

## W-CDMA 시스템에서의 고속 패킷 데이터 서비스를 위한 DPCH/DSCH pair의 전력 제어 문제점 분석

서영주<sup>o</sup>, 안재민,

장경희\*, 송영석\*

충남대학교 정보통신공학과 이동멀티통신 연구실,

한국 전자 통신 연구원 단말기 모델팀\*

### Analysis of power control problem of DPCH/DSCH pair for high speed packet data service within W-CDMA system

Young Ju Seo<sup>o</sup>, Jae Min Ahn,

Kyung Hi Chang\*, Young Seog Song\*

Mobile Multi-Communication Lab., Dept. of Information Communication Engineering, Chungnam National University<sup>o</sup>

UE Modem Research Team, Electronics & Telecommunications Research Institute\*

yjseo@seolhwa.cnu.ac.kr

#### Abstract

Downlink Shared Channel (DSCH) is used for high-speed packet service transmission in WCDMA. The power-controlled performances of the DSCH are studied through simulation works. Under various channel conditions and mobile speeds, the simulation results show that current power control scheme in WCDMA, especially for the DSCH power control, has some problems.

In this paper, cause of problems is revealed. Also, the quantitative result related to the DSCH power control problem is analyzed.

#### 1. 서론

W-CDMA 시스템에서는 고속 패킷 데이터 서비스를 위하여 down-link 에 DSCH(Downlink Shared Channel) 라는 패킷 전용 채널을 정의하고 있다. DSCH 는 여러 UE(User Equipment)들에 의해 공유되는 downlink transport channel 이며 하나 이상의 DCH(Dedicated Channel)와 연관되어 사용된다. DCH 는 DSCH 를 decode 하기 위한 정보와 전력 제어 정보 등을 제공한다.<sup>[1][2][3]</sup>

일반적으로 DCH 와 DSCH 는 속성을 달리하는 채널이다. 즉, DCH 는 패킷의 흐름 제어를 담당하기

때문에 채널에서 허용 가능한 에러 확률이 상당히 낮은 수준을 요구한다. 그러나 DSCH 는 패킷 데이터를 전달하는 채널이기 때문에 수신 패킷에서 에러가 발생할 경우에는 재전송 등의 방법에 의해 패킷을 다시 수신할 수 있다. 그렇기 때문에 요구되는 에러율이 DCH 에 비해서는 높게 유지되어도 관계가 없다는 것이 일반적인 생각이다. 그러나 이러한 재전송의 경우에는 시스템의 throughput 을 저하시키는 요인이 되므로 가능하다면 재전송의 확률을 줄일 수 있도록 하여야 한다.

고속 패킷 데이터 서비스에서 만족할 만한 성능을 얻기 위하여 전력 제어는 기본적으로 필요하다. 하지만 DCH 와 DSCH 와 같이 다른 속성을 가지는 채널들을 동시에 전송할 경우에는 기존의 전력 제어 방법을 적용하는 것이 기대했던 만큼의 성능을 얻을 수 있을 것인가는 생각해볼 문제이다.

본 논문에서는 DCH 와 DSCH 가 동시에 전송되는 상황에서 기존의 전력 제어 방식을 따를 경우에 DCH 와 DSCH 성능의 불일치가 전력 제어의 문제점으로 작용될 수 있음을 나타내었고 그 문제점이 성능에 어떤 영향을 미치는지에 대해 시뮬레이션을 통해 분석하였다. 본 논문의 구성은 2 장에서 DPCH/DSCH pair 에서의 전력 제어 방식을 살펴보고 3 장에서 DSCH 성능과 DPCH 성능이 일치되지 않는 요인들을 살펴보고 4 장에서 모의 실험을 통해 결과를 분석하고 5 장에서 결론을 맺고 있다.

