

WCDMA 소프트 핸드오버 시 하향 병렬 전송 전력 제어 알고리즘

준회원 한 영욱*, 서경진*, 종신회원 박승권**

Downlink Parallel Transmit Power Control Algorithm during Soft handover for WCDMA System

Young uk Han*, Seo kyung Jin* Associate Members, Sung kwon Park** Life Members

요 약

본 논문에서는 무선 인터페이스에서 최저의 간섭 레벨을 유지하고 요구된 QoS를 제공하기 위해 사용되는 SIR (Signal-to-Interference Ratio) 기반의 페루프 전력 제어 알고리즘 대신 Soft Symbol을 이용한 Soft Symbol 알고리즘과 함께 병렬 알고리즘을 적용한 페루프 전력 제어에 대한 연구를 하였다. SIR 기반 알고리즘과 Soft Symbol 기반 알고리즘을 이용한 전력 제어에 대한 성능 평가를 하여 Soft Symbol 기반 알고리즘을 이용한 전력 제어 성능이 향상 되었고, 병렬 알고리즘을 이용한 페루프 전력 제어에서는 SIR 기반의 전력 제어보다 15~20%의 우수한 성능을 보였다.

Key Words : WCDMA, UMTS, RRM, SIR, TPC

ABSTRACT

This paper for establishing the reliability of the TPC command is introduced, where the soft symbol of the TPC command itself is directed used as a reliability indicator. In addition to the new reliability estimation, the concept of parallel use of TPC algorithms is presented. The results show that the soft symbol reliability estimation decrease the P_{tx} levels with 0.3 dB, thus providing a useful capacity gain. The parallel use of 2 to 4 algorithms is also shown to decrease the sensitivity of the algorithms to the algorithm thresholds used, and thus increase the feasibility of the algorithms in a real world networks.

I. 서론

최근 세계 주요 지역에서는 제 3세대 이동 통신 시스템의 표준화 작업이 빠르게 진행되고 있다. ITU(International Telecommunications Union)에서는 IMT(International Mobile Telephony)-2000으로, ETSI(European Telecommunications Standards Institute)에서는 UMTS(universal mobile telecommunica-

tions system)와 같은 제 3 세대 시스템은 현재 제 2세대 시스템(GSM(Global System for Mobile), IS-136(Interim Standard-136), IS-95)에서 제공하는 서비스를 고속 데이터용량을 갖도록 확장시킬 것이다. 고속 데이터 서비스를 위한 주요 응용 기능은 무선 패킷 전송이 될 것이다. 한편, UMTS는 비디오 같은 고속 회로 교환 서비스 또한 지원할 것이다. 일반적으로, 이동 네트워크에서의 전력 제어는 기지국

* 한양대학교 전자통신전공학과대학원 응용통신연구실 (hans0317@hotmail.com)

** 한양대학교 전자전기컴퓨터공학부 (sp2996@hanyang.ac.kr)
논문번호 : 040172-0507, 접수일자 : 2004년 5월 7일

에 가까이 있는 이동국과 멀리 떨어져있는 이동국이 있을 때 발생하게 되는 원근 문제(Near-Far Problem)를 해결하기 위한 보상이 필요하다. 전력 제어는 기지국에서 더 가까이 위치한 이동국이 기지국과 기지국으로부터 멀리 위치한 이동국사이의 연결을 막지 않도록 하기 위해 필요하다.

UTRA-FDD(UMTS Terrestrial Radio Access Frequency Division Duplex) 같은 WCDMA에서 고속 전력 제어는 아마 가장 중요한 사항이다^[1]. 고속 페루프 전력 제어는 레일리(Rayleigh) 페이딩 제거를 위해 상향과 하향 모두에서 필요하다. 빠른 동작은 레일리 페이딩을 보상하기 위해서 필수적이며 페루프 전력 제어 명령은 WCDMA의 매 슬롯마다 나타난다^[2]. 전력 제어 명령은 일반적으로 SIR 측정을 기반으로 한다. SIR 값은 외부 루프 전력 제어에 의해 링크의 질을 측정하고 다른 서비스의 요구 사항과 비교함으로써 조정되는 미리 정의된 SIR 임계값과 비교를 하여 측정한다^[3].

본 논문은 하향 고속 페루프 전력 제어 시 전송 전력 레벨을 기존의 SIR 기반 알고리즘을 사용했을 때보다 낮추고, 잡음에 의해 변질될 수 있는 전력 제어 명령의 신뢰도를 높이기 위한 소프트 심볼 기반 알고리즘을 제안한다. 이 알고리즘은 소프트 핸드오버 시, 즉 하나이상의 기지국이 이동국과 연결되어 있을 때의 페루프 전력 제어 동작을 다룬다. 새롭게 제안한 알고리즘의 시작점은 SIR기반 고속 전력 제어 알고리즘이며, 새로운 알고리즘 방식과 기존의 SIR 기반 방식의 성능을 비교한다. 전체 신뢰도를 향상시키기 위한 이들 알고리즘의 병렬 사용 또한 논의된다.

본 논문은 다음과 같은 구성으로 되어 있다. 2장에서는 이전 관련 연구를 재고하고, 3장에서는 무선 자원 관리에 대해 상세히 기술한다. 또한, 4장과 5장에서는 본 논문에서 새롭게 제시하는 병렬 TPC (Transmit Power Control) 알고리즘과 이에 대한 성능 평가를 포함한다. 마지막으로 본 논문의 결론은 6장에서 기술된다.

II. 일반적 고속 전력 제어

2.1 SIR 기반 전력 제어 알고리즘

SIR를 이용한 알고리즘은 제 3세대 GPP를 위한 표준화 작업의 시작점으로 간주되어 왔다. 다이버시티가 없는 핸드오버 시 SIR 기반 페루프 TPC 알고리즘의 기본동작은 다음과 같이 요약할 수 있다^[4].

