

LTE-Advanced 시스템에 릴레이 기법 도입 시 동적 자원 할당 방법

김승수¹ 김현성² 신봉걸³ 김영일⁴ 장주욱⁵

서강대학교 전자공학과

wwwawww@eeca1.sogang.ac.kr

hskim@eeca1.sogang.ac.kr

sba@eeca1.sogang.ac.kr

young81@eeca1.sogang.ac.kr

jjang@sogang.ac.kr

Dynamic resource Allocation scheme for Relay Technology in LTE-Advanced

SeungSu Kim¹ HyunSung Kim² BongKeol Shin³ YoungYil Kim⁴ JuWook Jang⁵

Department of Electronic Engineering, Sogang University, Seoul, Korea

요 약

최근 활발하게 연구되고 있는 4G 이동 통신 시스템의 하나인 LTE-Advanced 시스템에서 릴레이 기법은 주요 기술로써 고려되고 있다. 릴레이 기법을 도입함으로써 LTE-Advanced 시스템은 셀 가장자리 유저들에게 좋은 성능의 서비스를 제공할 수 있을 뿐 아니라 셀 커버리지를 늘릴 수 있을 것으로 기대된다. 하지만 LTE-Advanced 시스템에 릴레이 기술을 도입하는 구체적인 기법은 아직 연구되지 못하고 있다. 이러한 상황에서 우리는 기존의 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식을 이용하여 릴레이 기법을 도입 시 새로운 자원 할당 방법을 제안할 것이다. 제안 기법의 기본 아이디어는 서비스 지역에 진입한 단말이 채널 정보를 이용하여 eNB(eNodeB)로 접속할지 RS(Relay Station)로 접속할지를 결정한다. 기존의 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식을 그대로 적용하는 경우와 비교하여 우리가 새로 제안하는 자원 할당 기법은 전송률뿐만 아니라 공정성 측면에서도 우수한 성능을 나타낸다.

1. 서 론

4G 이동 통신 시스템의 표준화 작업이 진행되고 있는 가운데 릴레이 기법은 4G 이동 통신 시스템의 주요 기술로써 고려되고 있다. IEEE 측에서는 802.16j 기술을 통해 이미 릴레이 도입의 표준화를 완료하였다[1][2]. 또한 3GPP 진영도 릴레이 기술을 핵심 기술로써 고려하고 현재 표준화 진행 중에 있다.

그림 1에서 볼 수 있듯이 이동 통신 시스템에 릴레이 기법을 도입할 경우 네트워크 커버리지를 확장할 수 있을 뿐 아니라 셀 가장자리 유저들에게도 성능이 우수한 서비스를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 현재 3GPP 진영에서도 우선적으로 고려하고 있는 L3 릴레이 기지를 사용한다. L3 중계기는 비교적 낮은 출력을 가지나 디코딩 등 eNB가 수행할 수 있는 기능을 모두 수행할 수 있는 스마트 중계기를 의미한다[3].

본 논문에서 우리는 기존의 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식을 응용하여 시스템의 성능을 향상시킬 수 있는 새로운 자원 할당 기법을 제안한다. 본 제안

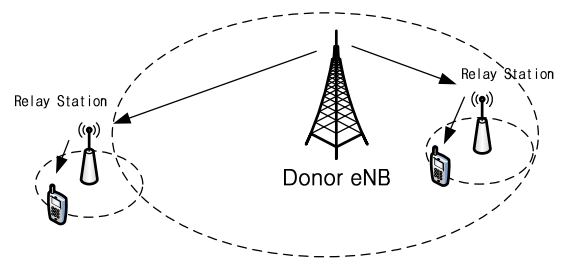


그림 1. 릴레이 기법의 도입.

방식은 기존 방식들에 비해 전송률이나 공정성 측면에서 큰 성능 향상을 나타낸다. 섹션 2에서는 기존 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식의 한계에 대해 언급하고 섹션 3에서 제안 기법을 소개한다. 제안 기법의 성능을 섹션 4에 나타내고 섹션 5에서 본 논문을 마무리한다.