## 2. DPCH/DSCH pair 에서의 전력제어 방식

W-CDMA 시스템에서는 기본적으로 SIR 기반의 fast Inner-loop power control 방식과 outer-loop power control 방식이 사용된다. Down-link 의 관점에서 Inner-loop power control 의 동작을 보면 단말기에서 매 slot(혹은 3slot)마다 측정된 SIR 과 목표(Target) SIR 을 비교하여 TPC(Transmit Power Control) command bit 를 생성하고 이 TPC command bit 는 up-link 채널에 의해 기지국에 전달된다. 측정된 SIR 값 이 목표 SIR 보다 높으면 TPC command bit 는 "0"이 되고 낮으면 "1"이 된다. 기지국은 TPC command bit 를 수신하여 그 값에 따라 송신 전력을 제어하게 되는데 "0"으로 결정되면 송신 전력을 전력 제어 스텝 크기 만큼 감소시키고 "1"로 결정되면 스텝 크기 만큼 증가시킨다. 그림 1 은 이러한 과정들을 단말기 관점으로 나타낸 것이다. [1][2][3]

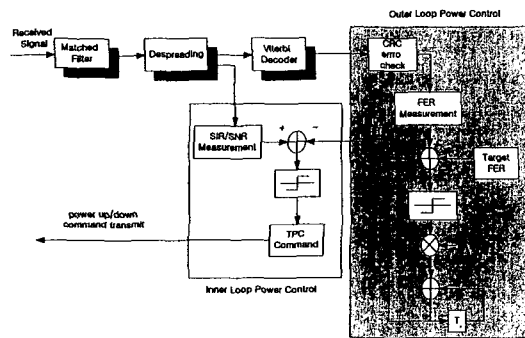


그림 1. SIR 기반 전력 제어 구성도

패킷 데이터 서비스를 할 때에는 패킷 데이터를 전송하는 채널인 DSCH 와 제어 정보를 전송하는 채널인 DPCH 가 같이 연관되어 사용된다. DPCH 와 DSCH 는 동시에 전송되므로 전력 제어도 같이 이루어진다. DPCH 기준으로 inner-loop power control 과 outer-loop power control 이 수행되고 그 수행 결과가 DPCH 와 DSCH 둘 다에 적용된다.

그러나 DPCH 와 DSCH 는 용도가 다른 채널이므로 요구되는 quality 가 다를 수 있다. 즉, 목표 FER 이 다를 수 있는데 DPCH 의 관점으로만 전력 제어를 하여 DSCH 에 DPCH 와 동일한 gain 을 주는 것은 맞지 않을 수 있다. 그렇기 때문에 DSCH 의 gain 에는 DPCH 의 gain 에 대비하여 offset 값을 추가하는 방법을 사용하고 있다. 식(1)과 같이 DPCH gain 에 gain offset 을 더 곱해서 DSCH gain 을 설정해 주므로 DPCH 와는 다른 전력을 필요로 하는 DSCH 의 요구를 만족시키는 것이다.

$$Gain(DSCH) = Gain(DPCH) * GainOffset \quad (1)$$

DSCH 에는 전력 제어 명령 비트를 전달할 만한

제어 정보 필드를 가지고 있지 않기 때문에 제어 정보 필드를 가지는 DPCH 와 함께 전달되도록 해서 DPCH 가 전력 제어가 이루어 질 때 동시에 DSCH 도 전력 제어가 이루어 지도록 하고 있다.

$$g\_DPCH(n+1) = g\_DPCH(n) * \Delta g \quad (2)$$

$$g\_DSCH(n+1) = g\_DSCH(n) * \Delta g \quad (3)$$

$g\_DPCH(n)$ 과  $g\_DSCH(n)$ 은 현재 slot 의 DPCH 와 DSCH 의 gain 이고  $\Delta g$  는 power up/down step 이며  $g\_DPCH(n+1)$ 과  $g\_DSCH(n+1)$ 은 다음 slot 의 DPCH 와 DSCH 의 gain 이다.

## 3. DSCH 성능과 DPCH 성능의 불일치

DSCH 를 이용한 data service 에 있어서 고려해야 할 문제점은 DSCH 와 DPCH 간의 성능이 균형을 이루고 있지 못하다는 점이다. DSCH 와 DPCH 는 용도가 다른 채널이기 때문에 근본적으로 송신 신호를 생성하는 방식에서부터 많은 차이가 있다. 대표적인 것은 다음과 같다.

