

비대칭 트래픽 환경에서의 IEEE 802.16j Mobile Relay Network 의 성능 평가 및 성능향상 기법

Performance Evaluation and Enhancement Scheme for IEEE 802.16j Mobile Relay Networks in Asymmetric Traffic Environment

현도원 장주욱

Dowon Hyun Ju Wook Jang

서강대학교 전자공학과

(02-3272-3220, snatcher@eeca1.sogang.ac.kr)

Abstract

In this paper, we identify key parameters affecting the throughput of the relay network based on IEEE 802.16j. we propose IEEE 802.16j modeling to evaluate performance for asymmetric traffic environment. Our modeling is very useful for predicting the downlink throughput. To maximize IEEE 802.16j throughput, we also propose performance enhancement scheme to find the frame ratio between DL access zone and DL relay zone, and the data ratio between MR-BS access link and relay link. We show that system throughput with our scheme is more highly achieved than traditional fixed frame scheme.

Keywords : IEEE 802.16j, dynamic frame structure, performance

1. 서론

IEEE 802.16j[1]는 기존 IEEE 802.16-2009[2]에 전송율과 전송거리 확장을 위해 Relay Station(RS)을 도입하였다. 이를 지원하기 위해 기존의 DL subframe 과 UL subframe 으로 구성되어 있는 프레임 구조에서 릴레이 통신을 위해 각 subframe 을 access zone 과 relay zone 으로 나누어 멀티홉 통신을 가능하게 하였다.

[3]에서는 IEEE 802.16j 기반에서 RS 의 수와 송신 파워와의 관계에 대해 성능을 평가하였다. 하지만 IEEE 802.16j 의 전송율에 영향을 미치는 많은 파라미터들 중 일부인 RS 의 수에 대해서만 다루고 있고, 이 파라미터는 본 논문에서 제안하는 모델링의 일부이다. 그 외 많은 IEEE 802.16j 성능평가에 관한 연구들은 주파수 재사용을 하여 성능을 향상시키는 연구가 대부분이다.

IEEE 802.16j 의 access zone 과 relay zone 의 비율에 따라 성능의 변화에 대한 연구들이 있다[4][5][6]. 하지만 [4]에서는 access zone 과 relay zone 의 비율은 시스템 성능을 최대화하기 위해 변화한다고 언급만 하였을 뿐 그 방법에 대한 언급은 없다. [5]에서는 현재 트래픽 요청량과 서브채널 전송율에 기반하여 액세스 존과 릴레이 존의 길이를 계산하는 휴리스틱한 방법을 제안하였다. [6]에서는 이전 프레임의 릴레이 존에 할당된 자원을 현재 프레임의 액세스 존의 길이와 릴레이 존의 길이를 결정하는 휴리스틱한 동적 프레임 스케줄링 기법을 제안하였다. 하지만 [5]와 [6] 모두 IEEE 802.16j

“이 논문은 2010 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (2010-001588)”

시스템의 많은 파라미터들을 중에서 일부만을 다루고 있고 또한 매 프레임 마다 자원할당을 위한 계산을 하기 때문에 이는 시스템에 심각한 오버헤드로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 IEEE 802.16j 비대칭 트래픽 환경에서 전송하고자 하는 총 데이터 양, 데이터 비율, 단말들의 수신신호 세기, RS 의 수 등 전송율에 영향을 미치는 핵심 파라미터들을 정의하고, 이를 이용하여 데이터를 전송하는 데 필요한 데이터 전송시간을 시스템 성능평가 지표로 삼았다. 또한 시스템 레벨에서 시스템 상황에 따라 시스템 성능을 최대화 하기 위한 DL access zone 과 DL relay zone 의 비율을 동적으로 정하는 기법을 제안하고 기존의 고정된 프레임 비율보다 전체적인 시스템 성능이 향상되는 것을 시뮬레이션을 통해 보인다.

2. 파라미터 정의

그림 1 은 1 개의 MR-BS 와 2 개의 RS 로 구성된 IEEE 802.16j 네트워크 셀을 보여주고 있다. MR-BS 는 MR-BS 액세스링크를 통해 MS1/MS2 에게 직접 데이터를 전송하고 릴레이 링크를 통해 RS1 과 RS2 에게 데이터를 전송한다. RS1 과 RS2 는 RS 액세스링크를 통해 MS3/MS4 와 MS5/MS6 에게 데이터를 전송한다. 이와 같이 MR-BS 는 MR-BS 액세스링크와 릴레이링크를 통해 데이터를 전송하기 때문에, 우리는 전송하고자 하는 전체 데이터양 중에서 MR-BS 액세스링크를 통해 전송되는 데이터의 비율을 α 로 두었다. 당연히 $(1-\alpha)$ 는 전송하고자 하는 전체 데이터의 양 중에서 릴레이링크를 통해 전송되는 데이터의 비율이 된다. α 는 $0 \leq \alpha \leq 1$ 의

범위를 가진다. 예를 들면, 전송하고자 하는 전체 데이터의 양을 N 으로 둔다면, MR-BS 액세스링크를 통해 전송되는 데이터의 양은 αN 이 되고 릴레이링크를 통해 전송되는 데이터의 양은 $(1-\alpha)N$ 이 된다.

