

# 광대역 DS-CDMA 셀룰라 시스템의 역방향 링크에서 용량비교

正會員 任 光 宰\*, 郭 慶 燮\*

## Capacity Comparison of Different Transmission Types on the Reverse Link for wideband DS-CDMA Cellular System

Kwang-Jae Lim\*, Kyung-Sup Kwak\* *Regular Members*

※본 논문은 한국과학재단의 951-0913-037-2 연구과제에 대한 연구비에 의해서 연구되었음.

### 요 약

광대역 DS-CDMA 시스템에서 역방향 링크의 논리 채널 구성은 역방향 파일롯의 전송 방식, 제어 신호의 전송 방식 등에 따라 여러 구성이 가능하다. 본 논문에서는 역방향 링크의 논리 채널에 대한 여러 구성 방식을 제시하고, 각 방식에 대한 셀당 시스템 용량과 셀 영역 등의 성능을 파일롯 전송 방식들의 복조 성능을 고려하여 수치 해석하였다. 역방향에서 파일롯 채널을 전송하는 방식은 파일롯 비전송 방식에 비해 복조 성능은 향상되지만 추가적으로 간섭을 증가시킴으로써 성능은 상대적으로 감소하였으며, 파일롯 심볼 첨가 방식은 간섭을 증가시키지 않으면서 복조성능을 향상시켜 시스템 용량과 셀 영역 면에서 우수한 성능을 가졌다.

### ABSTRACT

There are some transmission types on the reverse link of wideband DS-CDMA cellular system. The configurations of logical channels on the reverse link may be different dependent upon the transmission methods of reverse pilot or control signaling. In this paper, we present three transmission types on the wideband DS-CDMA reverse link; no-pilot system, pilot-channel aided system and pilot-symbol aided system. And we compare the performance of three systems in terms of capacity and cell coverage. The pilot-symbol aided system is shown to have the better performance than the pilot-channel aided system in both capacity and cell coverage.

### I. 서 론

DS-CDMA 방식을 사용하는 셀룰라 시스템에서 기존의 IS-95에 비해 넓은 대역폭을 가지는 광대역 CDMA 시스템은 상대적으로 높은 전송률을 요구하는 서비스의 제공이 가능하고, 페이딩 깊이가 작으며, 경로 디이버시티 이득 등의 장점을 가지고 있어 많은 관심

\*인하대학교 전자공학과  
論文番號:96322-1011  
接受日字:1996年 10月 11日

과 연구가 진행되고 있다[1, 2, 3].

광대역 DS-CDMA 시스템에서 순방향 링크(하향링크)는 기존의 IS-95와 비슷하게 이동국에서 동위상 복조와 확산코드의 동기화의 이유로 파일럿 채널을 트래픽 채널과 함께 전송한다. 역방향 링크(상향링크)에서 기존의 IS-95[4] 시스템은 트래픽 채널 단독으로만 전송하기 때문에 동위상 복조가 어렵다. 역방향 링크에서도 동위상 복조를 가능하도록 하여 링크 성능을 향상시키기 위해 각 이동국에서도 역방향 파일럿 채널을 전송하는 광대역 DS-CDMA 시스템이 제안되고 있다[4]. 그러나 다중 사용자와 다중 셀 환경을 고려한다면 역방향 파일럿 채널은 간섭을 증가시키는 요인이 되어 복조 성능은 향상되지만 시스템 용량이 감소할 수 있다. 또한 역방향 파일럿 채널은 순방향 파일럿 채널과 달리 트래픽 채널에 비해 상대적으로 작은 전력을 가지고 전송되므로 채널을 추정할 때 잡음의 영향을 심각하게 받게 된다. 역방향 링크에서 동위상 복조를 가능케 하는 또 다른 방법으로 트래픽 채널에 주기적 파일럿 심볼을 첨가하는 방법이 있다. 이 파일럿 첨가 방식은 추가되는 간섭이 없고, 채널 추정 시에 잡음의 영향을 상대적으로 적게 받는다. 그러나 채널 추정 과정에서 상당히 긴 시간이 소요되고, 파일럿 심볼을 첨가하기 때문에 상대적으로 전송률이 증가된다[5].

제어를 위한 신호(signaling) 방식을 고려한다면, IS-95와 같은 dim-and-burst 방식은 제어 신호의 전송이 필요할 경우 데이터 전송 보다 제어 신호의 전송이 우선시 되므로 데이터 신호의 품질이 저하된다. 그에 대한 대안으로, 제어 신호와 데이터를 시분할 다중화(TDM)하는 방식, 제어 신호를 데이터 채널과 분리시켜 독립된 제어 신호 채널로 전송하는 방식 등이 고려될 수 있다. 광대역 CDMA 시스템의 역방향 링크에서 고려될 수 있는 위의 여러 방법들은 서로 장단점을 지니고 있기 때문에 PCS를 위한 차세대 CDMA 방식의 개발을 위해서는 먼저 각 방식들의 성능이 비교 검토되어야 할 것이다. 따라서 본 논문에서는 광대역 CDMA 시스템으로 구성될 수 있는 역방향 링크의 여러 구성 방식을 살펴보고 각 방식에 대한 시스템 용량(capacity)과 셀 영역(cell coverage) 등의 성능 면에서 비교 분석한다.

