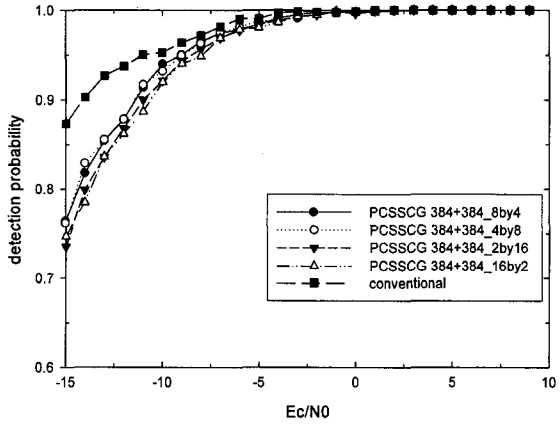

그림 6. 탐색 2단계에서 384+384 PCSSCGs관한 성능 비교

Fig. 6. Comparison of the performance for 384+384 PCSSCGs in 2 step.

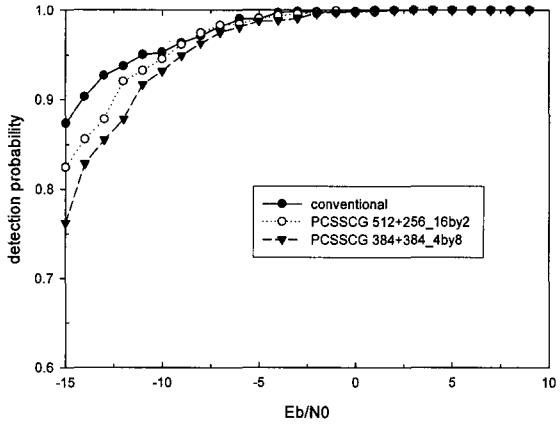

그림 7. 탐색 2 단계에서 우수 PCSSCGs의 성능비교

Fig. 7. Comparison of the performance for good performance PCSSCG in 2 step.

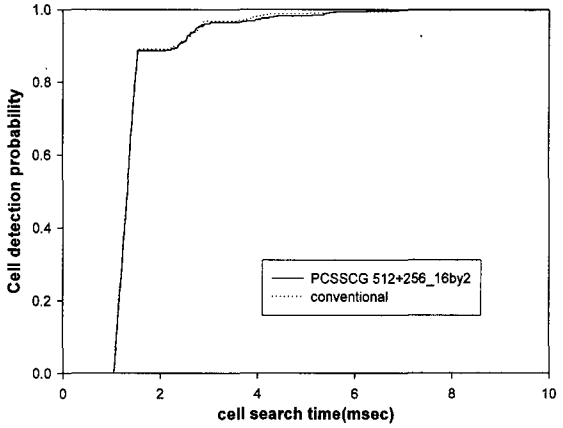

그림 8. 삼단계 셀 탐색 시간 성능 비교

Fig. 8. Comparison of cell search time performance in all steps.

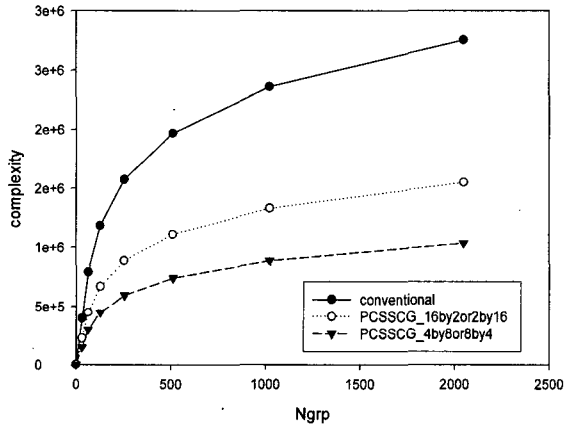

그림 9. PCSSCG대한 복잡도 비교

Fig. 9. Comparison of the complexity for PCSSCGs.

실험 환경(3단계 셀 탐색)에서 모의실험한 결과이다. 두 경우 모두 3msec에서 95%이상의 셀 탐색 능력을 보여준다.