- 기지국에서 매 송신기 전력 주기마다 수신된 SIR값을 측정한다.
- 측정된 SIR값이 기준 SIR보다 높으면 TPC 비트는 '0'이 되고, 기준 SIR보다 낮으면 TPC 비트는 '1'이 된다.
- 전력 제어 결정은 수신된 TPC 비트를 기반으로 이동국에서 하게 되고, 이동국은 수신한 TPC 비트가 '0'이면 그 슬롯에 해당하는 TPC_cmd 파라미터를 -1로 바꾸어 이동국의 전송전력(P_{tx})를 1dB 만큼 줄이게 되고, '1'이면 TPC_cmd를 1로 바꾸어 1dB 만큼 전력을 올리게 된다.

2.2 상향 내부 루프 전력 제어

상향 내부 루프 전력 제어는 수신된 상향 SIR이 주어질 SIR 목표치 (SIRtarget)를 유지하도록 기지국의 P_{tx} 를 조정한다. 기지국은 수신된 상향 SIR을 추정해야 한다. 이 추정 값을 SIRest라고 한다. DPCH(Dedicated Physical Channel)에서 TPC 명령이 내려지면 다음과 같은 규칙을 따라서 매 슬롯마다 명령을 전송한다^[5].

- SIRest > SIRtarget 이면, TPC 명령은 '0'을 전송한다.
- SIRest < SIRtarget 이면, TPC 명령은 '1'을 전송한다.

2.3 하향 내부 루프 전력 제어

하향 내부 루프 전력 제어 또한 수신된 상향 SIR이 주어질 SIR 목표치 (SIRtarget)를 유지하도록 기지국의 P_{tx} 를 조정하고 다음과 같은 규칙에 의해 TPC 명령이 내려진다^[5].

- SIRest > SIRtarget이면, TPC 명령은 '0'을 전송한다.
- SIRest < SIRtarget이면, TPC 명령은 '1'을 전송한다.

하향에서는 두 가지 전력 제어 모드가 있다.

- DPC_MODE = 0
- DPC_MODE = 1

첫 번째 모드의 경우, 이동국은 각 슬롯에서 고유의 TPC 명령을 보내는데, 이 때 TPC 명령은 상향 지정 물리 제어 채널(DPCCH: Dedicated Physical Control Channel)에서 첫 이용가능 TPC 필드에서 전송된다. 기지국은 전송된 TPC 명령 TPCest가

0인지 1인지 추정해야 한다. 또한 매 슬롯마다 전력을 업데이트 해야 한다.

두 번째 모드의 경우, 이동국은 세 개의 슬롯당 같은 TPC 명령을 반복하고, 프레임의 시작점에서 새로운 TPC 명령을 내리고 전송한다. 기지국은 전송된 TPC 명령 TPCest가 0인지 1인지 추정하고, 세 개의 슬롯마다 전력을 업데이트 해야 한다.

Ⅲ. 무선 자원 관리(RRM: Radio Resource Management)

3.1 이동 네트워크에서의 무선 자원 관리

제 3세대 네트워크에서의 무선 자원 관리는 무선 인터페이스 자원의 이용률을 향상시키고자 함이다. 무선 자원 관리의 이용 목적은 다음과 같이 요약할 수 있다⁶⁾.

- 다양한 응용을 위한 QoS 보장
- 계획된 커버리지 영역의 유지
- 시스템 용량의 최적화

무선 자원 관리는 전력 제어, 핸드오버, 허용 제어, 부하 제어 기능으로 나눌 수 있다.

3.2 전력 제어

일반적으로 이동 통신 시스템에서의 전력 제어는 배터리 수명 문제와 안전성을 이유로 필수적인 요소인 반면, CDMA 시스템에서의 전력제어는 CDMA의 간섭 제한 특성 때문에 필수적이다.

GSM에서는 2 Hz 정도의 저속 전력 제어가 이용되고, IS-95에서는 상향 시 800 Hz의 고속 전력제어를 지원하고 하향 시 50 Hz 정도의 저속 전력 제어 루프가 P_{tx} 를 제어한다. WCDMA에서는 1.5 kHz의 고속 전력 제어를 상향, 하향 모두에서 지원한다^{7, 8, 9)}. 정확하고 빠른 전력 제어는 WCDMA 시스템의 가장 중요한 특성 중의 하나이다.

상향 시와 하향 시 전력 제어가 필요한 이유는 서로 다르며, 전력 제어의 전체적인 목적은 다음과 같이 요약할 수 있다^{7, 8, 9)}.

- 상향 시 원근 문제 극복
- 인터페이스를 제어함으로써 시스템 용량 최적화
- 단말기의 배터리 수명 최대화

WCDMA 시스템에서 서로 다른 이동국에서 보내는 신호는 같은 주파수 대역에서 동시에 전송된다. 전력 제어가 없으면 기지국에서 가장 가까이 있

는 이동국의 신호가 기지국에서 멀리 떨어져 있는 이동국에서 보내는 신호를 가로막아 버릴지도 모른다. 이런 경우, 전력이 센 하나의 이동국이 셀 전체의 신호를 가로막는 최악의 상황이 나타날 수도 있다. 이에 대한 해결책은 서로 다른 이동국에서 보내는 신호가 기지국에 도달했을 때 같은 파워와 SIR을 갖도록 하기 위해 전력 제어를 하는 것이다.

하향 시에는 1대 다 통신이기 때문에 원근 문제가 없다. 전력 제어는 단말기의 이동성, 특히 셀의 경계에 가까이 있을 때 생기는 셀간 간섭을 보상하는 데 대한 책임이 있다. 또한 상향 시 전력 제어는 목표 QoS를 유지함으로써 전체 간섭을 최소화 하는 것이다.

WCDMA 시스템에는 개방 루프 전력 제어, 페루프 전력제어, 외부 전력제어의 세 타입의 전력 제어가 있다.

3.2.1 개방 루프 전력 제어

개방 루프 전력제어는 이동국의 초기 전력 설정을 위해서 UMTS FDD에서 사용된다. 이동국은 AGC (Automatic Gain Control)을 이용하여 수신된 신호의 세기를 측정함으로써 기지국과 이동국 사이의 경로 손실을 추정한다. 추정된 경로 손실을 이용하여 이동국은 상향 전송 파워를 결정할 수 있다. 개방 루프 전력 제어는 TDD(Time Division Duplex)에서는 상향과 하향이 상호적이기 때문에 효과적이지만, FDD(Frequency Division Duplex)에서는 상향과 하향 채널이 서로 다른 대역에서 동작하고 레일리 페이딩이 독립적이기 때문에 효과적이지 않다.