## II. DS-CDMA 시스템의 구성

DS-CDMA 시스템의 역방향 논리 채널의 구조는 여러 방법이 가능하다. 먼저 파일럿 전송 방식에서 역방향 외부 파일럿 채널을 전송하는 방식(external pilot)과 파일럿 심볼 추가 방식(internal pilot)으로 구분할 수 있고, 또한 제어 신호의 전송 방식(signaling)으로 시분할 다중화에 의한 밴드내 신호 방식(in-band signaling)과 분리된 신호 채널을 사용하는 밴드 외부 신호 방식(out-band signaling)으로 구분할 수 있다. 그리고 역방향 파일럿 채널에 의한 추가 간섭을 줄이기 위해 파일럿을 버스트(burst)하게 전송하는 방법이 고려될 수 있으며, 그에 따라 연속 파일럿(continuous pilot) 방식과 버스트 파일럿(burst pilot) 방식으로 구분될 수 있다. 본 고에서 역방향 채널의 논리 채널 구성에 대하여 다음과 같이 9 가지를 제시한다(그림 1.a-i)[7].

### Type 1. No-pilot & In-band signaling system

IS-95와 동일한 구조로 역방향 채널은 데이터와 제어신호를 SM(Statistical Multiplexing)하여 함께 전송하는 트래픽 채널로 구성된다(그림 1.a).

### Type 2-1. External-continuous pilot & In-band signaling system

분리된 역방향 외부 파일럿 채널을 연속적으로 전송하며, 데이터와 제어신호를 시분할 다중화하여 전송하는 트래픽 채널로 구성된다(그림 1.b).

### Type 2-2. External-continuous pilot & Out-band signaling system

연속적인 외부 파일럿 채널과, 데이터 부채널, 분리된 신호 부채널로 구성되는 트래픽 채널이 있다(그림 1.c).

### Type 2-3. External-burst pilot & In-band signaling system

트래픽 채널에서 정보의 전송이 있을 경우에만 파일럿 채널을 전송하는 버스트 파일럿 채널과, 데이터와 제어신호를 시분할 다중화한 트래픽 채널로 구성된다(그림 1.d).

### Type 2-4. External-burst pilot & Out-band signaling system

데이터와 제어신호를 분리하여 전송하는 것이 외에는 Type 2-3과 동일하다(그림 1.e).

### Type 3-1. Internal-continuous pilot & In-

**band signaling system**

파일럿 심볼을 트래픽 채널에 주기적으로 첨가하여 전송하며, 트래픽 채널에 파일럿 심볼, 데이터, 제어 신호가 모두 시분할 다중화되어 전송된다(그림 1.f).

**Type 3-2. Internal-continuous pilot & Out-band signaling system**

파일럿 심볼과 제어신호를 함께 전송하는 파일럿 + 신호 부채널과 데이터만을 전송하는 데이터 부채널로 구성되는 트래픽 채널이 있다(그림 1.g).

**Type 3-3. Internal-burst pilot & In-band signaling system**

파일럿 심볼을 트래픽이 있는 경우에만 버스트하게 첨가한다는 것 이외에는 Type 3-1과 동일하다(그림 1.h).

**Type 3-4. Internal-burst pilot & Out-band signaling system**

파일럿 심볼을 트래픽이 있을 경우에만 버스트하게 첨가한다는 점 이외에는 Type 3-2와 동일하다(그림 1.i).

**Ⅲ. 성능분석**

**3.1 수신 신호대 잡음비와 시스템 용량**

일반적으로 역방향에서 기지국에서 수신되는 수신 신호대 잡음비(SNR)는, 해당 이동국으로부터 전송되어 해당 기지국에서 수신되는 전력(S)에 대한, 배경 잡음 전력(N), 동일셀 간섭(I<sub>s</sub>), 타셀 간섭(I<sub>c</sub>)의 합의 비로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$SNR_{rd} = \frac{S}{N + I_s + I_c} = \frac{S}{N + I_s(1 + f_r)} \quad (1)$$

