

3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 효율적인 Serving Cell 선택을 위한 Power Control 기법

준회원 민영일*, 정회원 장준희*, 종신회원 최형진*

Power Control Scheme for Effective Serving Cell Selection in Relay Environment of 3GPP LTE-Advanced System

Young Il Min* *Associate Member*, Jun Hee Jang* *Regular Member*,
Hyung-Jin Choi* *Lifelong Member*

요약

본 논문에서는 3GPP (3rd Generation Partnership Project) LTE (Long Term Evolution)-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 효율적 serving cell 선택을 위한 power control 기법을 제안한다. Relay를 사용하는 환경에서 UE가 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하는 기존의 serving cell 선택 과정은 백홀 링크 (backhaul link)가 좋지 않은 상황에서도 액세스 링크 (access link)가 다이렉트 링크 (direct link)보다 채널 상태가 좋다면 RN (Relay Node)을 serving cell로 선택하여 최대 throughput을 얻을 수 없는 문제점을 갖는다. 또한, 제안된 기존의 해결 기법인 eNB (evolved NodeB)나 RN이 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 방식은 추가적인 데이터 전송이 필요하고, UE (User Equipment)가 백홀 링크의 채널 상태까지 고려하여 serving cell을 선택하기 때문에 serving cell 선택 과정의 복잡도가 증가하며, 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 serving cell을 eNB로 선택한 경우에 RN에 의한 강한 간섭의 영향으로 수신 신호가 열화되는 문제점을 가지고 있다. 따라서, 이러한 문제점들을 해결하기 위하여 RN이 백홀 링크의 수신 SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio)에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 기법을 제안하며, 다양한 모의실험을 이용한 성능 분석을 통해 제안하는 방식이 3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 매우 유용한 것을 입증하였다.

Key Words : 3GPP LTE-Advanced, Relay, Serving Cell Selection, Power Control

ABSTRACT

In this paper, we propose a power control scheme for effective serving cell selection in Relay environment of 3GPP (3rd Generation Partnership Project) LTE (Long Term Evolution)-Advanced system. A conventional serving cell selection scheme which does not use channel states of backhaul link has a problem that this scheme does not select serving cell supporting maximum throughput. Also, conventional proposed serving cell selection schemes that eNB or RN transmits channel states of backhaul link have problems that conventional schemes need to additional data transmission, serving cell selection process complexity is increased because UE considers channel states of backhaul link, and received signal is degraded because strong interference which is transmission signal from RN. Therefore, for solve these problems, we propose power control scheme that RN control transmission power according to received SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) of backhaul link. By

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2010-(C1090-1011-0005))

* 성균관대학교 정보통신공학부 통신시스템 연구실 ({bashbaba, hellojhh, hjchoi}@ece.skku.ac.kr)

논문번호 : KICS2011-01-077, 접수일자 : 2011년 1월 31일, 최종논문접수일자 : 2011년 3월 16일

extensive computer simulation, we verify that the power control Relay scheme is attractive and suitable for the Relay environment.

I. 서 론

최근에 높은 데이터 처리량을 요구하는 스마트폰과 태블릿 PC 등의 모바일 기기 보급이 급속하게 확산되고 있어 기하급수적으로 증가하고 있는 모바일 트래픽 (traffic)을 수용하기 위하여 스펙트럼 효율을 높이는 기술과 더 많은 스펙트럼을 사용하는 기술, 그리고 단위 가입자 당 더 많은 cell을 설치하는 방법이 고려되고 있다. 그러나 cell을 증가시키는 방법은 초기 설치비용 및 유지비용이 많은 문제점을 가지고 있어 cell 설치비용을 줄이기 위하여 무선으로 백홀 링크를 형성하는 Relay가 해결 방안으로 3GPP LTE-Advanced 시스템에서 고려되고 있으며, 이와 같은 Relay는 높은 data rate을 갖는 커버리지 (coverage)를 확대시키고, cell 전체의 throughput을 향상시키거나 cell 경계에서의 throughput을 향상시키며, cell 커버리지를 확대시킬 수 있는 장점을 가지고 있다 [1],[2].