3.2.2 페루프 전력 제어

WCDMA 시스템에서 고속 전력 제어라고도 불리는 페루프 전력 제어는 무선 채널의 페이딩을 없애고 외부 루프에 의해서 설정된 목표 SIR을 보장하기 위해 이동국이나 기지국의 P_{tx} 를 제어한다. 예를 들어, 상향 시 기지국은 매 타임 슬롯(0.625 ms)마다 한번씩 기준 SIR과 이동국으로부터 수신된 SIR을 비교한다. 수신된 SIR이 목표치 보다 크면 기지국은 TPC 명령을 '0'으로 하여 하향 지정 제어 채널을 통해 이동국에 전송한다. 또한, 수신된 SIR이 목표치 보다 낮으면 기지국은 이동국에 TPC 명령 '1'을 전송한다.

3.2.3 외부 루프 전력 제어

외부 루프 전력 제어는 고속 페루프 전력제어에

대한 목표치를 설정함으로써 요구되는 레벨에서 품질 수준을 유지하는 것이 필요하게 된다. 이 외부 루프는 품질이 더 악화되지도 않고 더 좋지도 않은 품질을 제공하는 것을 목표로 한다. 일반적으로 외부 루프 전력 제어 주파수는 10~100Hz이다. 그림 1은 일반적인 외부 루프 전력 제어 알고리즘을 나타낸다.

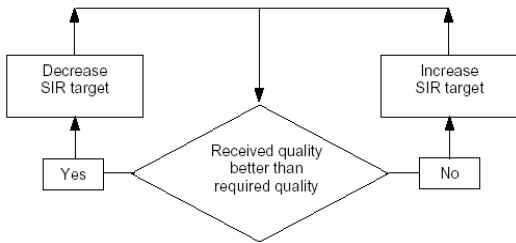


그림 1. 일반적인 외부 루프 전력 제어 알고리즘

외부 루프 전력제어는 요구되는 품질 수준과 수신된 품질 수준을 비교한다. 보통 품질 수준의 목표치는 BER(Bit Error Rate)나 FER(Frame Error Rate) 값으로 정의 된다. SIR 목표치와 품질 목표치 간의 관계는 이동 속도와 다중경로에 의존한다. 수신된 품질이 더 좋으면 현재 SIR 목표치가 요구되는 QoS를 보장하고도 남을 만큼 높다는 것을 의미한다. 따라서 낭비되는 용량을 최소화 하기 위해 SIR 목표치를 줄 일 것이다.

IV. 새로운 하향 병렬 전송 전력 제어 알고리즘

4.1 알고리즘의 장점

본 논문에서 새롭게 제시하는 알고리즘의 주요 장점은 다음과 같다.

- TPC 명령의 신뢰성 추정을 위해 따로 SIR 측정을 하는 대신 TPC 명령 소프트 심볼의 사용한다. 이들 두 방법은 다음 장에 설명되어 있듯이 서로 밀접하게 관련 되어 있음에도 불구하고 소프트 심볼을 사용하는 것은 따로 SIR을 측정하는 것에 비해 장점을 가진다.
- 정확한 TPC 결정을 할 확률을 높이기 위해 병렬로 두 개 이상의 알고리즘을 사용한다. 병렬 사용의 기본 개념은 그림 4에 설명되어있다. 개별 TPC 블록의 출력 값 중 최소 값이 최종 출력 값으로 선택된다. 병렬 알고리즘을 통해 TPC 명령의 신뢰도를 높이게 되고 이는 모의

실험 결과에서 보여지듯이 시스템의 P_{tx} 레벨을 더 낮추게 된다. 병렬 시스템에 쓰인 다양한 알고리즘을 이용한 통합 알고리즘(Integrating Algorithm)은 명확한 장점이 있음을 설명한다.

- 통합 알고리즘은 과거 TPC 명령의 정보를 이용하고 이 알고리즘은 병렬 시스템 중 한 블록으로 사용되고 다른 구성 요소 없이 단독으로 적용될 수 없다. 통합 블록을 추가함으로써 TPC 병렬 알고리즘의 전체 성능은 향상 된다.

아래의 그림 2는 다양한 TPC 알고리즘을 병렬 사용하는 알고리즘의 구조를 보여준다.

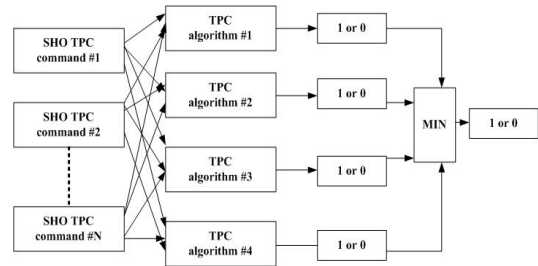


그림 2. 다양한 TPC 알고리즘의 병렬 사용

4.2 소프트 심볼 (Soft Symbol) 신뢰도 추정

본 논문의 소프트 심볼은 채널 내의 리코딩 된 TPC 명령을 참조한다. 본래 전송된 심볼은 잡음과 같은 채널 환경의 영향으로 -1이나 1이 아닌 다른 값으로 바뀔 가능성이 있기 때문에 0이외의 임계값을 갖는 소프트 심볼을 직접 사용하여 SIR 기반 방식에 비해 장점(모의실험 결과에서 보여지듯이 SIR 기반 방식보다 0.3dB만큼 낮은 P_{tx})을 얻을 수 있다는 것을 논의 한다. 소프트 심볼을 기반으로 신뢰도를 추정하는 것은 별도의 알고리즘 블록이 필요 없는 대신 다양한 소프트 심볼 임계값을 사용하여 신뢰도 높은 TPC 명령을 선택하기 위한 작업이 필요하다.^[10, 11, 12]

신뢰도 추정을 위해 SIR 대신 소프트 심볼을 사용하는 것은 다음과 같은 장점이 있다.