여기서  $f_r$ 은 타셀 간섭(intercell interference)대 동일셀

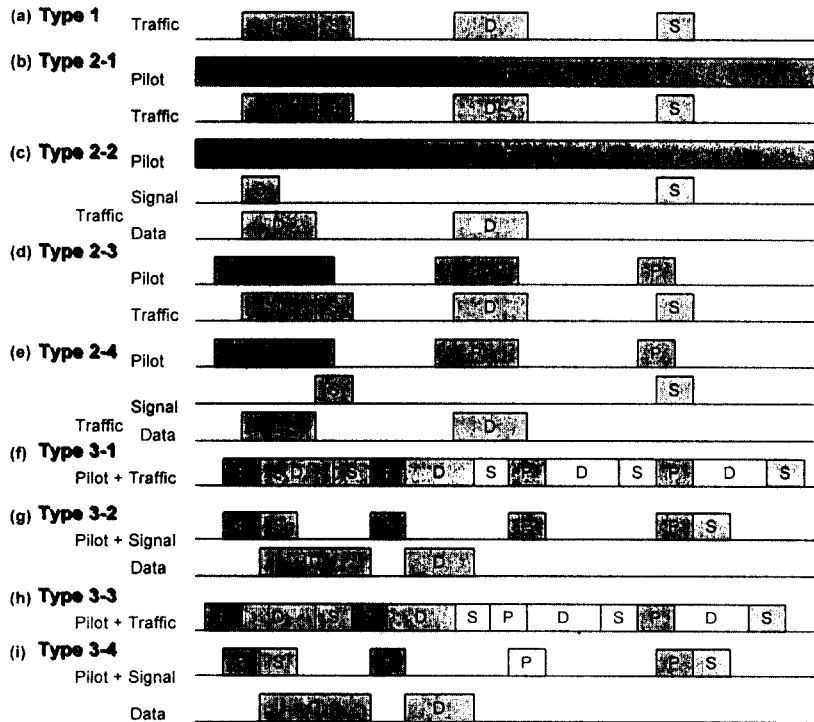


그림 1. CDMA 시스템의 역방향 논리 채널의 여러 구성 (P: Pilot, D: Data, S: Signaling)

Fig. 1 Different configurations for the reverse logical channels (P: Pilot, D: Data, S: Signaling)

간섭(intracell interference)의 비율로,  $f_r = I_c/I_s$ 로 정의된다.

역방향 트래픽 데이터 채널에서 동일 셀 내에 있는 이동국들에 대해 기지국에서  $P_{rm}$ 로 수신되도록 전력 제어된다면, 동일 셀 내에 있는  $N_c-1$ 의 이동국들로부터 수신되는 동일셀 간섭은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$I_s = (N_c - 1) \alpha P_{rm} \quad (2)$$

위 식에서  $N_c$ 는 이동국이 균일하게 분포되어 있다고 가정할 경우의 셀당 이동국수,  $\alpha$ 는 다른 이동국으로부터 전송된 신호에 의해 발생하는 간섭을 의미하는 것으로 유효 간섭 활성화도(effective interference activity)로 정의한다. 역방향에서  $\Psi$ 를 이동국에 대한 수신 전력중 트래픽 데이터 채널에 할당된 전력 비율이라 하면, 역방향 트래픽 데이터 채널에 대한 수신 신호대 잡음비는 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$SNR_{rd} = \frac{\Psi P_{rm}}{N_0 W + (N_c - 1) \alpha P_{rm} (1 + f_r)} \quad (3)$$

여기서  $N_0 W$ 는 기지국에서의 배경 잡음 전력으로  $N_0$ 는 잡음 전력 밀도,  $W$ 는 시스템 대역폭이 된다. 위 식으로부터 비트당 에너지대 총 잡음 전력 밀도(energy per bit-to-total noise density)  $E_0/\eta_0$ 를 다음과 같이 얻는다.

$$\frac{E_b}{\eta_0} = \frac{W}{R} \frac{\Psi P_{rm}}{N_0 W + (N_c - 1) \alpha P_{rm} (1 + f_r)} \quad (4)$$

여기서  $R$ 은 트래픽 데이터 채널의 비트 전송률이다.

또한, 역방향 외부 파일럿 채널을 전송하는 시스템에서 파일럿 채널에 대한 수신 칩당 에너지대 유효 잡음 전력 밀도의 비는 마찬가지로 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\frac{E_c}{\eta_0} = \frac{\Psi_{rp} P_{rm}}{N_0 W + (N_c - 1) \alpha P_{rm} (1 + f_r)} \quad (5)$$

여기서  $\Psi_{rp} P_{rm}$ 는 역방향 파일럿 채널에 할당된 전력 비율이다.

앞의 식 (4)에서 수신 신호대 잡음비가 역방향 트래픽 데이터 채널에 대해 요구되는 특정 수신 신호대

잡음비( $E_b/\eta_0$ )<sub>req</sub>를 만족할 수 있는 셀당 동시 사용자 수를 다음과 같이 얻을 수 있다. 요구 수신 신호대 잡음비는 페이딩 채널 특성, 수신기 구조에 따라 특정 신호 품질(BER =  $10^{-3}$ )을 만족할 수 있는 값으로 결정될 수 있다.

$$N_c - 1 = \frac{W}{R} \frac{\Psi}{\alpha(1 + f_r)} \left[ \left( \frac{E_b}{\eta_0} \right)_{req}^{-1} - \left( \frac{E_b}{N_0} \right)^{-1} \right] \quad (6)$$

위 식에서  $(E_b/N_0)^{-1} \ll (E_b/\eta_0)_{req}^{-1}$ 이므로,  $(E_b/N_0)^{-1} \approx 0$ 로 근사하면,

$$N_c - 1 \approx \frac{W}{R} \frac{\Psi}{\alpha(1 + f_r)} \frac{1}{(E_b/\eta_0)_{req}} \quad (7)$$

이 된다.