이와 같이 3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 UE는 수신 신호들의 RSRP (Reference Signal Received Power) 측정을 수행하여 serving cell을 선택하기 때문에 액세스 링크와 다이렉트 링크만 고려하여 serving cell을 결정한다. 그러나 액세스 링크가 다이렉트 링크보다 채널 상태가 좋아서 RN을 serving cell로 선택하더라도 백홀 링크의 채널이 좋지 않다면 RN이 수신한 신호의 정확도가 높지 않으므로 eNB를 serving cell로 선택한 것보다 낮은 throughput을 갖는 문제점이 발생한다 [3],[6].

UE가 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하여 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위해서 3GPP RAN1 (Radio Access Network 1)에서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 그 결과로 eNB가 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법과 RN이 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법 등이 제안되었다. 이 기법들은 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하여 UE가 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하는 기존 serving cell 선택 기법의 문제점을 해결할 수 있다. 그러나 기존의 해결 방안은 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하기 위한 추가적인 데이터 전송이 필요하여 데이터 전송 효율을 감소시키는 문제점을 가지고, UE에서 serving cell을 선택하는 과정의 복잡

도가 증가하여 UE의 전력 소비를 증가시키며, 가장 심각한 문제점은 RN이 송신하는 신호가 강한 간섭 신호로 영향을 줘 UE의 수신 신호 성능이 크게 열화되는 문제점을 갖는다 [3].

따라서 본 논문에서는 UE가 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려할 수 없어 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택할 수 없는 문제점과 기존 해결 방식들의 문제점을 해결하기 위하여 백홀 링크의 채널 상태에 따라 RN이 송신 전력을 조절하는 power control 기법을 제안한다. 이와 같이 제안하는 power control 기법은 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하여 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않다면 RN이 송신 전력을 줄여서 RN의 cell 커버리지가 줄어들기 때문에 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않음에도 불구하고 액세스 링크가 다이렉트 링크보다 채널 상태가 좋아서 RN를 serving cell로 선택하는 문제점을 해결할 수 있으며, 기존의 해결 방안들이 가지고 있던 추가적인 데이터의 전송에 의한 데이터 전송률 감소와 UE에서 serving cell을 선택하기 위한 계산 복잡도의 증가, 그리고 가장 심각한 문제점인 액세스 링크의 채널이 다이렉트 링크의 채널보다 좋더라도 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 eNB를 serving cell로 선택하는 경우에 RN에서 송신하는 신호의 간섭에 의해서 수신 신호가 열화되는 문제점을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에 대한 특징에 대하여 알아보고 이 시스템의 문제점에 대하여 기술하였으며, III장에서는 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위한 기존 해결방안에 대한 설명과 문제점을 서술한다. IV장에서는 제안하는 방식에 대한 설명을 통해 제안된 방식의 우수성을 보이고, V장에서 컴퓨터 시뮬레이션 결과로 제안하는 방식의 우수성을 입증하며, 마지막으로 VI장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

3GPP LTE-Advanced 시스템에서는 높은 data rate을 갖는 커버리지를 확대시키고, cell 전체의 throughput을 향상시키거나 cell 경계에서의 through

put을 향상시키며, cell 커버리지를 확대시키기 위하여 Relay를 사용하기로 결정하였다 [14]. 이와 같은 Relay 환경에서 eNB, RN 그리고 UE 사이에는 다음과 같이 3가지 종류의 링크가 존재한다. 첫 번째 링크는 백홀 링크로 eNB와 RN 사이의 링크를 의미하며, RN가 eNB로부터 정보를 주고받는 링크로 데이터 신호뿐만 아니라 RN은 eNB와 동기화 수행되어야 하기 때문에 동기 신호 및 컨트롤 신호도 함께 전송된다. 두 번째는 액세스 링크로 RN과 UE 사이의 링크를 의미하며, RN과 UE가 기존의 eNB와 UE가 통신하는 것과 마찬가지로 정보를 주고받는다. 마지막으로 다이렉트 링크는 eNB와 UE 사이의 링크로 Relay가 존재하지 않는 기존 환경에서 통신과 동일하다. 이와 같은 Relay 시스템에서 Relay를 사용하는 경우에 UE는 RN과 eNB로부터 수신한 신호들의 RSRP 측정을 통하여 serving cell을 결정한다. [3]-[6].