- 5장의 모의실험 결과에서 보여지듯이 SIR 기반 방식과 비교했을 때 P_{tx} 레벨이 0.3 dB만큼 줄어든다.
- TPC 알고리즘을 위한 별도의 SIR 측정이 필요 없다.
- TPC 명령 결정을 할 때 다양한 임계값을 이용

하여 소프트웨어 심볼의 신뢰도 추정을 하기 때문에 수신된 TPC 명령의 신뢰도를 별도로 추정할 필요 없다.

본 논문의 모의실험에 사용된 소프트웨어 심볼 TPC 명령 값은 배경 잡음이 1로 정규화 된 시스템일 때만이 정확하다. 실제 시스템에 소프트웨어 심볼 임계값을 사용하기 위해서는 정규화 과정이 필요하다.

소프트 심볼(SS) 처리 절차는 다음과 같이 정의된다.

$$SS_{normalized} = \frac{SS_{not-normalized}}{N_0}$$

여기서 N_0 는 WCDMA 시스템에서의 광대역 간섭이다. 소프트웨어 심볼은 다음과 같이 복소 형태로 표현할 수 있다.

$$SS_{ge\neq ral} = x + yj$$

소프트 심볼 파라미터는 SIR을 기반 임계값을 사용한 기존 알고리즘을 제외한 새롭게 제안한 알고리즘 모두에서 다양한 결정 임계값으로 사용되었고, MRC 블록의 모든 구성요소는 각 블록에 대한 임계값으로 상수 0을 사용하였다. 이 알고리즘은 아래에서 상세히 설명한다.

4.3 알고리즘

알고리즘의 고안과 테스트는 고안된 TPC 블록들을 결합하고, 또한 그것을 병렬로 동작시키는 것을 기본으로 하였다. 병렬 출력 값 중 최소값이 TPC 블록전체의 최종 출력 값으로 선정된다. 주요 블록과 그 결합이 표 1에 나타나 있다.

표 1. 주요 TPC 블록과 그 결합

Algorithm acronym	SIR based reliability (current algorithm)	Soft Symbol based reliability	Maximal Ratio Combining	Soft symbol integration
		SS	MRC	INT
Current SIR based	●			
SS		●		
SS + MRC		●	●	
SS + INT		●		●
SS + MRC + INT		●	●	●

4.3.1 기존의 SIR 기반 신뢰도 추정 TPC 알고리즘

SIR 신뢰도 추정은 거의 표준 알고리즘으로 간주되는 현재 사용되는 알고리즘으로 서론부분에서 설명하였다. SIR 신뢰도 임계값은 0.0에서 0.4까지 0.05 간격으로 변화하고, 잡음이 정규화된 시스템에서는 최소 P_{tx} 레벨을 갖게 하는 최적 임계값이 0.2와 0.3 사이에서 얻어진다.

- Example sequence (잡음이 정규화된 시스템에 적용할 수 있는 값)
- SIR 신뢰도 임계값 = 0.2

표 2. SIR 기반 신뢰도 추정의 예

SIR1	0.3	0.4	0.5	0.1	0.2
SIR2	0.3	0.1	0.3	0.1	0.3
Output TPC	0	0	0	1	0

4.3.2 소프트웨어 심볼(SS) 기반 신뢰도 추정 TPC 알고리즘

수신된 TPC 명령은 명령의 품질에 관한 정보를 포함하는데, 그 정보는 이진 검출을 하는 동안 손실되므로 TPC 명령의 신뢰도를 결정하는 데에 SIR 대신 소프트웨어 심볼을 바로 적용하는 방법을 사용한다. 소프트웨어 심볼 검출을 위한 임계값은 -0.6에서 0.0까지 0.05 간격으로 변화하며 최소 P_{tx} 을 갖게 하는 최적 임계값은 -0.4와 -0.2사이에서 얻어진다.

- Example sequence (잡음이 정규화된 시스템에 적용할 수 있는 값)
- SS 신뢰도 임계값 = -0.25

표 3. SS 기반 신뢰도 추정의 예

TPC, SS1	-0.2	-0.3	0.1	-0.3	-0.6	=>	1	0	1	0	0
TPC, SS2	0.6	0.3	0.4	0.2	-0.1	=>	1	1	1	1	1
Output TPC	Min(TPC1, TPC2)					=>	1	0	1	0	0

4.3.3 Maximum Ratio Combining (MRC)

신호에 위상이 없기 때문에 MRC에서는 TPC 소프트웨어 심볼을 간단히 더함으로써 각 소프트웨어 심볼을 결합할 수 있다. TPC 명령 출력 값을 결정하는데 사용되는 임계값은 0이다.

- Example sequence (잡음이 정규화된 시스템에 적용할 수 있는 값)

표 4. MRC의 예

TPC, SS1	-0.2	-0.3	0.1	-0.3	-0.6
TPC, SS2	0.6	0.3	0.4	0.2	-0.1
MRC	0.4	0	0.5	-0.1	-0.7
Output TPC	1	1	1	0	0

4.3.4 소프트 심볼 통합 (INT)

이 방법에서 소프트 핸드오버 (SHO)시 최소 입력 값의 소프트 심볼이 통합되고 이 통합 합계(Integrated Sum) 값에 대한 소프트 심볼 임계값이 결정된다. 각 TPC 단계 이후 각 단계의 최소 소프트 심볼 값은 통합 합계 값에 더해진다. 통합 합계가 미리 결정된 임계값 보다 낮으면, 특정 TPC 단계의 소프트 심볼에 대해서는 power-down에 대한 암시가 없다 하더라도 power-down 명령이 발생한다. Power-down 명령이 떨어지면, 통합 합계 값은 다시 0이 된다. 그림 3은 알고리즘 동작의 흐름 도표(flow chart)이다.