### 3.2 셀 부하와 셀 영역

CDMA 시스템에서 셀 영역은 특정 신호 품질을 만족할 수 있는 영역을 의미한다. 신호 품질은 수신기에 수신되는 수신 신호대 잡음비로 표현될 수 있고 영역을 전송 손실로 표현한다면, 셀 영역은 어느 특정 신호대 잡음비를 만족시킬 수 있는 최대 전송 손실로 해석될 수 있다.

앞의 신호대 잡음비에 관한 식 (4)에서 수신 전력  $P_{rm}$ 에 관하여 다시 쓰면 다음과 같이 얻을 수 있다.

$$P_{rm} = \frac{(R/W)(E_b/\eta_0)(N_0 W)b}{\Psi(1-X)} \quad (8)$$

위 식에서  $X$ 는 셀 부하를 의미하는 항으로  $0 < X < 1$  값을 가지며, 다음과 같이 정의된다.

$$X = \frac{1}{\Psi} \frac{R}{W} \frac{E_b}{\eta_0} (N_c - 1) \alpha (1 + f_r) \quad (9)$$

역방향 트래픽 채널에 대한 전송 손실을  $T_{rd}$ 라 한다면, 수신 전력은  $P_{rm} = P_{tm} - T_{rd}$ 이므로,

$$T_{rd} = \frac{P_{rm}}{P_{tm}} = \frac{(R/W)(E_b/\eta_0)(N_0 W)b}{P_{tm} \Psi (1-X)} \quad (10)$$

역방향 트래픽 데이터 채널에 대한 셀 영역은, 이동국이 최대 전송 전력으로 전송했을 때, 기지국에서 수신된 신호가 최소 수신 신호대 잡음비를 만족할 수 있는 최대 전송 손실이 된다. 따라서 이동국의 최

대 전송 전력을  $(P_{tm})_{max}$ , 기지국 요구 수신 신호대 잡음비를  $(E_b/\eta_0)_{req}$ 로 하면, 역방향 트래픽 데이터 채널의 최대 전송 손실  $(T_{rd})_{max}$ 는 다음과 같이 얻어진다.

$$(T_{rd})_{max} = \frac{(R/W)(E_b/\eta_0)_{req}(N_oW)_b}{(P_{tm})_{max}\Psi(1-X)} \quad (11)$$

그리고, 역방향 외부 파일럿 채널을 전송하는 시스템의 경우, 그 파일럿 채널에 대한 최대 전송 손실  $(T_{rp})_{max}$ 도 마찬가지로 식 (5)에서 다음과 같이 얻어진다.

$$(T_{rp})_{max} = \frac{(E_c/\eta_0)_{req}(N_oW)_b}{(P_{tm})_{max}\Psi_{rp}(1-X')} \quad (12)$$

여기서  $(E_c/\eta_0)_{req}$ 는 역방향 파일럿 채널에 대해 요구되는 수신 칩당에너지대 총잡음전력밀도의 비이며,  $X'$ 는 마찬가지로 셀 부하를 의미하는 항으로 다음과 같이 정의된다.

$$X' = \frac{1}{\Psi_{rp}} \frac{E_c}{\eta_0} (N_c - 1)\alpha(1 + f_r) \quad (13)$$

역방향 외부 파일럿 채널을 전송하는 시스템에서 역방향 파일럿 채널과 역방향 트래픽 데이터 채널의 전송 손실, 즉 셀 영역은 균형이 이루어져야 한다. 따라서  $(T_{rd})_{max} = (T_{rp})_{max}$ 의 관계를 만족해야하며 이로부터 다음의 관계식을 얻을 수 있다.

$$\frac{\Psi_{rp}}{\Psi} = \frac{W}{R} \frac{(E_c/\eta_0)_{req}}{(E_b/\eta_0)_{req}} \quad (14)$$

### 3.3 채널 구성 방식에 따른 비교 분석

앞 절의 수식에서 트래픽 데이터 채널의 전력비  $\Psi$ , 유효 간섭 활성화도  $\alpha$ , 전송률  $R$ , 요구  $(E_b/\eta_0)_{req}$  등은 각 시스템 구성에 따라 다른 값을 가진다. 이 절에서는 성능 비교를 위하여 대역폭  $W$ , 수신전력  $P_{tm}$ , 간섭 비율  $f_r$ 를 고정시키고 여러 다른 역방향 채널 구성에 따른 각 변수들을 비교 분석한다.

#### 1) Type 1

$$\Psi = 1, \quad R = R_d, \quad (15)$$

$$\alpha = \alpha_d + \alpha_s \quad (16)$$

파일럿 채널이 없으므로  $\Psi = 1$ 이며, 트래픽 채널의

전송률  $R$ 은 데이터 전송률  $R_d$ 와 같고, 유효 간섭 활성화도  $\alpha$ 는 데이터 활성화도  $\alpha_d$ 와 제어 신호 활성화도  $\alpha_s$ 의 합이 된다.

