

셀 음영지역 단말의 성능 향상을 위한 Client-Relay 단말 선택기법

김동현, 권영민, 정민영
성균관대학교 정보통신대학
e-mail : dhk1231@skku.edu, {ko116, mychung}@ece.skku.ac.kr

Client-Relay MN Selection Method for Enhancing Performance of MNs Located in Coverage Hole

Dong Hyun Kim, Young Min Kwon, and Min Young Chung
College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University

요 약

셀룰러 시스템에서 셀 음영지역에 위치한 단말의 데이터 전송률을 향상 시키기 위해 Client-Relay 기법이 제안되었다. 본 논문에서는 Client-Relay 기법을 사용하는 환경에서 의뢰단말의 파일럿 신호를 이용하여 후보 중계단말 사이의 데이터 전송률을 측정하고 이를 기반으로 최적의 의뢰단말과 중계단말의 페어를 선택하는 기법을 제안한다. 시뮬레이션을 통해 제안한 방식이 셀 음영지역에 위치한 단말의 데이터 전송률을 향상시킴을 확인하였다.

1. 서론

최근 스마트폰의 급격한 보급으로 인해 무선 데이터 트래픽이 증가함에 따라 무선자원을 효율적으로 사용하기 위한 연구가 진행되고 있다[1]. 특히 기지국으로부터 멀리 떨어진 셀 음영지역에 위치한 단말은 상향링크(Uplink) 신호를 전송할 때 전송신호의 큰 감쇄로 인해 낮은 데이터 전송률을 가지는 문제가 있어 이러한 문제를 해결하기 위해 Client-Relay 기법이 제안되었다[1][2].

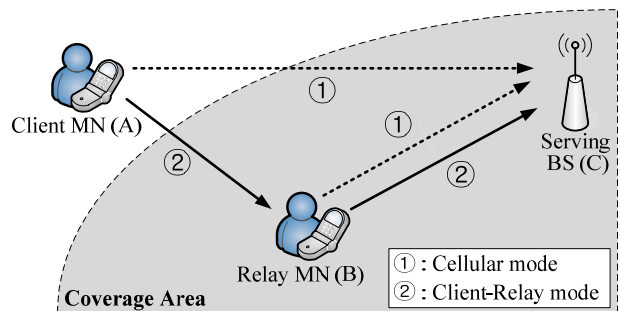
Client-Relay 기법은 셀 음영지역에 위치한 단말의 정보를 셀 음영지역에 위치하지 않은 다른 단말이 중계하여 기지국에 전송하는 기법이다. Client-Relay 기법을 통해 음영지역에 위치한 단말과 기지국간의 통신 경로가 상대적으로 짧은 릴레이 단말을 경유하여 신호를 전송하면, 사용자 단말의 데이터 전송률을 향상할 수 있다[3]. 기존 Client-Relay 기법에 관한 연구는 주로 음영지역에 위치한 단말의 패킷 지연과 셀 수율 향상에 초점을 두고 있다[3][4]. 그러나 기존 연구는 의뢰 단말이 전송한 신호를 중계하는 릴레이 단말의 선정방식에 대한 고려가 부족하다. 본 논문에서는 Client-Relay 기법에서 릴레이 단말 선정에 대한 방법을 제시하고, 이동 통신과 제안된 기법의 성능을 비교하고 분석한다.

2. 시스템 모델

본 논문은 이동통신 시스템에서 Client-Relay 기법을 지원하기 위해 다음과 같은 환경을 가정하였다. 단말들은 무선자원 접속 방식으로써 시분할 다중접속

(TDMA) 방식을 사용하여 동일한 시간 간격으로 데이터를 전송한다. 기지국은 단말이 상향링크에서 사용할 무선자원을 할당하고 이를 단말에게 알린다.

단말은 그림 1 과 같이 채널 상태에 따라 셀룰러 방식, 혹은 Client-Relay 방식으로 신호를 전송한다. 기지국과 단말 A 간의 채널 상태가 양호할 경우, 단말 A 는 기지국에게 직접 데이터를 전송한다. 반면에 채널 상태가 열악할 경우에는 Client-Relay 방식으로 동작한다. Client-Relay 방식에서는 단말 A 가 기지국으로 보낼 데이터를 전송하면 단말 B 는 이를 수신한 후 자신의 전송 데이터와 함께 기지국에 전송한다[2].



(그림 1) 단말의 상향링크 전송방식

3. Client-Relay 단말 선정 기법

Client-Relay 기법의 수행을 위해 본 논문에서는 단말 A 의 신호를 중계하기 위한 릴레이 단말의 후보들을 탐색하고, 최적의 릴레이 단말을 선정하는 기법을 제안한다. 제안 기법에서 기지국(C, Serving BS)은 단말 A 와 자신 간(A → C)의 데이터 전송률(R_{AC})이 임계값

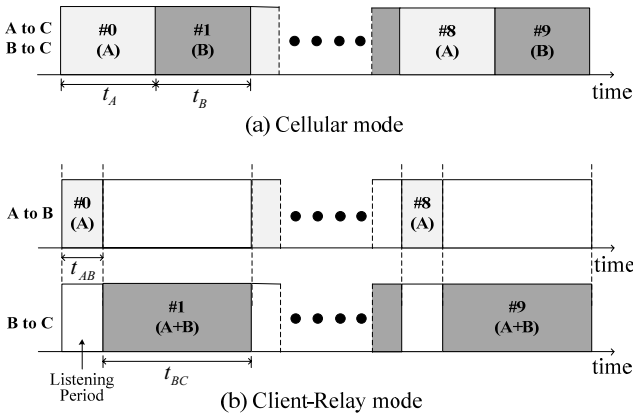
이하 일 경우, 단말 A 에게 파일럿 신호를 브로드캐스트할 것을 지시한다. 단말 A 가 브로드캐스트한 파일럿 신호를 수신한 단말들($B_i, i = 1, 2, 3, \dots, N-1$)은 해당 신호를 통해 단말 A 의 ID 정보를 획득하고, 단말 A 와의 데이터 전송률(R_{AB})을 예측한 후, 이를 기지국에 보고한다. 기지국은 수신된 R_{AB} 와 이미 알고 있는 R_{AC}, R_{BC} 의 정보를 바탕으로 식 (1)을 만족하는 후보 릴레이 단말들을 식별한다.