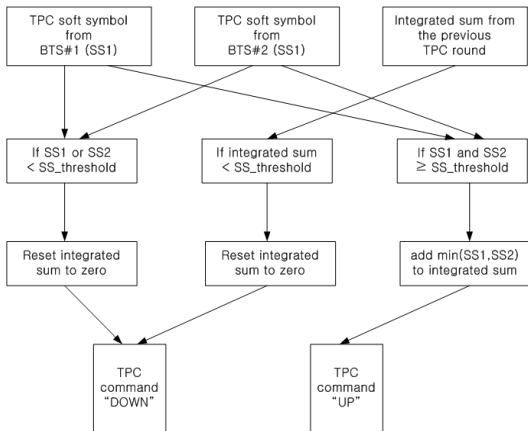


그림 3. INT 알고리즘의 동작 흐름 도표

◆ INT 알고리즘 요약

소프트 핸드오버 시 각 TPC 단계의 TPC 명령은 통합되고, 각 단계 이후에 사용될 때까지 보관된다.

- 신뢰도 높은 SHO TPC 명령 중 어느 것이 “down”이라면 그 출력 값은 당연히 “down”이 된다.

- SHO TPC 명령 모두 “up”이라면 출력 값은 “up”이 되고, 그 TPC 단계의 SHO “up”명령 값 중 최소 값은 통합 합계 값에 더해진다.
- 통합 합계가 미리 정해진 임계값 보다 작아지면 모든 SHO TPC 명령이 “up”이라고 하더라도 “down” 명령이 내려지게 된다.
- 통합 합계는 “down” 명령 후에는 항상 0으로 리셋된다.
- INT 알고리즘은 거의 모든 “down” 인 경우에는 거의 이상적이다.
- Example sequence (잡음이 정규화된 시스템에 적용할 수 있는 값)
 - 소프트 심볼과 통합 합계에 대한 임계값: -0.6

표 5. SS 통합 알고리즘의 예

TPC, SS2	0.1	-0.3	0.0	0.2	-0.1	0.3	-0.7
Integrated sum	-0.2	-0.5	-0.55	-0.45	-0.75	0	-0.7
Output TPC	1	1	1	1	0	1	0
TPC, SS1	-0.2	-0.1	-0.05	0.1	-0.3	-0.2	0.1

위의 예에서 첫 “down(0)” 명령에 대한 책임은 통합 합계에 있는데 반하여 두 번째 “down(0)” 명령에 대한 책임은 통합 합계와 개별 TPC 명령 둘 다에 있다.

V. 모의 실험 및 성능 평가

5.1 모의 실험 환경

모든 TPC 알고리즘은 이전에 고안된 two-BTS model를 이용하여 컴퓨터 프로그래밍 C로 모의실험 하였다. 또한, 이 모델은 모의 실험을 하는 동안 기준 SIR 레벨을 조정하는 외부 루프 전력 제어를 포함한다. 모의 실험에서는 다음과 같은 경우를 고려하여 실험하였다.

- 이동국 속도: 3 km/h, 50 km/h, 120 km/h
- FER(상향과 하향): 1%와 1%, 10%와 10%
- 프레임 길이: 8000 프레임

모의 실험에 사용된 파라미터와 그 값은 표 6에 나열되어 있다^[13].

표 6. 모의실험파라미터와 값

주파수	상향: 1920 MHz, 하향: 2150 MHz
Chip rate	4096 kchips/s
확산 계수	128/256 (data/control)
채널 코딩	DL in both UL and DL
전력 제어	Slot-by-slot (0.625 ms) with a slot delay
전력 제어 간격	상향과 하향 모두 1dB
간섭 모델링	가우시안 잡음
SHO combining	Maximum ratio combining in downlink, frame selection in uplink
채널 추정	Only from pilot symbols, interpolation over three slots for data (weights: 0.4, 1.0 and 0.4)
전력/SIR 추정	각 단계에 대하여 파일럿 심볼을 평균함으로써 SIR 추정을 한다. 잡음 값은 상수 ('1')로 두고 이 값을 알고 있다고 가정
Number of RAKE fingers	2
송/수신기 필터	송신기 필터: 칩 당 1개 수신기 필터: 사용하지 않음

5.2 모의 실험 결과 및 결과 분석

본 절에서 나타난 모든 결과는 파일럿과 3dB의 TPC 전력 오프셋을 이용하여 얻어진 것이다.

5.2.1 SS 알고리즘과 SIR 알고리즘

먼저 SS 기반 신뢰성 추정 알고리즘을 기존의 SIR 기반 신뢰성 추정 알고리즘과 비교하여 설명한다. BTS사이의 평균 레벨 차이는 모의 실험에서는 0dB로 나타났다.

SIR 신뢰도와 SS 신뢰도 모의실험 모두에서 신뢰도 임계값이 변화하며, SIR 알고리즘에서 TPC 명령이 신뢰성이 있는 지 없는 지를 판단하는 SIR 임계값은 0.0에서 0.4까지 0.05 간격으로 바뀐다. 또한 SS 알고리즘에서는 소프트 심볼 임계값은 -0.6에서 0.0까지 0.05 간격으로 바뀐다.

그림 4에서 그림 9까지는 속도가 다른 4가지(3, 50, 120 km/h) 경우에 대한 결과를 보여준다. 그 결과는 하향 시 임계값에 따른 P_{tx} 를 나타낸다. 또한 각 속도에 대하여 1%와 10%의 두 가지 FER을 적용하여 실험 하였다.

그 결과는 속도가 3과 50 km/h이고 FER이 1% 일 때 SS 기반 알고리즘을 이용했을 때의 최소 P_{tx} 값이 SIR 기반 알고리즘을 이용했을 때보다

0.3 dB 낮다는 것을 보여준다. 또한 FER을 10%로 설정했을 때 FER이 1%인 경우보다 전송전력이 1.2-1.4정도 줄어들고, 이것은 모든 속도에서 관찰된다. 하향 FER을 1%로 유지하면 P_{tx} 레벨은 SIR 기반 알고리즘에 비해 0.2-0.3 정도 줄일 수 있고 이동국에서 수신된 TPC 명령의 신뢰도도 높일 수 있다. 본 논문의 P_{tx} 는 심볼당 에너지(Es)를 구하여 6dB만큼 더해줌으로써 비트당 에너지(Eb)를 얻었다.