#### 2) Type 2-1

$$\Psi = 1 - \Psi_{rp}, \quad R = R_d + R_s \quad (17)$$

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + r_d \alpha_d (1 - \alpha_s) + r_s (1 - \alpha_d) \alpha_s + \Psi_{rp} (1 - \alpha_d) (1 - \alpha_s) \quad (18)$$

$$r_d = R_d / (R_d + R_s), \quad r_s = R_s / (R_d + R_s) \quad (19)$$

파일럿 채널이 존재하므로 이동국의 전력은 파일럿과 트래픽 채널로 나뉘어 파일럿 채널은 총 전력에 대해  $\Psi_{rp}$ 의 비율을 갖는다. 트래픽 채널 전송률은 데이터와 제어신호를 시분할 다중화함으로써 각 전송률의 합이 된다. 그리고 유효 간섭 활성화도는 다음의 표로부터 얻을 수 있다.

표 1. Type 2-1에서 유효 간섭 활성화도

Table 1. Evaluation of the effective interference activity for the type 2-1

Pilot	Data	Signaling	Activity	Frame fraction	Power fraction
○	○	○	$\alpha_d \alpha_s$	$r_d + r_s = 1$	1
○	○	×	$\alpha_d (1 - \alpha_s)$	$r_d$	1
○	×	○	$(1 - \alpha_d) \alpha_s$	$r_s$	1
○	×	×	$(1 - \alpha_d)(1 - \alpha_s)$	×	$\Psi_{rp}$

(○) : transmission, (×) : no-transmission

#### 3) Type 2-2

$$\Psi = (1 - \Psi_{rp})(1 - \phi_{sig}), \quad R = R_d \quad (20)$$

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (1 - \phi_{sig} + \Psi_{rp}' \phi_{sig}) \alpha_d (1 - \alpha_s) + (\Psi_{rp}' \phi_{sig} - \Psi_{rp} \phi_{sig}) (1 - \alpha_d) \alpha_s + \Psi_{rp}' (1 - \alpha_d) (1 - \alpha_s) \quad (21)$$

이 시스템에서는 제어신호를 데이터와 분리하여 전송함으로써, 데이터 부채널의 전력은 파일럿 채널에 할당된 전력과 신호 부채널에 분리된 전력을 제외한 전력만을 가지며, 데이터 부채널의 전송률은 순수 데이터 전송률만이 된다. 위 식에서  $\phi_{sig}$ 는 트래픽 채널의 전력에 대한 신호 부채널의 전력 비율이다. 또한  $\alpha$ 는 다음 표 2로부터 구할 수 있다.

표 2. Type 2-2에서 유효 간섭 활성화도

Table 2. Evaluation of the effective interference activity for the type 2-2

Pilot	Data	Signaling	Activity	Power fraction
○	○	○	$\alpha_d \alpha_s$	1
○	○	×	$\alpha_d(1-\alpha_s)$	$\Psi_{rs} + (1-\Psi_{rs})(1-\phi_{ns})$
○	×	○	$(1-\alpha_d)\alpha_s$	$\Psi_{rs} + (1-\Psi_{rs})\phi_{ns}$
○	×	×	$(1-\alpha_d)(1-\alpha_s)$	$\Psi_{rs}$

4) Type 2-3

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + r_d \alpha_d(1-\alpha_s) + r_s(1-\alpha_d)\alpha_s \quad (22)$$

Type 2-1과  $\Psi$ ,  $R$ 은 동일하며, 유효 간섭 활성화도에 서 트래픽이 없을 때에는 파일럿을 전송하지 않으므로 식 (18)의 마지막 항은 제외된다. 여기서 파일럿의 버스트는 트래픽의 버스트와 크기가 동일하다고 가정하였다.

5) Type 2-4

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (1-\phi_{sig} + \Psi_{rp}' \phi_{sig})\alpha_d(1-\alpha_s) + (\Psi_{rp}' + \phi_{sig} - \Psi_{rp}' \phi_{sig})(1-\alpha_d)\alpha_s \quad (23)$$

Type 2-2와  $\Psi$ ,  $R$ 은 동일하고, 버스트 파일럿이므로 유효 간섭 활성화도에서 식 (21)의 마지막 항이 없는 것을 제외하면 Type 2-2와 동일하다.

6) Type 3-1

$$\Psi = 1, \quad R = R_p + R_d + R_s \quad (24)$$

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (1-l_s)\alpha_d(1-\alpha_s) + (1-l_d)(1-\alpha_d)\alpha_s + l_p(1-\alpha_d)(1-\alpha_s) \quad (25)$$

$$l_p = R_p/R, \quad l_d = R_d/R, \quad l_s = R_s/R \quad (26)$$

파일럿 심볼, 데이터, 제어신호를 모두 하나의 트래픽 채널에서 다중화하여 전송하므로 이동국의 총 전력은 트래픽 채널에 모두 할당되며, 채널 전송률은 각각의 전송률의 합이 된다. 위 식에서  $R_p$ 는 파일럿 심볼의 전송률이며,  $l_p$ ,  $l_d$ ,  $l_s$ 는 한 프레임 안에서 파일럿, 데이터, 신호들이 각각 차지하는 비율이다. 또한, 다음의 표 3으로부터 유효 간섭 활성화도를 식 (25)

와 같이 얻을 수 있다.