- ① DSCH 와 DPCH 의 채널 용도의 차이 : DPCH 는 데이터 흐름 제어를 위한 제어 채널의 용도로 이용되지만 DSCH 는 패킷 데이터를 전달하기 위한 채널이며 여러 사용자가 share 하여 사용하므로 한 사용자를 기준으로 보았을 때 항상 DSCH 로 데이터가 수신되는 것은 아니다.
- ② DSCH 와 DPCH 의 channel coding 방식의 차이 : DPCH 는 convolutional coding 방식이 적용되며 DSCH 의 경우에는 high data rate 채널이므로 turbo coding 방식이 적용된다.
- ③ DSCH 와 DPCH 의 block length 의 차이 : DSCH 의 경우에는 각각의 user 당 할당 시간이 10msec 기준이므로 각 사용자별 DSCH block length 는 기본적으로 10msec 로 고정된다. 그러나 DPCH 의 경우에는 DSCH 에 대한 제어 용도라면 block length 가 20msec 이상일 것으로 생각된다. 이러한 차이는 interleaver 에 의한 time diversity 성능의 차이를 가져오게 된다.

위의 여러 차이점으로 인해 DSCH 와 DPCH 의 성능이 다를 것임을 예측할 수 있다.

## 4. 모의 실험 결과 및 분석

Simulator 는 3GPP spec.을 기준으로 하여 기본적인 downlink link simulator 를 구성하였다. DPCH 는 12.2kbps 인 경우이고 20ms 단위로 frame 을 구성하였고 DSCH 는 384kbps 인 경우이고 10ms 단위로 frame 을 구성하였다. 채널은 Jakes 모델을 이용하여 1-path 와 2-path 의 fading 채널 환경을 설정하였고

이동국의 속도는 다양하게 변화를 주었으며 channel coding 방식은 1/3 convolutional coding 방식을 사용하였다.

그림 2, 3 은 각각 1-path 와 2-path 일 때 DSCH 와 DPCH 의 성능을 비교한 것인데 이동국의 속도와 path 의 개수에 따라 DPCH 와 DSCH 의 성능에 차이가 나타남을 알 수 있다. 1-path 와 2-path 모두에서 DPCH 의 BLER 이 1%를 만족하기 위해서 필요한 전력과 DSCH 의 BLER 이 1%를 만족하기 위해서 필요한 전력이 속도에 따라 다르게 나타나는 것을 볼 수 있다. 또한 DPCH 의 BLER 이 1%인 경우와 DSCH 의 BLER 이 1%,5%,10%,15%인 경우가 평행한 패턴으로 나타나지 않는 것을 볼 수 있다. 그렇기 때문에 DPCH 의 gain 에 단순히 고정된 offset 을 주어 DSCH 의 gain 을 설정하는 방법은 DSCH 에 대해 적절한 성능을 얻을 수 없음을 알 수 있다.

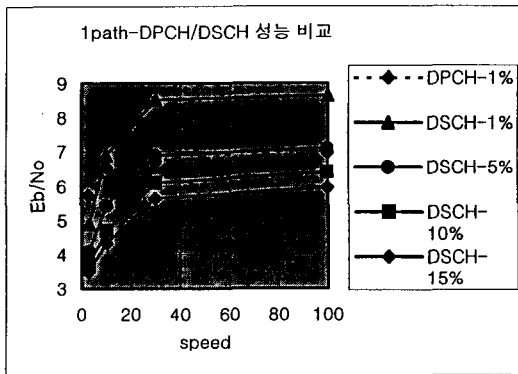


그림 2. 1-path DPCH/DSCH 성능 비교

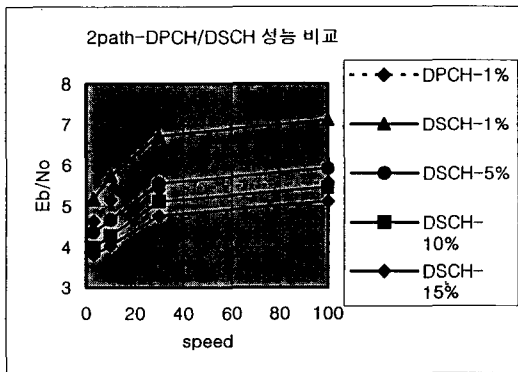


그림 3. 2-path DPCH/DSCH 성능 비교

표 2. 부터 표 9. 에서는 설정된 채널 환경에서 DSCH 가 목표한 BLER 을 달성하기 위해 필요한 DSCH offset 값을 주고 설정된 채널 환경과는 다른 채널 환경에서 DSCH 의 성능이 어떻게 나타나는지를 살펴보았다. 설정된 채널 환경에 적합한 DSCH

offset 값을 준 상황에서 이동국 속도가 바뀌었을 때 나타나는 실제 DSCH 의 BLER 과 DSCH 의 전력 증가량과 전송 delay 를 그림 4 와 식 4 를 이용하여 나타내었다.

$$D = T_r / (1-P) + P T_r / (1-P) \quad (4)$$

P 는 packet 의 BLER 을 나타내고  $T_r$  은 packet 을 전송하는데 걸리는 시간,  $T_r$  은 전송 실패에 의해 지연되는 시간(재전송 시간 포함)을 나타낸다.