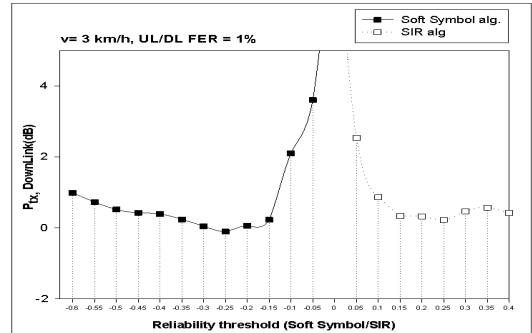


그림 4. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 3 km/h, UL/DL FER = 1%

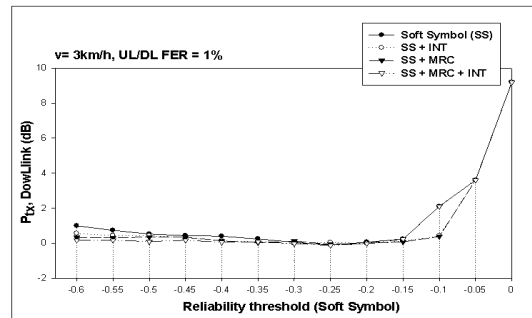


그림 5. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 3 km/h, UL/DL FER = 10%

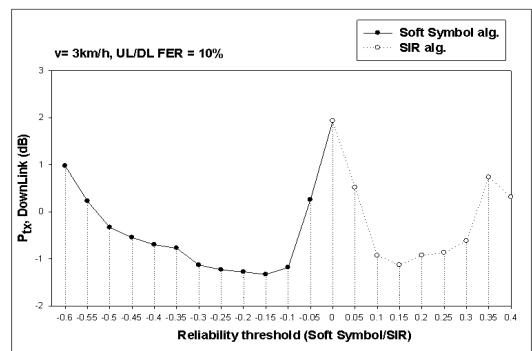


그림 6. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 50 km/h, UL/DL FER = 1%

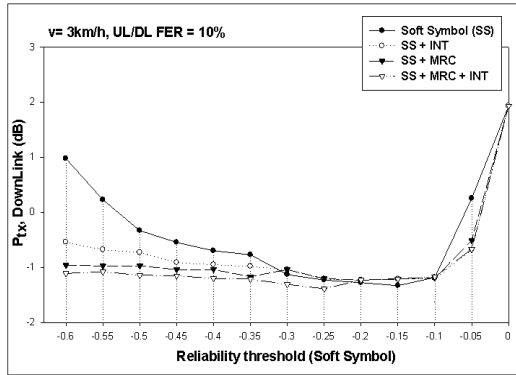


그림 7. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 50 km/h, UL/DL FER = 10%

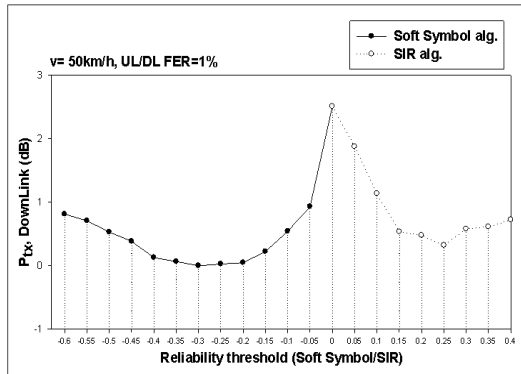


그림 8. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 120 km/h, UL/DL FER = 1%

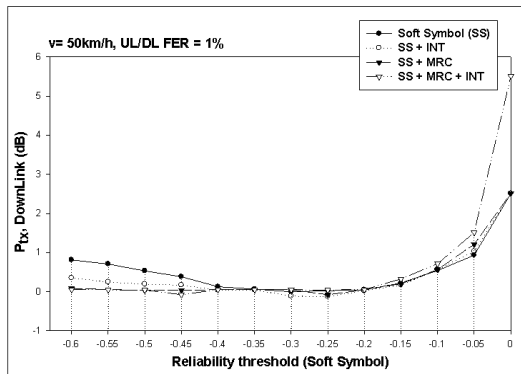


그림 9. Comparison of DL P_{tx} of SS and SIR algorithms. Mobile speed is 120 km/h, UL/DL FER = 10%

5.2.2 SS 알고리즘을 이용한 병렬 TPC 알고리즘의 비교

제안한 알고리즘과 그것을 표 1에서 열거한 대로 결합한 알고리즘의 비교를 통하여 SS 알고리즘의

성능을 논의할 것이다. 합당한 방법으로 그 결과들을 분류하기 위해 앞에서와 마찬가지로 이동국의 속도를 3, 50, 120 km/h에 따라 그룹을 나누었다.

1) 이동국 속도: 3 km/h

그림 10과 그림 12는 FER이 1% UL/DL과 10% UL/DL 일 때의 결과를 보여준다. 이 알고리즘은 SS 알고리즘만 사용했을 때, 그림 14와 그림 15에서의 가로축과 달라지지만 세로축은 달라지지 않는다. 알고리즘 간의 성능차이는 작으며, 다양한 FER 간의 관계는 SS와 SIR 비교에서 나타났던 것과 같다.