기본적으로 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하는 기존의 serving cell 선택 기법은 액세스 링크의 채널 상태가 다이렉트 링크보다 좋아서 RN을 serving cell로 선택한 경우에 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않다면 RN이 수신한 신호의 열화가 이미 심하게 발생하였기 때문에 액세스 링크가 아무리 좋아도 UE의 수신 신호는 상당한 열화가 발생한 신호가 된다. 따라서 RN을 serving cell로 선택한 것보다 백홀 링크와 액세스 링크의 채널 상황을 고려하여 eNB를 serving cell로 선택하는 것이 더 높은 throughput을 지원할 수 있다. 이와 같이 UE가 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려하는 것은 반드시 필요하며 UE가 백홀 링크의 채널 상태를 이용할 수 있도록 하는 방안에 대한 연구가 필요하다.

본 논문에서는 백홀 링크를 고려하여 serving cell을 선택하는 경우가 백홀 링크를 고려하지 못하고 serving cell을 선택하는 기존의 기법과 비교하여 우수함을 증명하기 위하여 SINR 과 cell throughput을 CDF (Cumulative Distribution Function) 관점에서 성능 비교를 수행하였으며, 전체 링크 SINR $SINR_{eNB-RN-UE}$ 은 백홀 링크 SINR $SINR_{Backhaul_link}$ 과 액세스 링크 SINR $SINR_{Access_link}$ 를 Shannon capacity 식 (1)을 이용하여 조합한 식 (2)를 적용하였다 [3].

$$f(x) = \log_2(1+x) \tag{1}$$

$$f^{-1}(x) = 2^x - 1$$

$$SINR_{eNB-RN-UE} = f^{-1} \left\{ \frac{1}{\frac{1}{f(SINR_{Access_link})} + \frac{1}{f(SINR_{Backhaul_link})}} \right\} \tag{2}$$

III. 백홀 링크 채널 상태 리포팅 기반의 기존 해결 방안들

UE가 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하여 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위해서 3GPP RAN1에서 많은 연구가 이루어지고 있으며, 그 결과로 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법들이 제안되었다 [3]. 이 장에서는 이와 같은 기존 제안 방식인 eNB가 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법과 RN이 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법의 특징과 문제점에 대해서 알아본다.

3.1 eNB의 백홀 링크 채널 상태 리포팅 기법

UE가 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하여 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위해 eNB가 백홀 링크의 채널 정보를 UE에게 리포팅하는 기법이 제안되었다. 이 기법은 eNB가 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하고 UE에서는 백홀 링크와 액세스 링크를 고려하여 serving cell을 선택하여 액세스 링크가 다이렉트 링크보다 채널 상태가 좋더라도 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 RN을 serving cell로 선택하여 throughput이 감소하는 문제점을 해결할 수 있다.

이러한 기법은 UE가 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려할 수 있어 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택할 수 있지만 다음과 같은 문제점을 가지고 있다. 우선, 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하기 위한 추가적인 데이터 전송이 필요하며, eNB는 자신의 cell 안에 있는 모든 UE에게 broadcasting 방식으로 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅 하기 때문에 eNB안에 존재하는 모든 백홀 링크들의 채널 정보를 리포팅해야 하므로 이와 같은 추가적인 데이터는 데이터 전송 효율을 감소시키는 문제점을 갖는다. 또한, UE에서 serving cell을 결정하는 과정에서 기존에 백홀 링크를 고려하지 않고 serving cell을 선택하는

과정보다 시스템 복잡도가 증가하여 UE의 전력 소비를 증가시킨다. 그리고 가장 심각한 문제점은 백홀 링크를 고려한 serving cell 선택 과정을 거쳐 eNB를 serving cell로 선택하여도, RN이 송신하는 신호가 강한 간섭 신호로 영향을 미쳐서 여전히 UE의 수신 신호 성능이 크게 열화되는 문제점을 갖는다.