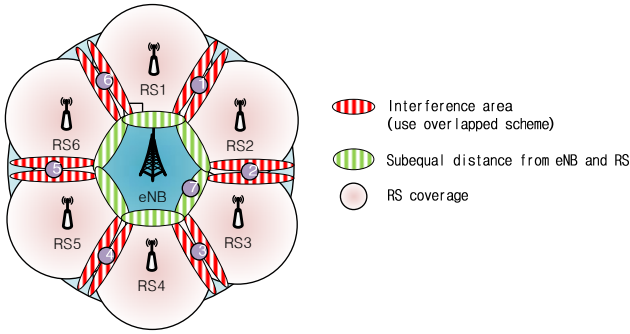
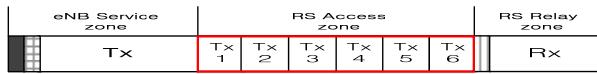
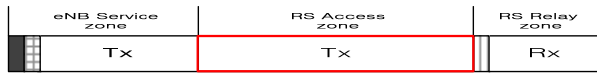


그림 2. 6-중계기 시스템에서의 간섭 지역.



(A) Frame structure of the Orthogonal scheme



(B) Frame structure of the Overlapped scheme

그림 3. 제안 시스템의 프레임 구조.

2. 기존 기법의 한계.

앞서 언급했듯이 현재 릴레이 기법 도입에 있어 고유의 셀 ID와 셀 커버리지를 가지고 있는 L3 중계기가 우선적으로 고려되고 있다. 따라서 서비스 지역에 진입한 단말은 측정되는 신호 세기에 따라 eNB 또는 중계기로 연결되어 서비스를 받는다. 본 논문에서는 그림 2처럼 1-eNB와 6-중계기 시스템을 고려한다. 만일 eNB와 중계기가 동일한 주파수 자원을 사용하여 서비스를 한다면 ⑦ 지역에 있는 단말들은 심한 간섭으로 인해 서비스 불능 상태로 빠질 수 있다. 따라서 eNB는 직교 할당 방식으로 중계기들과는 다른 주파수 자원을 사용한다고 가정한다. 따라서 eNB로 접속되어 서비스 받는 단말들은 동일 채널 간섭을 겪지 않게 된다. 그림 3에서는 본 연구에서의 프레임 구조를 나타낸다. eNB Service Zone은 eNB가 단말들에게 서비스할 때 사용하는 자원을 의미하며 RS Access Zone은 중계기가 단말들에게 서비스할 때 사용하는 자원을 의미한다. 또한 RS Relay Zone은 eNB에서 중계기로의 데이터 전송에 사용하게 된다. 만일 직교 할당 방식을 사용할 경우 중계기들은 할당된 자원을 중계기의 수로 나누어 동일하게 배타적으로 사용할 수 있다. 이 경우 중계기를 통해 서비스 받는 단말들은 동일 채널 간섭을 겪지 않지만 주파수 사용 측면에서 매우 비효율적이다. 또한 만일 중첩 할당 방식을 사용하여 그림 3(B)에서와 같이 중계기들이 단말들에게 서비스할 경우 주파수 사용의 효율성은 매우 높아지지만 동일 채널 간섭으로 서비스 불능 상태로

```
// Route Selection Algorithm //
// k : The number of RSs
// N(i) : The amount of Data to be transmitted to UE(i)
// Modified orthogonal scheme (Proposed scheme1) //
If [N(i) / C(eNB,RS)] + [N(i) / C(RS,UE(i))] ≥ [N(i) / C(eNB,UE(i))]
Then choose eNB-UE(i) Route
Else
Then choose eNB-RS-UE(i) Route
// Modified overlapped scheme (Proposed scheme2) //
If [N(i) / C(eNB,RS)] + [N(i) / C(RS,UE(i))] * 1/k ≥ [N(i) / C(eNB,UE(i))]
Then choose eNB-UE(i) Route
Else
Then choose eNB-RS-UE(i) Route
```

그림 4. 제안 기법.

빠지는 단말의 수가 늘어나게 된다. 이렇게 주파수 사용의 효율성과 서비스 안정성은 어떠한 기법으로 자원을 할당하느냐에 따라 트레이드 오프 관계에 있다. 이어지는 섹션 3에서 주파수 사용의 효율성을 최대한 보장하면서 또한 서비스 안정성도 높일 수 있는 기법을 설명한다.