모의 실험된 모든 결합 알고리즘은 SS 알고리즘만 사용했을 때보다 더 낮은 P_{tx} 레벨을 보였으나, 다른 결합 알고리즘간의 차이는 0.3 dB 이내의 값으로 작다. 파라미터 민감도 역시 SS 알고리즘과 비교하여 더 낮다. 사용했을 때, 그림 14와 그림 15에서의 가로축과 달라지지만 세로축은 달라지지 않

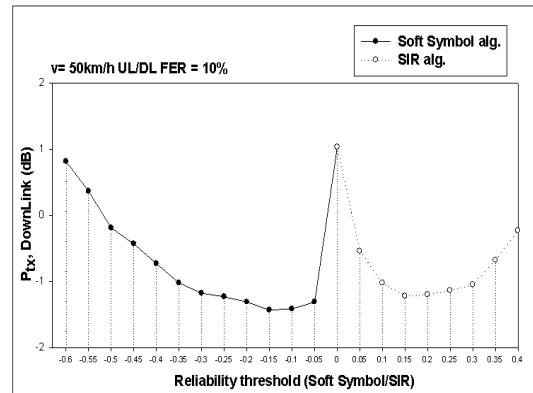


그림 10. Comparison of TPC algorithms listed in Table 1. Mobile speed is 3 km/h, UL/DL FER is 1%

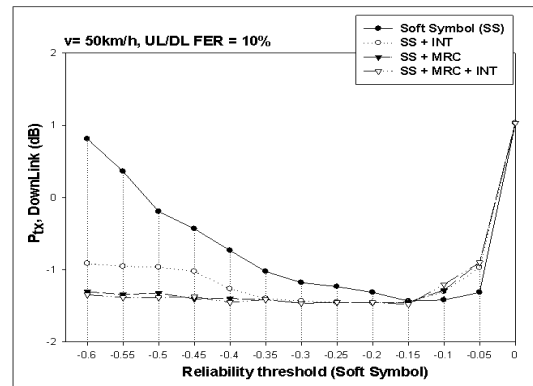


그림 11. Comparison of TPC algorithms listed in Table 1. Mobile speed is 3 km/h, UL/DL FER is 10%

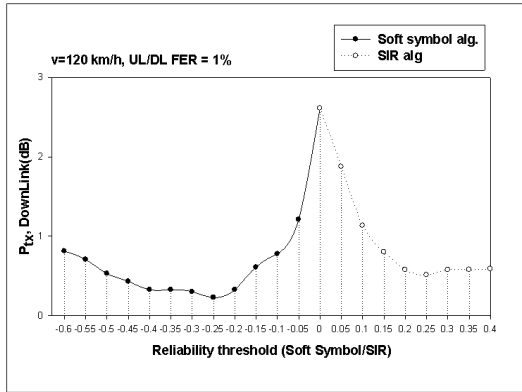


그림 12. Comparison of TPC algorithms listed in Table1. Mobile speed is 50km/h, UL/DL FER is 1%

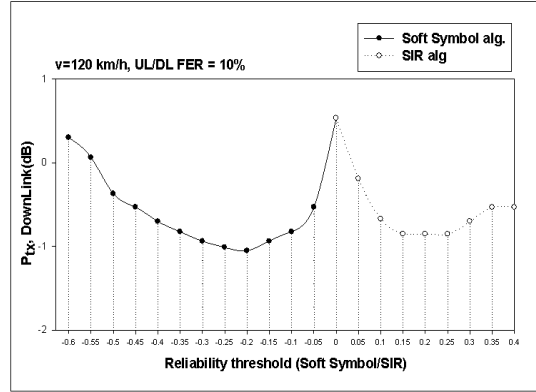


그림 13. Comparison of TPC algorithms listed in Table1. Mobile speed is 50km/h, UL/DL FER is 10%

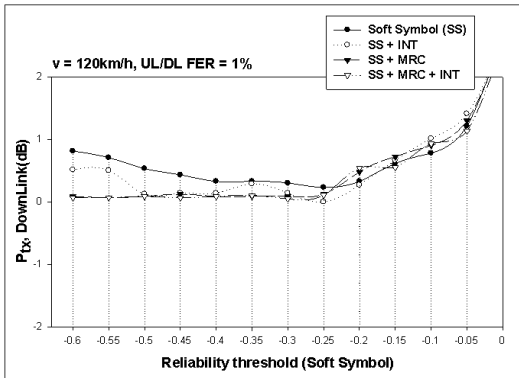


그림 14. Comparison of TPC algorithms listed in Table1. Mobile speed is 120km/h, UL/DL FER is 1%

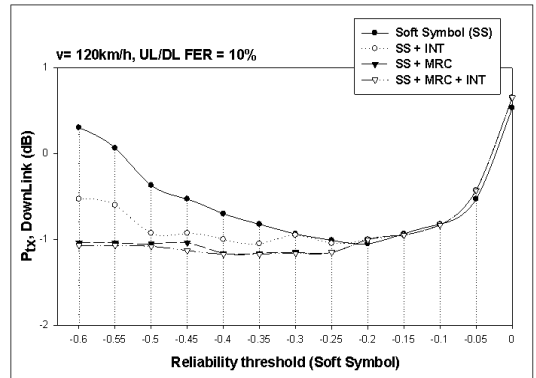


그림 15. Comparison of TPC algorithms listed in Table1. Mobile speed is 120km/h, UL/DL FER is 10%

는다. 알고리즘 간의 성능차이는 작으며, 다양한 FER 간의 관계는 SS와 SIR 비교에서 나타났던 것과 같다.

모의 실험된 모든 결합 알고리즘은 SS 알고리즘만 사용했을 때보다 더 낮은 P_{tx} 레벨을 보였으나, 다른 결합 알고리즘간의 차이는 0.3 dB 이내의 값으로 작다. 파라미터 민감도 역시 SS 알고리즘과 비교하여 더 낮다.

2) 이동국 속도: 50 km/h

그림 12와 그림 13은 FER이 1% UL/DL과 10% UL/DL 일 때의 결과를 보여준다. 대체적으로 그 결과는 이동국의 속도가 3 km/h 일 때와 매우 비슷하다. 사실 모든 알고리즘이 거의 유사하기 때문에 각각의 차이점을 찾아내기가 어렵다. 최소 P_{tx} 또한 하나의 알고리즘을 이용한 것 보다는 여러 개의 알고리즘을 병렬로 이용했을 때 더 낮다.

3) 이동국의 속도: 120 km/h

그림 14와 그림 15는 FER이 1% UL/DL과 10% UL/DL 일 때의 결과를 보여준다. 그 결과는 다른 속도에서의 실험 결과와 같다.

VI. 결론

본 논문에서는 하향 고속 페루프 전력 제어 시 전송 전력 레벨을 낮추고 전력 제어 명령의 신뢰도를 높이기 위한 소프트 심볼 기반 신뢰도 추정 알고리즘을 제안하였다.