3.2 RN의 백홀 링크 채널 상태 리포팅 기법

UE가 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하여 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점과 eNB가 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하는 기법의 문제점을 해결하기 위하여 RN이 백홀 링크의 채널 정보를 UE에게 리포팅하는 기법이 제안되었다.

이 기법은 eNB가 자신에게 접속하고 있는 모든 UE에게 백홀 링크의 채널 정보를 리포팅하기 위하여 모든 백홀 링크의 채널 정보의 데이터를 전송하는 기법과 비교하여 RN이 자신의 백홀 링크의 채널 정보만 자신의 cell 안에 위치한 UE에게 리포팅 해주면 되므로, 백홀 링크의 채널 정보 리포팅에 필요한 데이터의 양이 줄어들지만 여전히 추가적인 데이터 전송으로 인한 전송 효율의 감소와 시스템 복잡도가 증가라는 문제점을 갖는다. 또한, eNB 채널 상태 리포팅 기법과 유사하게 RN이 송신하는 신호가 강한 간섭 신호로 영향을 미쳐서 UE의 수신 신호 성능이 크게 열화되는 심각한 문제점을 갖는다. 따라서 이와 같은 기존의 해결 방안이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 새로운 기법이 요구된다.

IV. 제안하는 Power Control 기법

Relay를 사용하는 LTE-Advanced 시스템에서 UE는 serving cell을 선택하는 과정에서 백홀 링크의 채널 상태를 고려할 수 없어 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 가지고 있다. 또한, 기존의 해결 방안인 eNB나 RN이 백홀 링크의 채널 상태를 리포팅 해주는 방안은 추가적인 데이터 전송이 필요하여 데이터 전송률이 감소하고, UE에서 백홀 링크를 고려하여 RSRP를 측정하는 과정의 복잡도가 증가하며, RN의 액세스 링크의 채널이 다이렉트 링크의 채널보다 좋지만 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 eNB를 serving cell로 결정한 UE가 RN에서 송신하는 신호에 의한

간섭의 영향으로 수신 성능이 열화되는 문제점을 가지고 있다. 따라서 본 논문에서는 UE가 serving cell 선택 과정에서 백홀 링크를 고려하지 못하여 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하고, 기존의 해결 방안들이 가지고 있는 문제점을 해결할 수 있는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 power control을 수행하는 Relay를 제안한다.

백홀 링크의 채널 상태에 따라 RN이 송신 전력을 조절하는 power control 기법은 RN이 백홀 링크의 수신 SINR을 측정하여 백홀 링크의 수신 SINR에 따라 송신 전력을 결정한다. 이와 같은 방법을 이용하여 UE는 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 않고, 액세스 링크와 다이렉트 링크의 RSRP만 측정하여 serving cell을 선택하는 기존에 과정을 통하여 최대 throughput을 얻을 수 있는 serving cell을 선택할 수 있다. 그림 1은 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 못하여 Relay가 송신 전력을 감소시켜 Relay의 cell 커버리지가 감소하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 기법을 나타내며, UE가 백홀 링크의 채널 상태를 고려하지 못하는 기존 serving cell 선택 기법을 사용하여도 백홀 링크에 따라 RN의 cell 커버리지가 조절되어 UE가 백홀 링크를 고려하여 serving cell을 선택하는 기법과 같은 효과를 얻을 수 있다.