그림 9는 그룹에 따른 PCSSCG들의 복잡도를 그래프화해서 나타내었는데 그룹이 증가함에 따라서 복잡도가 32그룹에서 16*2 또는 2*16의 경우는 43.9%정도 감소하였고 4*8 또는 8*4인 경우는 62.5%정도 복잡도가 감소하였다. 제안된 방법은 그림 [5][6][7][8][9]를 통해서 성능을 유지 하면서 복잡도를 줄이는 방법임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 기존의 동기방식의 단말기보다 많은 복잡도를 가지는 비동기 OFCDM시스템에서 단말기의

복잡도를 줄이고 성능은 거의 같은 수준으로 유지하는 새로운 PCSSCG를 이용한 방법을 제안하였다. 컴퓨터 모의실험을 통해 셀 탐색 2단계에서의 512+256의 PCSSCG는 E_c/N_0가 -9dB에서 95%정도 검출 확률을 얻으므로 기존의 그룹코드와 거의 동일한 성능을 나타내었으며 384+384는 약 1~2dB 열화를 보였다. 그리고 복잡도에서는 제안한 PCSSCG가 기존의 그룹코드보다 32그룹에서 16*2 또는 2*16인 경우는 43.9%정도, 4*8 또는 8*4인 경우는 62.5%정도의 복잡도를 감소 시켰다.

참 고 문 헌

[1] H. Atarashi, S. Abeta, M. Sawahashi, "Variable spreading factor-orthogonal frequency and code division multiplexing (VSF-OFCDM) for broadband packet wireless access", IEICE trans. commu., vol. e86-b, no. 1, Jan. 2003.

[2] Y. Ishii, K. Higuchi, M. Sawahashi, "Three-step cell search algorithm employing synchronization and common pilot channels for OFCDM broadband wireless access", IEICE trans. vol. e85-b, no. 12, dec. 2002.

[3] M. Tanno, H. Atarashi, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Three-step fast cell search algorithm utilizing common pilot channel for OFCDM broadband packet wireless access", IEEE VTC2002-Fall, vol. 3,1575 - 1579, Sept. 2002.

[4] M. Tanno, H. Atarashi, K. Higuchi, and M. Sawahashi, "Fast cell search algorithm for system with coexisting cellular and hot-spot cells suitable for OFCDM forward link broadband wireless access"IEEE VTC 2003-Spring, vol. 1,133-138, April 2003.

[5] Dae Yong Kim, Yong Wan Park, "A Suitable Cell Search Algorithm Using Separated I/Q Channel Cell Sepcific Scrambling Codes for systems with Coexisiting Cellular and Hot-Spot Cells in Broadband OFCDM Systems", The 9th CDMA International Conference (CIC2004), Seoul, Korea, Oct. 2004.

저 자 소 개

김 대 용(정회원)
1998년 영남대학교 전자공학과 학사 졸업
2001년 영남대학교 정보통신 공학과 석사 졸업
2002년~현 영남대학교 정보통신 공학과 박사과정
<주관심분야 : OFCDM, 4G, 이동통신>

최 권 휴(정회원)
1994년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 학사
1996년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 석사
2000년 2월 포항공과대학교 전자전기공학과 박사
2000년 4월~2003년 2월 한국전자통신연구원 (ETRI) 광대역 무선전송 연구부
2003년 1월~현재 영남대학교 공과대학 전자정보공학부 정보통신공학전공 교수
<주관심분야 : CDMA, 무선통신, 이동통신>

박 용 완(정회원)
1982년 경북대학교 전자공학과 학사 졸업
1984년 경북대학교 전자공학과 석사 졸업
1989년 뉴욕 주립대 전기공학과 석사 졸업
1992년 뉴욕 주립대 전기공학과 박사 졸업
1992년~1993년 California institute of Technology 전자공학 Research Fellow
1994년~1996년 8월 SK Telecom PCS 기술연구팀장
1996년~현 공과대학전자정보공학부 정보통신 공학전공 교수
2001년 1월~2001년 2월 NTT Mobile communications Network Inc.(NTT DoCoMo) Wireless Lab 초빙교수
2003년 1월~2004년 1월 UC Irvine 방문교수
2005년 1월~현재 TIC 사업 단장
<주관심분야 : 이동통신, 무선통신>