다양한 TPC 알고리즘과 그것의 결합 알고리즘을 비교한 것을 토대로 SIR 기반 신뢰도 추정 알고리즘 대신 소프트 심볼 기반 신뢰도 추정 알고리즘을 사용하는 것이 전송전력(P_{tx}) 레벨을 약 0.3dB 정도 낮추고, 신뢰도 임계값에 대한 민감도도 떨어뜨린다는 결론을 내릴 수 있다. 또한, SS, MRC, INT

알고리즘을 병렬로 사용하는 등의 다양한 TPC 알고리즘 구성요소를 사용함으로써 TPC 알고리즘 전체 신뢰도를 증가시키는 실험을 하였다. 모의 실험된 모든 알고리즘간의 성능차이는 미약했으나 SS 알고리즘을 단독으로 사용했을 때 보다 P_{tx} 레벨이 낮아졌으며, 모든 알고리즘 중에서 SS+MRC+ INT 알고리즘이 가장 낮은 P_{tx} 레벨을 나타내었고 파라미터 민감도 역시 SS 알고리즘만 사용했을 때보다 더 낮아짐을 알 수 있었다. 따라서, 알고리즘을 2개에서 4개까지 병렬 사용하는 것은 사용된 알고리즘 임계값에 대한 알고리즘의 민감도를 줄여주고, 이는 실제 네트워크에서의 알고리즘 적용 가능성을 높여주게 된다.

그러나, 새로 제안한 알고리즘을 실제 환경에 적용시키기 위해서는 향후 파라미터 민감도를 더 줄이는 연구가 필요하며, 좀 더 정확한 P_{tx} 레벨을 측정하기 위한 COSSAP stream-driven simulator를 이용한 모의실험 작업이 있어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- [1] E. Dahlman, P. Beming, J. Knutsson, F. Ovesjo, M. Persson, and C. Roobol, "WCDMA the radio interface for future mobile multimedia communications", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 47, no. 4, pp. 1105-1118, 1998
- [2] D.M. Ionescu, A. Boariu, "Predictive Closed-Loop Power Control for Frequency-Division Duplex Wireless Systems" *IEEE Commun. Lett.*, vol, pp. 248-250, Jun 2001.
- [3] Wai-Man Tam, Francis C. M. Lau, "Analysis of Power Control and its Imperfections in CDMA Cellular Systems" *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol 48, pp 1706-1717, Sep 1999.
- [4] Tralli, V.; Zorzi, M.; "Quality of service and power consumption in WCDMA cellular systems with SIR-based closed loop power control" *IEEE International Symposium on*, Volume: 1, pp 22-26, 30 Sept.-3 Oct. 2001.
- [5] Gallego, J.R.; Valdovinos, A.; Canales, M.; de Mingo, J.; "Analysis of closed loop power control modes in UTRA-FDD under time varying multipath channels" *IEEE International Symposium on*, Volume: 4, 15-18 Sept. 2002.
- [6] A. Scrase, "An introduction to 3rd generation mobile systems", *Tutorial, the third international conference on Mobile Communication Technologies*, 3G2002, London, UK, March 2002.
- [7] T. Ojanpera and R. Prasad, "Wideband CDMA for Third Generation Mobile Communications", *Artech House*, 1998.
- [8] F. Simpson and J. M. Holtzman, "Direct sequence CDMA power control, interleaving, and coding" *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 11, no. 7, pp. 1085-1095, 1993.
- [9] F. Ling, B. Love and M. M. Wang, "Behavior and performance of power controlled IS-95 reverse-link under soft handoff," *Vehicular Technology, IEEE Transactions on*, 49, pp. 1697-1704, 2000.
- [10] Grandell, J.; Salonaho, O.; "Closed-loop power control algorithms in soft handover for WCDMA systems", *IEEE International Conference on*, Volume: 3, 11-14 June 2001.
- [11] K. S. Sipila, M. Jasberg, J. Laiho-Steffens and A. Wacker, "Soft Handover Gains in A Fast Power Controlled WCDMA Uplink," *Proceedings of VTC'1999, IEEE VTS 49th*, vol. 2, pp. 1594-1598, 1999.
- [12] S. S. Wang, S. Sridsha and M. Green, "Adaptive soft handoff method using mobile location information," *Vehicular Technology Conference, 2002, VTC Spring 2002. IEEE 55th*, vol. 4, pp. 1936- 1940, 2002
- [13] K. Sipila, J. Laiho-Steffens, A. Wacker and M. Jasberg, "Modelling the Impact of the Fast Power Control on the WCDMA uplink," *Proc. of VTC'99 Spring*, Houston, TX, pp. 1266-1270, May 1999.

한 영 옥(Young uk Han)

준회원



2002년 2월 한양대학교 전자
전기공학부 공학사

2004년 2월 한양대학교 전자
통신전파공학과 공학석사

2004년 3월~현재 LG전자 연
구원

<관심분야> 무선통신, Digital

Signal Processing

서 경 진(Seo kyung Jin)

준회원



2003년 2월 한양대학교 전자
전기공학부 공학사

2005년 2월 한양대학교 전자
통신전파공학과 공학석사

2005년 3월~현재 LG전자 연
구원

<관심분야> 무선통신, Digital

Signal Processing

박 승 권(Sung kwon Park)

중신회원



1982년 2월 한양대학교 전자
통신전파공학과 공학사

1983년 8월 Stevens Institute
of Technology, 전자공학과
공학석사

1987년 12월 Rensselaer Poly-
technic Institute, 전자공학과

공학박사

1984년 1월~1987년 8월 Rensselaer Polytechnic
Institute, Electrical, Computer and Systems
Engineering Dept., Research Assistant

1987년 9월~1992년 8월 Tennessee Technological
University, Electrical Engineering Dept., 조교수

1992년 9월~1993년 1월 Tennessee Technological
University, Electrical Engineering Dept., 부교수

1993년 3월~현재 한양대학교 공과대학 전자전기컴
퓨터공학부, 교수

<관심분야> 지능형 데이터 방송, CATV Multime-
dia Systems, Digital Signal Processing