표 3. Type 3-1에서 유효 간섭 활성화도

Table 3. Evaluation of the effective interference activity for the type 3-1

Pilot	Data	Signaling	Activity	Frame fraction
○	○	○	$\alpha_d \alpha_s$	$l_p + l_d + l_s = 1$
○	○	×	$\alpha_d(1-\alpha_s)$	$l_p + l_d = 1 - l_s$
○	×	○	$(1-\alpha_d)\alpha_s$	$l_p + l_s = 1 - l_d$
○	×	×	$(1-\alpha_d)(1-\alpha_s)$	$l_p$

7) Type 3-2

$$\Psi = 1 - \Psi_{ps}, \quad R = R_d, \quad (27)$$

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (\Psi_{ps} l_p + 1 - \Psi_{ps})\alpha_d(1-\alpha_s) + \Psi_{ps}(1-\alpha_d)\alpha_s + \Psi_{ps} l_p(1-\alpha_d)(1-\alpha_s) \quad (28)$$

파일럿 심볼과 신호를 다중화한 파일럿 + 신호 부채널과 데이터 부채널로 구성되므로 이동국 전력의  $(1-\Psi_{ps})$  비율이 데이터 부채널에 할당된 전력이며, 데이터 부채널의 전송률은 데이터 전송률과 같다. 또한  $\alpha$ 는 다음 표 4와 같이 얻을 수 있다.

표 4. Type 3-2에서 유효 간섭 활성화도

Table 4. Evaluation of the effective interference activity for the type 3-2

Pilot	Data	Signaling	Activity	Frame fraction		Power fraction	
				P+S	D	P+S	D
○	○	○	$\alpha_d \alpha_s$	1	1	$\Psi_{ps}$	$1 - \Psi_{ps}$
○	○	×	$\alpha_d(1-\alpha_s)$	$l_p$	1	$\Psi_{ps}$	$1 - \Psi_{ps}$
○	×	○	$(1-\alpha_d)\alpha_s$	1	0	$\Psi_{ps}$	$1 - \Psi_{ps}$
○	×	×	$(1-\alpha_d)(1-\alpha_s)$	$l_p$	0	$\Psi_{ps}$	0

8) Type 3-3

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (1-l_s)\alpha_d(1-\alpha_s) + (1-l_d)(1-\alpha_d)\alpha_s \quad (29)$$

$\Psi$ 와  $R$ 은 Type 3-1과 동일하며, 유효 간섭 활성화도에서는 식 (25)의 마지막 항을 제외한다.

9) Type 3-4

$$\alpha = \alpha_d \alpha_s + (\Psi_{ps} l_p + 1 - \Psi_{ps})\alpha_d(1-\alpha_s) + \Psi_{ps}(1-\alpha_d)\alpha_s \quad (30)$$

Type 3-2와  $\Psi$ 와  $R$ 은 동일하며, 유효 간섭 활성도에서는 식 (28)의 마지막 항을 제외한다.

#### IV. 수치해석 및 결과

파일럿 채널 전송 방식에서 복조 성능을 향상시키기 위해서는 파일럿 채널의 전력을 크게 해야 한다. 그러나 역방향 링크에서는 파일럿 채널의 전력이 제한 받으므로 복조 성능에 크게 영향을 주지 않는 범위 내에서 파일럿 채널의 전력을 설정해야 한다. 본 논문의 수치 해석에서는 파일럿 채널의 전력을 데이터 채널의 전력의  $-6\text{dB}$ 로 설정하였다[5]. 즉  $\Psi_{rp} = 1/5$ ,  $\Psi_{rp}' = 1/9$  ( $\phi_{sig} = 1/2$ )의 파라미터 값을 사용하였다. 파일럿 심볼 첨가 방식에서 파일럿 심볼을 첨가하는 비율은 적어도 채널의 최대 도플러 천이  $f_{d, \max}$ 의 2배 보다는 커야한다. 즉  $l_p \geq 2f_{d, \max} T$ 을 만족해야 하지만, 파일럿 심볼의 첨가 비율이 작을 경우 채널 추정에 상당한 지연 시간이 필요하다. 본 논문의 수치 해석에서는  $l_p = 1/16$ 을 사용하였다[5]. 또한 수치 해석에서 사용된 파라미터들의 값은 다음과 같다.

$$\alpha_d = 0.4, \alpha_s = 0.01, f_f = 0.55, R_d = 32 \text{ kbps}, R_s = 2 \text{ kbps}$$

$$\Psi_{rp}' = 1/9, \Psi_{rp} = 1/5, \phi_{sig} = 1/2,$$

$$N_0W = 5.16 \times 10^{-14} \text{ W}, (P_{tm})_{\max} = 200 \text{ mW}.$$

표 5에서는 대역폭으로 정규화 시킨 시스템 용량을 각 방식에 따라 구하였고, 이를 그림 2와 3에 파일럿 채널 전송 방식과 파일럿 심볼 첨가 방식 각각에 대