또한 우리는 MR-BS 에서 릴레이링크를 거쳐 각 RS i 로 전송되는 데이터의 비율을 θ_i 로 두었다. 예를 들면, RS1 과 RS2 로 전송되는 데이터의 비율을 θ_1 과 θ_2 로 둔다면 RS1 과 RS2 로 전송되는 데이터의 양은 각각 $(1-\alpha)N\theta_1$ 과 $(1-\alpha)N\theta_2$ 가 된다. θ 는 $0 \leq \theta \leq 1$ 의 범위를 가진다.

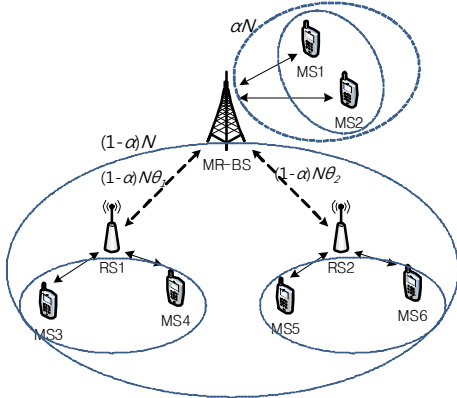


그림 1. IEEE 802.16j 성능에 영향을 미치는 파라미터 정의

그림 2 는 IEEE 802.16j 의 프레임 구조를 보여주고 있다. D_{BM} , D_{RM} 그리고 D_{BR} 은 DL subframe 을 모두 사용할 경우 BS 액세스링크, RS 액세스링크 그리고 릴레이 링크에서 수신 신호세기에 따른 한 프레임 데이터 전송량을 나타낸다. DL 액세스 존의 프레임 비율을 r 로 두고 DL 릴레이 존의 비율은 $(1-r)$ 로 두었다. r 은 $0 \leq r \leq 1$ 의 범위를 가진다. 한 프레임의 길이는 LoF 로 두었다.

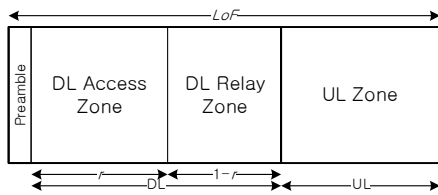


그림 2. IEEE 802.16j 프레임 구조

3. 시스템 모델링과 성능 향상 기법

3.1 제안 성능 평가 모델링

IEEE 802.16j 의 전송은 기존의 TDMA 방식과 달리 각 링크의 전송이 시간 순으로 이루어 지는 것이 아니라, 한 프레임에서 모든 링크의 전송이 이루어진다. 전송시간의 계산에 있어서도 TDMA 방식은 각 링크의 전송시간의 합이 전송시간이 되지만, IEEE 802.16j 에서는 가장 많은 프레임을 사용하여 전송하는 링크가 전체 전송시간을 결정한다.

따라서 전송하고자 하는 데이터의 총량 N 을 전송

하는데 필요한 시간 T_{RELAY} 는 (1)과 같이 나타낼 수 있다

$$T_{RELAY}(\alpha, r, k, N, D_{BM}, D_{RM}, D_{BR}, LoF) = MAX(\text{BS 액세스링크프레임수}, \text{RS 액세스링크프레임수} \times LoF) \times LoF \quad (1)$$

$$= MAX \left(\frac{\alpha N}{r D_{BM}}, \frac{(1-\alpha)N}{(1-r) D_{BR}}, \frac{(1-\alpha)N\theta_1}{r D_{RM1}}, \frac{(1-\alpha)N\theta_2}{r D_{RM2}}, \dots, \frac{(1-\alpha)N\theta_k}{r D_{RMk}} \right) \times LoF$$

MAX 함수의 첫번째 항목은 BS-access 링크, 두번째 항목은 RS-access 링크 그리고 마지막 세번째 항목은 relay 링크를 통해 데이터를 전송하는데 필요한 프레임 수를 나타낸다.

3.2 성능 향상 기법

IEEE 802.16j 는 프레임 구조에 따른 전송과 고정된 프레임의 비율로 인해 자원의 낭비가 발생할 수 있어 성능저하의 원인이 된다. 예를 들면 그림 3 과 같이 BS 액세스링크에서 사용되는 프레임수가 가장 많아 전송시간이 가장 길어지므로 이 BS 액세스링크에서의 데이터 전송시간이 IEEE 802.16j 의 성능을 결정하게 된다. IEEE 802.16j 의 성능을 최대화(데이터 전송시간을 최소화)하기 위해서는 BS 액세스링크의 프레임 수를 줄임과 동시에 릴레이 링크 또는 RS 액세스링크의 프레임 수를 적절히 늘려 모든 링크의 프레임 수를 같게 해야 한다. 반대로 RS 액세스링크에서 사용되는 프레임수가 가장 많을 경우 BS 액세스링크와 릴레이 링크의 프레임 수와 맞추어 성능을 최대화 할 수 있다.