표 2. 에서는 1-path 이고 이동국 속도는 3km 인 채널 환경에서 BLER 5%를 얻을 수 있는 offset 값을 DSCH 에 설정해 주었다. 그 때에 실제 이동국 속도가 3km 이면 DSCH 의 전력 증가량은 0dB 이고 DSCH 의 BLER 도 목표한 대로 5%를 만족한다. 하지만 실제 이동국 속도가 30km 이거나 100km 이면 목표한 BLER 5%를 달성하기에는 DSCH 의 전력이 부족하게 되고 따라서 전송 delay 와 DSCH 의 BLER 도 많이 나빠지게 됨을 볼 수 있다. 다른 채널 환경에 대한 offset 을 설정한 경우들에서도 실제 이동국의 속도가 설정된 채널 환경과 같은 속도를 가지는 경우에는 DSCH 의 전력 증가량이 0dB 이고 DSCH 의 BLER 도 목표한 바대로 나타나지만 다른 속도를 가지는 경우에는 DSCH 의 전력이 부족하거나 낭비되어 DSCH 의 BLER 과 전송 delay 도 목표보다 좋게 나타나거나 나쁘게 나타나게 된다. 이와 같이 offset 값이 필요 이상으로 크게 주어지면 전력이 낭비되고 또 offset 이 너무 작게 설정되면 DSCH 의 BLER 의 증가로 인해 전송 delay 가 증가하게 되어 시스템의 성능을 떨어뜨리게 된다. 위의 결과로 볼 때, DPCH 와 DSCH 의 성능의 차이가 있는 상황에서 DPCH 를 기반으로 전력 제어하고 거기에 고정된 offset 만 추가하여 DSCH 의 전력 제어를 한다면 DSCH 의 전력 제어가 제대로 이루어지지 않아서 원하는 DSCH 성능을 가질 수 없음을 알 수 있다. 따라서 채널 환경에 따라 적절한 offset 값을 선택해야 원하는 DSCH 의 성능을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

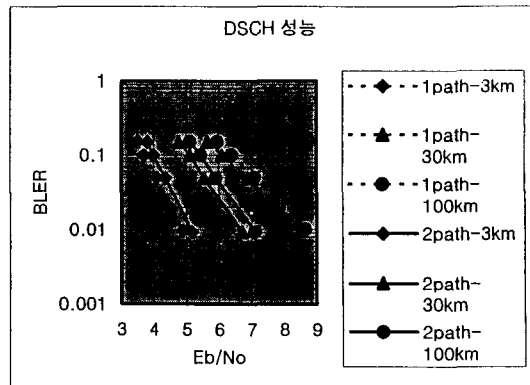


그림 4. DSCH 성능 곡선

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.053 T_t + 0.052 T_R$	5 %	0 dB
30km	$2 T_t + T_R$	50 %	-1.8 dB
100km	$2 T_t + T_R$	50 %	-1.76 dB

표 2. 1-path case, offset for 3 km, DSCH BLER 5%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.176 T_t + 0.176 T_R$	15 %	0 dB
30km	$2 T_t + T_R$	50 %	-1.15 dB
100km	$2 T_t + T_R$	50 %	-1.22 dB

표 3. 1-path case, offset for 3 km, DSCH BLER 15%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.008 T_t + 0.008 T_R$	0.8 %	1.76 dB
30km	$1.055 T_t + 0.055 T_R$	5.2 %	-0.04 dB
100km	$1.053 T_t + 0.052 T_R$	5 %	0 dB

표 4. 1-path case, offset for 100km, DSCH BLER 5%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.044 T_t + 0.044 T_R$	4.2 %	1.22 dB
30km	$1.161 T_t + 0.161 T_R$	13.9 %	0.07 dB
100km	$1.176 T_t + 0.176 T_R$	15 %	0 dB