표 5. 대역폭으로 정규화된 시스템 용량

Table 5. Capacity normalized by the bandwidth

Type	$\Psi$	$\alpha$	R	$(N_c - 1) / W$
1	1	0.41	32	$49.2 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_1$
2-1	0.8	0.50	34	$30.3 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_2$
2-2	0.4	0.29	32	$27.8 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_2$
2-3	0.8	0.38	34	$39.9 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_2$
2-4	0.4	0.23	32	$35.1 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_2$
3-1	1	0.42	36.3	$42.3 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_3$
3-2	0.5	0.24	32	$42.0 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_1$
3-3	1	0.38	36.3	$46.8 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_3$
3-4	0.5	0.22	32	$45.8 \times 10^{-6} / (E_s / \eta_0)_3$

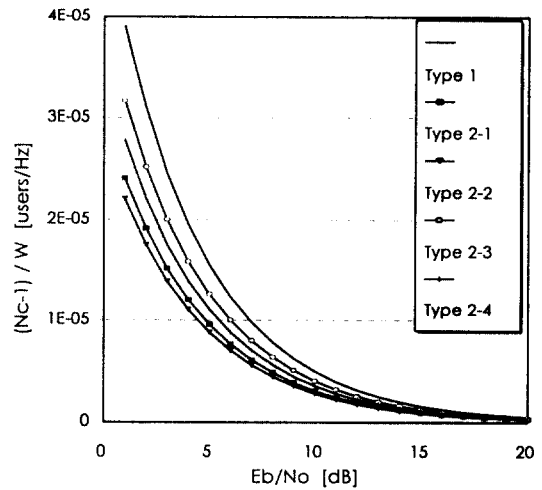


그림 2. 파일럿 채널 전송 방식의 대역폭으로 정규화된 시스템 용량

Fig. 2. Normalized capacity for the external-pilot systems.

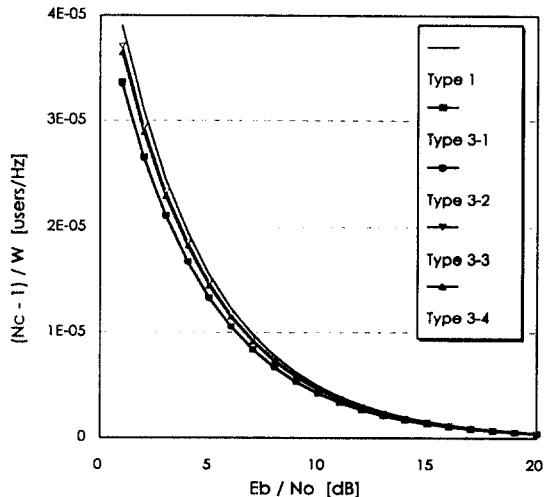


그림 3. 파일럿 심볼 첨가 방식의 대역폭으로 정규화된 시스템 용량

Fig. 3. Normalized capacity for the internal-pilot systems.

하여 대역폭으로 정규화된 시스템 용량을 비코히런트 방식(Type 1)과 비교하여 나타내었다.

전체적으로 파일럿 첨가 방식은 파일럿 채널 전송 방식에 대해 상당한 우위를 가지고 있으며, 연속 파일럿과 버스트 파일럿의 비교에서는 버스트 파일럿이,

제어 신호 방식의 비교 면에서는 제어 신호를 시분할 다중화하는 방식이 우위를 가진다. 또한 특정 비트 오류율을 만족시키기 위해 요구되는  $E_b/\eta_0$  값은 비동위상 방식 ( $E_b/\eta_0$ )<sub>1</sub>, 파일럿 채널 전송 방식 ( $E_b/\eta_0$ )<sub>2</sub>, 파일럿 심볼 전송 방식 ( $E_b/\eta_0$ )<sub>3</sub> 각각에서 링크 복조 성능에 따라 다른 값을 가질 수 있다. 외부 파일럿 전송 방식과 파일럿 심볼 전송 방식이 비동위상 방식보다 시스템 용량 면에서 우위를 가지기 위한  $E_b/\eta_0$  값을 구해 본다. 각 타입에서 가장 우수한 용량을 갖는 Type 2-3 과 Type 3-3에 대해서 다음의 조건을 만족해야 한다.

$$49.2 \times 10^{-6} / (E_b/\eta_0)_1 < 39.9 \times 10^{-6} / (E_b/\eta_0)_2$$

$$49.2 \times 10^{-6} / (E_b/\eta_0)_1 < 46.8 \times 10^{-6} / (E_b/\eta_0)_3$$

위의 조건에서  $(E_b/\eta_0)_1 = 7$  dB라 하면,  $(E_b/\eta_0) < 6.09$  dB,  $(E_b/\eta_0)_3 < 6.78$  dB를 얻는다. 따라서 외부 파일럿 전송 방식이 파일럿 심볼 전송 방식 보다 더 적은 값에서도 특정 비트오류율을 만족해야 하므로, 파일럿 전송 방식의 수신기는 상대적으로 더 우수한 복조 성능을 가져야만 동일한 용량을 얻을 수 있다. 수신기의 복조 성능을 높이기 위해서는 상당히 복잡한 복조기가 요구된다.