$$S = \left\{ (A, B_i) \mid R_{AC} < \frac{R_{AB_i} \cdot R_{B_iC}}{R_{AB_i} + R_{B_iC}}, (A, B_i) \in M \right\}, \quad (1)$$

where $i \in \{1, 2, 3, \dots, N-1\}$.

식 (1)에서 M 은 단말 A 와 B_i 간의 가능한 모든 페어를 나타낸다.

기지국은 단말 A 와 선정된 릴레이 단말들 B_j 의 페어 집합, 즉 $S \ni (A, B_j)$ 에서 의뢰 단말과 릴레이 단말의 전송 시간(t_{AB})과 릴레이 단말과 기지국간의 전송 시간(t_{BC})의 합이 최소인 하나의 페어(A, B_j^*)를 선정한다. 릴레이 단말을 선정 후, 기지국은 그림 2 와 같이 전송주기를 결정하고, A 와 B_j^* 에게 Client-Relay 방식으로 동작할 것을 지시한다.



(그림 2) 전송모드에 따른 전송주기 결정

4. 성능평가

제안한 Client-Relay 기법의 성능향상을 측정하기 위해 다음과 같은 환경을 고려하였다. 500m 반경을 가지는 육각형 셀에 50 개의 단말들을 균등하게 분포시켰다. 단말의 반송파 주파수는 2GHz 이며, 상향링크의 대역폭은 10MHz 로 가정하였다. 제안방식으로 인한 셀 음영지역에서의 성능향상을 확인하기 위해 모든 단말들이 셀룰러 방식을 사용하는 환경과 제안한 기법에 따라 Client-Relay 방식을 도입한 환경에서 단말 당 수율의 정규누적분포를 비교하였다.

그림 3 과 같이 셀룰러 방식을 사용하였을 때 하위 1% 단말의 평균 데이터 전송률이 140kbps 인 반면에, 제안 기법을 통해 Client-Relay 방식을 사용할 경우 하위 1% 단말의 데이터 전송률은 220 kbps 로 약 57% 향상되었다. 상위 80% 단말들은 모두 임계값 이상의 데

이터 전송률을 가져 셀룰러 모드를 통해 데이터를 전송하기 때문에 동일한 데이터 전송률을 가진다.

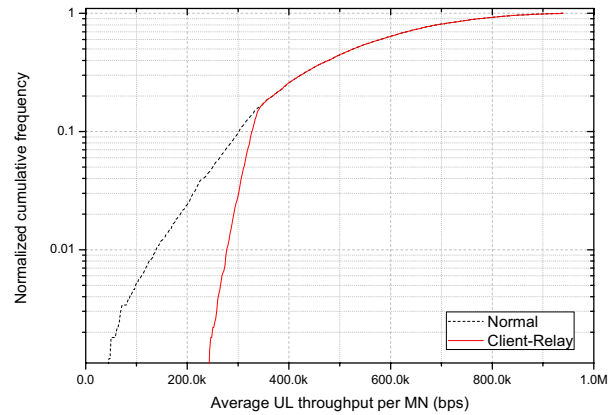


그림 3) 단말 당 데이터 전송률의 정규누적분포도

5. 결론

본 논문에서는 Client-Relay 기법을 사용하는 셀룰러 환경에서 단말의 데이터 전송률을 기반으로 최적의 의뢰 단말과 릴레이 단말의 페어를 선정하는 기법을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 제안된 기법이 기존 이동통신 방식에 비해 음영지역에 위치한 단말들에게 보다 높은 데이터 전송률을 제공할 수 있음을 확인하였다. 향후에는 릴레이 단말의 탐색 과정에서의 시그널링 오버헤드와 중계 역할을 수행하는 릴레이 단말의 배터리 소모 문제에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다.

ACKNOWLEDGEMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT 연구센터 육성지원 사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2012-(C1090-1211-0005))

참고문헌

- [1] S.-P. Yeh, S. Talwar, G. Wu, N. Himayat, and K. Johansson, "Capacity and Coverage Enhancement in Heterogeneous Networks," IEEE Wireless Communications, vol. 18, no. 3, pp. 32-38, June 2011.
- [2] S. Andreev, O. Galinina, and Y. Koucheryavy, "Energy-Efficient Client Relay Scheme for Machine-to-Machine Communication," in proc. IEEE Global Telecommunications Conference 2011 (GLOBECOM 2011), pp. 1-5, Dec. 2011.
- [3] A. Pyattaev, S. Andreev, Y. Koucheryavy, and D. Moltchanov, "Some Modeling Approaches for Client Relay Networks," in proc. 15th IEEE International Workshop Computer Aided Modeling, Analysis and Design of Communication Links and Networks 2010 (CAMAD 2010), pp. 116-120, Dec. 2010.
- [4] S. Andreev, O. Galinina, and A. Turlikow, "Basic Client Relay Model for Wireless Cellular Network," in proc. International Congress on Ultra Modern Telecommunications and Control Systems and Workshop 2010 (ICUMT 2010), pp. 909-915, Oct. 2010.