제안하는 power control 기법에서 백홀 링크의 SINR에 따라 송신 전력을 조절하는 과정은 식 (3)과 같다.

$$P_{RN} = P_{RN}^{Max} - (SINR_{Backhaul\ link}^{Max} - SINR_{Backhaul\ link}) \cdot \sigma_{Normal} \quad (3)$$

여기서 P_{RN}^{Max} 은 Relay의 최대 송신 전력으로 30 dBm의 값을 가지며, 셀의 크기에 따른 경로 손실

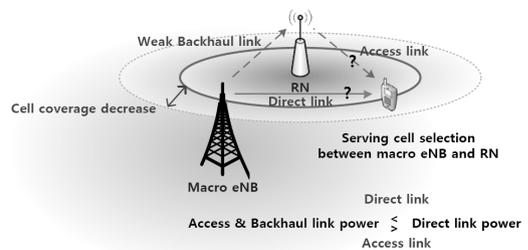


그림 1. 백홀 링크의 채널 상태에 따라 Relay의 송신 전력 조절하는 제안하는 power control 기법

(path loss)를 고려할 때, $SINR_{Backhaul\ link}^{Max}$ 는 이론적으로 가능한 백홀 링크의 최대 SINR을 의미하며, $SINR_{Backhaul\ link}$ 는 Relay에서 측정된 백홀 링크의 SINR을 의미한다. 본 논문에서는 $SINR_{Backhaul\ link}^{Max}$ 는 eNB와 Relay가 최소 35m 이상 떨어져야 하는 조건과 경로 손실, 그리고 46dBm인 eNB의 최대 송신 전력을 고려하여 적용하였다. 또한, power control된 송신 전력이 Relay가 송신 가능한 송신 전력의 범위 내로 조절하는 σ_{Normal} 는 정규화 factor 를 의미하며 식 (4)와 같다.

$$\sigma_{Normal} = \frac{P_{RN}^{Max}}{SINR_{Backhaul\ link}^{Max} - SINR_{Backhaul\ link}^{Min}} \quad (4)$$

여기서 $SINR_{Backhaul\ link}^{Min}$ 는 이론적으로 가능한 백홀 링크의 최소 SINR을 의미하며 eNB와 RN가 최대 500m 떨어져 있을 수 있다는 조건과 경로 손실을 이용하여 구할 수 있다. 위 식 (3)과 (4)를 이용하여 만약, 백홀 링크의 상황이 열악하여 Relay에서의 측정 SINR $SINR_{Backhaul\ link}$ 이 $SINR_{Backhaul\ link}^{Min}$ 에 근접할 경우, Relay의 송신전력 P_{RN} 을 낮추어 cell 커버리지를 줄이게 되며, 반대로 백홀 링크의 상황이 우수하면 Relay에서의 측정 SINR $SINR_{Backhaul\ link}$ 이 $SINR_{Backhaul\ link}^{Max}$ 에 근접하여, Relay의 송신전력 P_{RN} 을 증가시켜 cell 커버리지를 확대하는 역할을 한다.

그림 2와 3은 제안하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 기법에서 송신 전력을 조절하는 과정에 대한 순서도와 RN의 송신 신호에 의한 간섭의 영향이 백홀 링크에 의한 power control에 의해서 감소되는 모습을 나타낸다. 그림 2를 보면 RN은 신호를 수신하고 수신한 신호가 백홀 링크 신호인지 판단한 다음에 백홀 링크가 맞으면, 백홀 링크의 수신 SINR을 측정하고 RN의 송신 전력 P_{RN} 을 결정한다. 이와 같이 제안하는 power control 기법은 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하여 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않음에도 불구하고 액세스 링크가 직접 링크보다 채널 상태가 좋아서 RN를 serving cell로 선택하는 문제점을 해결할 수 있으며, 기존의 해결 방안들이 가지고 있던 추가적인 데이터의 전송에 의한 데이터 전송 효율 감소와 UE에서 serving cell 을 선택하기 위한 계산 복잡도의 증가, 그리고 가장