그림 4는 역방향 트래픽 데이터 채널에 대한 최대 전송 손실을 셀 부하에 따라 나타낸 것으로 제어신호 전송 방식에서 제어신호를 분리하지 않는 방법이 더 큰 전송 손실을 갖는다. 이는 이동국의 전력이 분리

된 신호 부채널과 데이터 부채널로 나뉘어졌기 때문이다. 또한 파일럿 전송 방식 면에서 파일럿 심볼 추가 방식인 Type 3-1(또는 3-3) 시스템이 Type 1보다 더 큰 전송 손실 값을 갖는다. 이는 같은 조건에서 Type 3-1(3-3) 시스템이 더 큰 셀 영역을 갖는다는 것을 의미한다.

### V. 결 론

본 논문에서는 광대역 DS-CDMA 시스템에서 여러 역방향 논리 채널 구성 방식에 따라 시스템 용량과 셀 영역 면에서 성능 비교를 하였다. 파일럿 심볼 추가 방식이 파일럿 채널 전송 방식에 비해 상당히 우수한 것으로 결과를 얻었으며, 버스트한 파일럿 심볼을 데이터와 제어 신호와 함께 다중화하여 전송하는 방식이 두 가지 성능 면에서 가장 우수한 성능을 가지는 것으로 결과를 얻었다. 물론, 다른 시스템 파라미터를 사용하여 다른 결과를 얻을 수 있지만, 그 사용된 파라미터가 타당하다면, 본 논문의 결론과 같이 파일럿 심볼 추가 방식이 우수하다는 결론을 얻을 것이다. 이러한 성능 분석을 통한 비교는 광대역 DS-CDMA 개발에 있어 역방향 채널에서 파일럿 채널보다는 파일럿 심볼 추가 방식에 대한 연구에 타당성을 제공한다.

### 참 고 문 헌

1. Alfred Baier, etc., "Design Study for a CDMA-Based Third Generation Mobile Radio System." *IEEE J-SAC*, vol.12, no.4, May 1994.
2. Donald L. Schilling, etc., "Broadband CDMA for Personal Communications Systems," *IEEE Commun. Mag.*, Nov. 1991.
3. *Proposed Wideband CDMA PCS standard*, Inter-Digital & Oki, Jan. 1995.
4. *Radio system characterization for the proposed IS-95 based CDMA PCS standard*, Qualcomm, Nov. 1994.
5. Akihro Higashi, etc., "Performance of Coherent Detection and RAKE for DS-CDMA Uplink Channels," *PIMRC'95*, pp. 436-440, Sep. 1995.

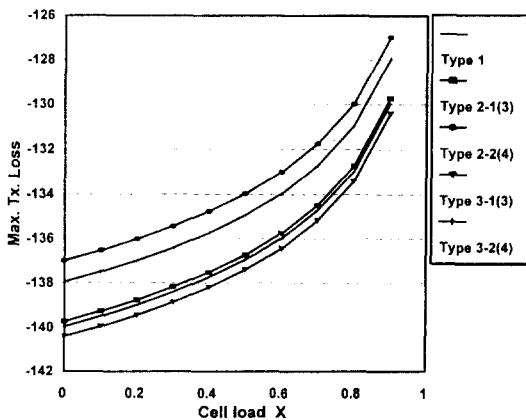


그림 4. 최대 전송 손실  
Fig. 4. Maximum transmission loss.





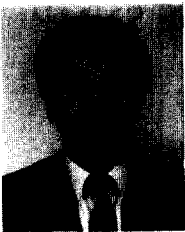
임 광 재(Kwang Jae Lim)정회원

1992년 2월:인하대학교 전자공학과 학사 졸업

1994년 2월:인하대학교 전자공학과 전자통신공학 석사 졸업

1994년 3월~현재:인하대학교 전자공학과 전자통신공학 박사과정

※주관심분야:다중 접속 방식, 이동 및 위성 통신 시스템, 무선 ATM



곽 경 섭(Kyung Sub Kwak) 정회원

1977년 2월:인하대학교 전기공학과 학사 졸업

1979년 2월:인하대학교 전기공학과 석사 졸업

1981년 12월:미 Univ. of So. Calif. 전자공학 석사 졸업

1988년 2월:미 Univ. of Calif. 통신

이론 및 시스템 박사 졸업

1988년 2월~1989년 2월:미 Hughes Network Systems 연구원

1989년 2월~1990년 3월:미 IBM Network Analysis Center 연구원

1990년 3월~현재:인하대학교 전자공학과 부교수

1995년 1월~현재:한국통신학회 상임이사

1995년 1월~현재:IEEE Seoul Section 총무 및 재무이사

※주관심분야:디지털 통신 공학, 다중 접속 방식, 이동 통신 시스템, ATM