표 5. 1-path case, offset for 100km, DSCH BLER 15%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.053 T_t + 0.052 T_R$	5 %	0 dB
30km	$1.125 T_t + 0.125 T_R$	11.1 %	-0.41 dB
100km	$1.199 T_t + 0.199 T_R$	16.6 %	-0.61 dB

표 6. 2-path case, offset for 3km, DSCH BLER 5%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.176 T_t + 0.176 T_R$	15 %	0 dB
30km	$1.271 T_t + 0.271 T_R$	21.3 %	-0.18 dB
100km	$1.441 T_t + 0.441 T_R$	30.6 %	-0.36 dB

표 7. 2-path case, offset for 3km, DSCH BLER 15%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.021 T_t + 0.021 T_R$	2.1 %	0.61 dB
30km	$1.038 T_t + 0.038 T_R$	3.7 %	0.2 dB
100km	$1.053 T_t + 0.052 T_R$	5 %	0 dB

표 8. 2-path case, offset for 100km, DSCH BLER 5%

speed	Delay	DSCH BLER	DSCH power 증가량
3km	$1.106 T_t + 0.106 T_R$	9.6 %	0.36 dB
30km	$1.136 T_t + 0.136 T_R$	12 %	0.18 dB
100km	$1.176 T_t + 0.176 T_R$	15 %	0 dB

표 9. 2-path case, offset for 100km, DSCH BLER 15%

## 5. 결론

W-CDMA 시스템에서 고속 패킷 데이터 전송을 위해 정의된 DSCH 는 여러 단말이 공유하는 공통

채널로서 기지국에서 scheduling 을 해서 각각의 단말들이 시분할 적으로 데이터를 전달하도록 한다. 그렇기 때문에 자체적인 전력 제어는 이루어질 수 없고 DPCH 를 기준으로 전력 제어를 하고 거기에 고정 offset 을 주어 DSCH 의 전력을 제어하게 된다. 하지만 DPCH 와 DSCH 는 다른 속성들을 가진 채널이기 때문에 둘의 성능이 일치되지 않으며 그로 인해 기존의 전력 제어 방식으로는 DSCH 에 대하여 원하는 성능을 얻을 수 없음을 확인할 수 있었다. 또한 채널 환경에 따라 적절한 offset 을 선택해야 함을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 DPCH 와 DSCH 의 성능 차이로 인해 DPCH/DSCH pair 의 전력 제어에서 문제가 발생함을 분석하였고 시뮬레이션 을 통해서 증명하였다. 그 외에도 DPCH/DSCH pair 의 전력 제어에서 예상 가능한 문제점은 송신 전력에 제약이 존재하는 것이다. DSCH 와 같이 큰 전력을 사용하는 채널에서 fluctuation 이 발생하면 송신 전력에 제약이 생기게 되고 그것은 예상 BLER 보다 더 나쁜 성능을 나타내게 될 것이다. 이 문제점은 차후에 더 정확한 확인이 필요할 것이다.

본 분석을 바탕으로 DPCH/DSCH pair 에서의 개선된 전력 제어 방식 도입의 필요성과 향후에 이루어져야 할 개선 방향들을 연구하는데 기본 자료로 삼을 수 있을 것이다.

## 참고문헌

- [1] 3GPP TS25.211-TS25.215
- [2] Harri Holma, Antti Toskala, WCDMA for UMTS, WILEY, 2000.
- [3] Flavio Muratore, UMTS Mobile Communications for the Future, WILEY, 2001.
- [4] John G. Proakis, Digital Communications, McGraw-Hill, 2001.
- [5] S. Ariyavisitakul, "SIR-Based Power control in a CDMA System," *Conf. Rec. IEEE GLOBECOM'92*, Orlando, FL, Dec. 1992, pp. 868-873.
- [6] S. Ariyavisitakul and L.F. Chang, "Signal and interference statistics of a CDMA system with feedback power control," *IEEE Trans. Commun. Mag.*, vol. COM-41, pp. 1626-1634, Nov. 1993.
- [7] R.R. Gejji, "Forward link power control in CDMA cellular systems," *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 41, pp. 532-536, Nov. 1992.
- [8] Paul Mariner, Slaheddin Aridhi, Vincent Roy, Jean-Louis Gauvreau, Venkatesh Sampath, Marilyn Poirier, "Performance impact of limited downlink dynamic range of power control on 3G WCDMA," in *Proc. IEEE 51st VTC*, May 2000, Tokyo.