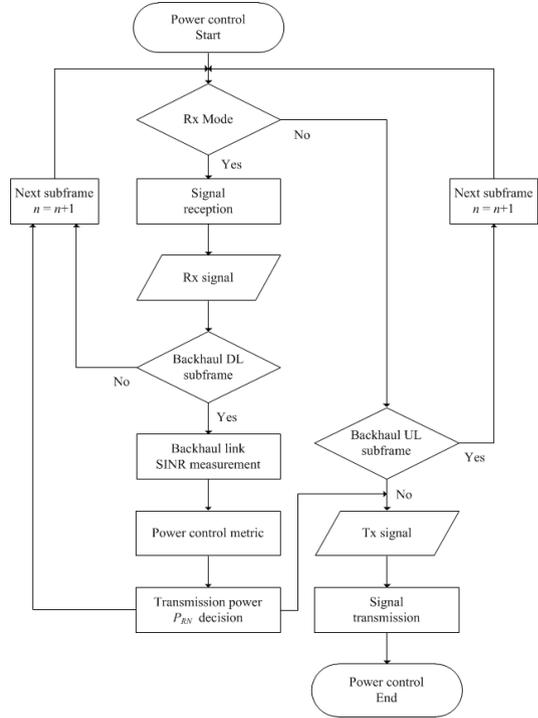


그림 2. Power control 기법의 송신 전력 조절 과정 순서도

심각한 문제점인 액세스 링크의 채널이 직접 링크의 채널보다 좋더라도 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 eNB를 serving cell로 선택하는 경우에 RN에서 송신하는 신호의 간섭에 의해서 수신 신호가 열화되는 문제점을 해결할 수 있는 장점을 갖는다.

따라서, 3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 기존 serving cell 선택 기법의 문제점과 기존 해결 방안들의 문제점을 해결하기 위하여, 본 논문에서 제안하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 방식이 효과적

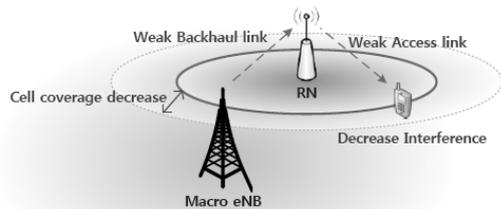


그림 3. Relay의 송신 전력 조절에 의한 간섭 신호 감소

으로 적용 가능할 것이다.

V. 컴퓨터 모의실험 및 결과

본 장에서는 제안하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 power control을 수행하는 Relay 기법과 백홀 링크의 채널 상태를 고려하는 기존의 serving cell 선택 방법, 그리고 백홀 링크를 고려하지 않은 경우의 serving cell 선택 방법에 대한 SINR과 throughput의 CDF를 분석하였으며, 이 방식들의 SINR과 throughput을 비교하기 위해 적용된 파라미터를 표 1에 정리하였다. 백홀 링크와 액세스 링크, 그리고 다이렉트 링크의 경로 손실은 LOS가 발생할 확률에 따라 LOS (Line Of Sight)와 NLOS (Non Line Of Sight)인 경우를 모두 고려하였으며, eNB와 Relay 그리고 UE 사이에 거리도 거리에 따른 발생 확률을 고려하여 적용하였다. 적용된 주요 시스템 파라미터는 3GPP LTE-Advanced 규격 및 관련 기고문들을 참조하였다^{[3],[7]}.

그림 4와 그림 5은 serving cell 선택 기법에 따른 SINR CDF와 throughput CDF를 비교한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 기존의 해결 방안인 백홀 링크의 채널 정보를 eNB나 RN이 리포팅하여 UE에서 백홀 링크를 고려한 serving cell 선택을 수행하는 기법은 백홀 링크를 고려하지 못하는 serving