3. 제안 기법.

이번 섹션에서는 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식의 단점을 보완할 수 있는 새로운 기법을 제안한다. 우리는 직교 할당 방식을 기본으로 하는 제안 기법을 PROPOSED SCHEME1이라 하고 중첩 할당 방식을 기본으로 하는 제안 기법을 PROPOSED SCHEME2라고 하기로 한다. 서비스 지역의 단말들은 피드백 채널을 이용하여 1 resource block(RB)를 통해 전송할 수 있는 데이터의 양을 측정할 수 있으며 이러한 데이터의 양을 $C(i,j)$ 라 한다. 이는 i 와 j 사이의 링크에서 측정된 전송 가능한 데이터의 양이며 이는 MCS 레벨에 의해 결정된다. 서비스 지역에 진입한 단말의 기지국 선택 알고리즘이 그림 4에 나타나 있다. 직교 할당 방식을 사용하는 PROPOSED SCHEME1을 보면 단말 i 가 전송하려는 데이터 $N(i)$ 를 전송하기 위해 필요한 RB의 수를 계산한다. 기지국에서의 전송을 위해서는 RS Relay Zone에서의 주파수 자원과 RS Access Zone에서의 주파수 자원이 모두 필요하므로 이 두 자원의 합이 단말이 eNB로 접속되어 서비스 받을 때 필요한 자원보다 적을 경우에만 중계기로 접속하여 서비스를 받게 된다. 이러한 방식이 수신 신호의 세기만을 비교하여 기지국을 선택하는 방식에 비해 시스템 전체 성능이 향상됨을 시뮬레이션 결과를 통해 확인하였다. 그리고 중첩 할당 방식을 사용하는

PROPOSED SCHEME2를 보면 역시 PROPOSED SCHEME1과 마찬가지로 중계기를 서비스 기지국으로 선택할 경우와 eNB를 서비스 기지국으로 선택할 경우 실제 사용하는 RB의 수를 측정한다. 그러나 PROPOSED SCHEME2에서는 중계기들이 동일한 주파수 자원을 중첩적으로 사용하므로 시스템 전체적 측면에서 볼 때 실제 할당된 주파수보다 중계기 수의 배만큼 가상 채널을 사용한다고 생각할 수 있다. 따라서 각 단말들은 RS Access Zone에서 사용하는 실제 주파수를 중계기들의 수로 나눈 주파수만큼 사용하여 서비스를 받는다고 할 수 있으므로 위 그림 4에서와 같은 알고리즘을 적용하였다. 따라서 PROPOSED SCHEME2에서는 PROPOSED SCHEME1에서보다 비교적 더 많은 단말들이 중계기를 통해 서비스를 받게 된다. 이러한 차이점은 그림 5와 그림 6을 통해

나타난다. 두 그림을 통해 분석할 수 있듯이 그림 6에서 비록 중계기와 단말 사이의 채널 상태가 그림 5에 비해 좋지 않더라도 본 제안 알고리즘을 통해 단말은 중계기를 통해 서비스를 받게 된다. 이렇게 서비스 지역의 단말들이 각자의 서비스 기지국으로 연결된 뒤에 프레임에서의 자원 할당이 eNB에서 수행된다. 기존의 여러 자원 할당 기법들이 프레임의 구조를 정적으로 고정된 것에 비해 본 제안 기법에서는 eNB와 중계기가 서비스할 단말들의 수의 비례하여 자원을 능동적으로 할당한다. 따라서 만일 중계기를 통해 서비스를 받게 될 단말의 수가 많을 경우 RS Access Zone과 RS Relay Zone에 많은 RB를 할당함으로써 자원 할당의 유연성을 보장한다.

4. 시뮬레이션 결과.

본 제안 기법은 C++을 이용하여 수행되었으며 제안 기법 뿐만 아니라 직교 할당 방식과 중첩 할당 방식 또한 시뮬레이션을 수행하여 성능을 비교하였다. 시뮬레이션 환경에 대한 파라미터는 표 1에 요약하였으며 각 단말들의 이동성은 [4]의 모델을 참조하였다. 표 2에서 볼 수 있듯이 PROPOSED SCHEME1은 직교 할당 방식에 비해 60.3%의 전송률 향상을 확인하였으며 공정성은 5.1% 증가하였다. 또한 PROPOSED SCHEME2는 중첩 할당 방식에 비해 전송률과 공정성이 각각 30.4%, 62.5% 증가하였다.

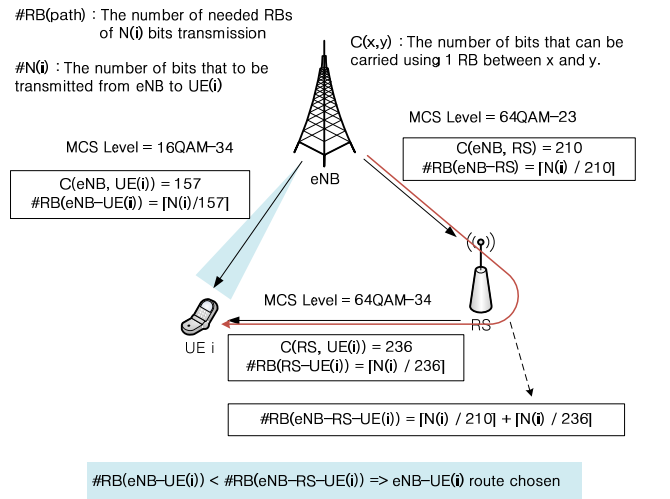


그림 5. PROPOSED SCHEME1의 기지국 선택

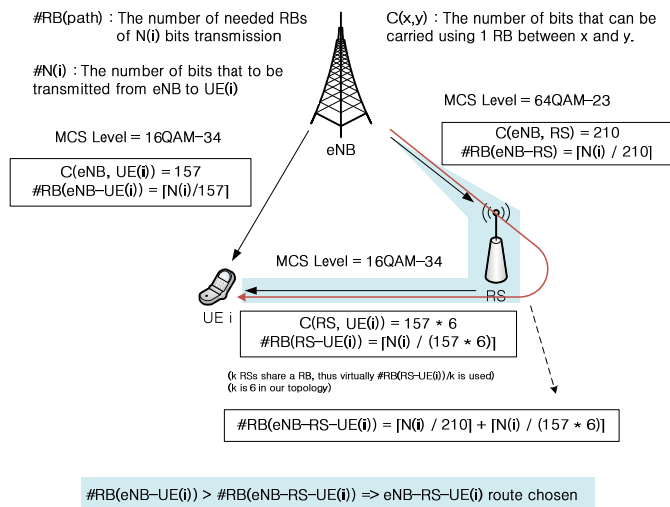


그림 6. PROPOSED SCHEME2의 기지국 선택

표 1. 시뮬레이션 환경 파라미터.

	eNB	중계기	단말
전송 파워	40W	20W	30mW
안테나 이득	14dB	12dB	0dB
안테나 크기	50m	40m	2m
시스템 자원	10MHz		
셀 반경	1Km		
단말 수	1000		
중계기 수	6		

표 2. 시뮬레이션 결과.

	직교 방식	PROPOSED SCHEME1
전송률(Mbps)	8.06	12.92
공정성	0.78	0.82
Service outage(%)	5.7	0
	중첩 방식	PROPOSED SCHEME2
전송률(Mbps)	15.00	19.56
공정성	0.48	0.78
Service outage(%)	15.16	0

5. 결론.

시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 본 제안 기법을 통하여 직교 할당 방식에서의 주파수 사용 비효율성과 중첩 할당 방식에서의 공정성 및 다수의 단말이 서비스 불능에 빠지는 단점을 보완하였다.

6. 참고 문헌.

- [1] IEEE P802.16j / D9, "Draft Amendment to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems: Multihop Relay Specification," Feb.2009.
- [2] Yang Yang,Honglin Hu, "Relay Technologies for WiMAX and LTE-Advanced Mobile Systems", IEEE Communication Magazine, vol 47, pp. 100 – 105, 2009.
- [3] Christian Hoymann, Andras Racz, Niklas Johnsson, Johan Lundsjo, "A Self-backhauling Solution for LTE-Advanced", WG4 Stockholm, 2008.
- [4] Roch A. Guerin, "Channel Occupancy Time Distribution in a Cellular Radio System", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol 36(3), pp. 89–99, 1987.