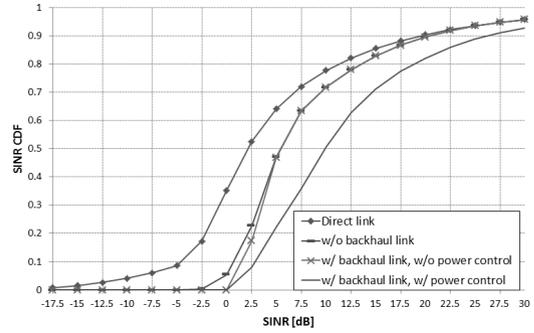


그림 4. Serving cell 선택 방식에 따른 SINR CDF

cell 기법과 비교하여 낮은 SINR을 갖는 부분이 줄어든 것을 확인할 수 있는데, 이것은 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아도 액세스 링크의 채널 상태가 다이렉트 링크의 채널 상태보다 좋아서 RN을 serving cell로 선택하는 문제점을 해결했기 때문이다. 또한, 제안하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 RN이 송신 신호의 전력을 조절하는 power control 기법의 SINR 성능이 가장 우수한 것을 확인할 수 있으며, 이것은 백홀 링크의 채널 상태가 좋지 않아서 액세스 링크의 채널 상태가 다이렉트 링크의 채널 상태보다 좋더라도 eNB를 serving cell로 선택하는 경우에 RN의 송신 신호가 강한 간섭으로 영향을 주어서 수신 신호가 열화되는 것을 백홀 링크의 채널 상태에 따라 RN의 송신 전력이 줄여 간섭의

표 1. 주요 시스템 파라미터

Parameter	Values
Distance-dependent path loss for eNB-UE	$PL_{LOS}(R)=103.4+24.2\log_{10}(R)$, R in kilometers $PL_{NLOS}(R)=131.1+42.8\log_{10}(R)$, R in kilometers Case 1: $Prob(R)=\min(0.018/R,1)*(1-\exp(-R/0.063))+\exp(-R/0.063)$
Distance-dependent path loss for eNB-Relay	$PL_{LOS}(R)=100.7+23.5\log_{10}(R)$, R in kilometers $PL_{NLOS}(R)=125.2+36.3\log_{10}(R)$, R in kilometers Case 1: $Prob(R)=\min(0.018/R,1)*(1-\exp(-R/0.063))+\exp(-R/0.063)$
Distance-dependent path loss for Relay-UE	$PL_{LOS}(R)=103.8+20.9\log_{10}(R)$, R in kilometers $PL_{NLOS}(R)=145.4+37.5\log_{10}(R)$, R in kilometers Case 1: $Prob(R)=\min(0.018/R,1)*(1-\exp(-R/0.063))+\exp(-R/0.063)$
LOS probability	$1-(1-Prob(R))N$
eNB Tx power	46dBm
RN Tx power	30dBm
Minimum distance between eNB and RN	$\geq 35m$
Minimum distance between UE and eNB	$\geq 35m$
Minimum distance between UE and RN	$> 10m$
Thermal noise density	-174dBm/Hz
Bandwidth	10MHz

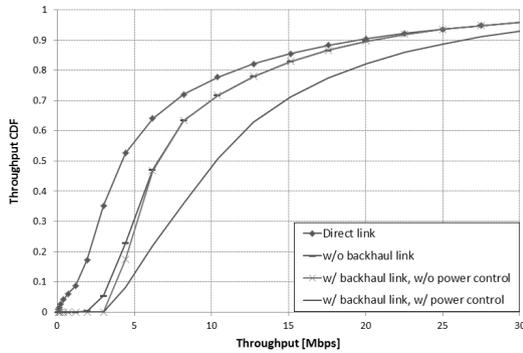


그림 5. Serving cell 선택 방식에 따른 throughput CDF

영향을 최소화하였기 때문에 SINR의 성능이 좋아지는 것이다. 따라서 throughput은 Shannon의 채널 용량 식을 보면 SINR에 따라 결정되기 때문에 우수한 SINR 성능을 갖는 제안하는 power control 기법이 serving cell 선택 기법들 중에서 가장 우수한 throughput 성능을 갖는 것도 확인할 수 있다.

곧, 제안하는 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 기법을 이용하여 Relay를 사용하는 LTE-Advanced 시스템에서 UE가 최대 throughput을 갖는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하고, 기존 해결 방안들이 가지고 있던 백홀 링크의 채널 상태를 리포팅하기 위한 추가적인 데이터 전송이 필요하고, UE에서 serving cell을 결정하기 위한 과정의 복잡도가 증가하며, Relay의 송신 신호가 강한 간섭으로 영향을 주어 수신 신호가 열화되는 문제점도 해결하기 위한 기법으로 사용하기에 우수한 것을 확인할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 3GPP LTE-Advanced 시스템의 Relay 환경에서 UE가 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점을 해결하기 위한 백홀 링크의 채널 상태에 따라 송신 전력을 조절하는 power control 방식을 제안하였다. 제안된 방식은 백홀 링크의 채널 상태에 따라 Relay의 송신 전력을 조절하여 UE가 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택할 수 있을 뿐만 아니라, 백홀 링크의 채널 상태를 리포팅하기 위한 추가 데이터 전송이 필요하고, UE가 serving cell을 선택하는 과정의 복잡도가 증가하며, Relay에서 송신하는 신호가 강한 간섭으로 UE의 수신 신호의 성능 열

화를 발생시키는 기존의 해결 방안의 문제점들까지 해결할 수 있는 방식으로, 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 성능 비교 분석을 바탕으로 제안된 방식을 통해 Relay 환경에서 UE가 최대 throughput을 지원하는 serving cell을 선택하지 못하는 문제점과 기존 해결 방안의 문제점을 해결할 수 있음을 입증하였다.

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TS 36.814 V9.0.0, "Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); Further advancements for E-UTRA physical layer aspects," www.3gpp.org, Mar., 2010.
- [2] 3GPP TS 36.912 V9.3.0, "Feasibility study for further advancements for E-UTRA (LTE-Advanced)," www.3gpp.org, Jun., 2010.
- [3] R1-103072, RIM, UK Limited, "serving cell selection in a heterogeneous network," TSG-RAN WG1 #61, May, 2010.
- [4] 3GPP TS 36.214 V10.0.0, "Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); physical layer; measurements," www.3gpp.org, Dec., 2010.
- [5] J. Kurjenniemi, and T. Henttonen, "Effect of measurement bandwidth to the accuracy of inter-frequency RSRP measurement in LTE," in Proc. IEEE PIMRC, pp.1-5, Sep., 2008.
- [6] T. Qu, D. Xiao, D. Yang, W. Jin and Y. He, "Cell selection analysis in outdoor heterogeneous networks," in Proc. IEEE ICACTE, pp.554-557, Aug., 2010.
- [7] 3GPP TS 36.211 V10.0.0, "Evolved universal terrestrial radio access (E-UTRA); physical channels and modulation," www.3gpp.org, Dec., 2010.

민 영 일 (Young-Il Min)

준회원



2009년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 학사
 2011년 2월 성균관대학교 현대통신학과 석사
 <관심분야> 무선 및 이동 통신, 모뎀 동기 기술, OFDM, LTE

장 준 희 (Jun-Hee Jang)

정회원



모뎀 동기 기술

2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 학사
2009년 2월 성균관대학교 휴대폰학과 석사
2009년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 박사 과정
<관심분야> 무선통신, 이동통신,

최 형 진 (Hyung-Jin Choi)

중신회원



1974년 2월 서울대학교 전자공학과 학사
1976년 2월 한국과학기술원 전기전자공학과 석사
1976년 3월~1979년 7월 (주)금성사 중앙연구소 연구원
1979년 9월~1982년 12월 미국 Univ. of Southern California 전기공학과 (공학박사)
1982년 10월~1989년 2월 미국 Lincom Corp. 연구원
1989년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 교수
<관심분야> 디지털통신, 무선통신, 이동통신, 위성통신 및 동기화 기술을 포함한 MODEM 기술