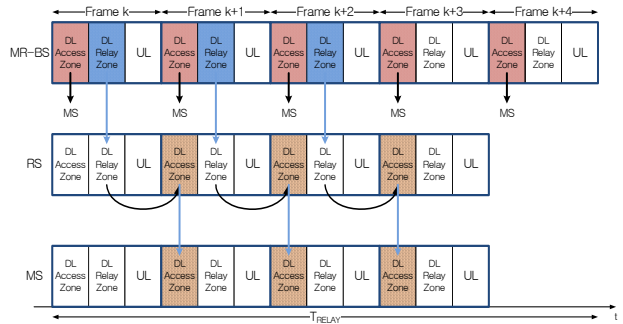


그림 3. IEEE 802.16j 프레임 구조

이를 위해 (3)에서 주어진 조절 가능한 파라미터는 r 과 θ 이며 이를 결정하기 위한 방법은 다음과 같다. <표 3>은 r 과 θ 의 변화에 따른 각 링크에서 전송에 사용되는 프레임 수의 변화를 보여준다.

r 과 θ 의 변화에 BS-access 링크와 릴레이 링크가 상반되게 변화한다. 이에 이 두 링크의 길이를 같게 하고 이를 D_{RELAY} 에 대해서 정리하면 (2)와 같다.

$$\alpha = f(r) = \frac{1}{1 - \frac{D_{BR}}{D_{BM}} + \frac{1}{r} \frac{D_{BR}}{D_{BM}}} \quad (2)$$

최적의 α 를 구하기 위해 이번에는 r 의 변화에 상반되게 움직이는 릴레이 링크와 RS-access 링크 사이의 프레임 수를 같게 하고 이를 α 에 대해서 나타내면 (3)와 같다.

$$r = \frac{1}{1 + \frac{1}{\theta_k} \frac{D_{RMk}}{D_{BR}}} \quad (3)$$

(3)를 (2)에 대입 대입하여 α 를 구할 수 있으며 이것은(4)과 같다.

$$\alpha = \frac{1}{1 + \frac{1}{\theta_k} \frac{D_{RMk}}{D_{BM}}} \quad (4)$$

(3)과 (4)에서 구한 r 과 α 가 IEEE 802.16j 의 전송시간을 최소화 하기 위한 최적의 값이다.

4. 성능 평가

본 절에서는 제안한 IEEE 802.16j 의 성능향상 기법과 기존의 고정 프레임 구조에서의 성능을 MATLAB 시뮬레이션을 통해 성능을 비교하였다.

본 논문에서는 1 개의 MR-BS 와 3 개의 RS 를 사용한 토폴로지에 대해서 고려하였다. 각 링크의 1 프레임 평균 전송 데이터의 양은 수신신호에 따라 결정되며, 여기에서는 D_{BM} 은 80640bit, D_{RMk} 은 60480bit 그리고 D_{BR} 은 100800bit 로 설정하였다. 전체 전송하고자 하는 데이터의 양 N 은 100Mbit 로 주어졌다고 가정한다.

그림 4 는 하나의 예로써 모든 θ_k 가 같을 경우(case 1)와 θ_k 가 다를 경우(case 2)에 대해서 각각의 데이터 전송시간 T_{RELAY} 를 보여준다. Case 2 의 경우 $\theta_1 : \theta_2 : \theta_3 = 0.2 : 0.2 : 0.6$ 로 두었다. 각각의 경우에서 $T_{min-calc}$ 는 모든 r 과 α 의 값이 0.1 단위일 경우에 대해 최소 전송시간을 계산한 값 중에서 가장 작은 값을 나타낸다. $T_{optimal}$ 은 본 논문에서 제안한 성능 향상 기법을 적용하였을 경우의 전송시간을 나타낸다.

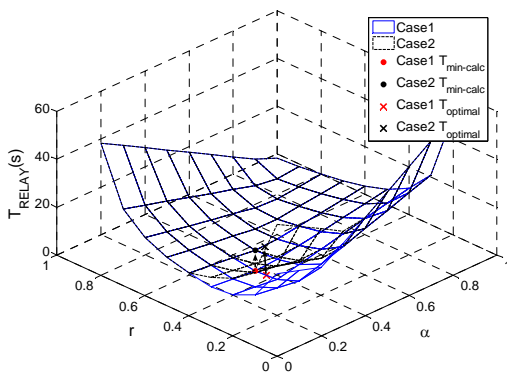


그림 4. 제안 성능 향상기법과 기존 고정 프레임 구조에서의 IEEE 802.16j 성능 평가 결과

$T_{optimal}$ 과 $T_{min-calc}$ 는 case 1 보다 case 2 에서 r 과 α 가 증가하는 방향으로 움직인다. 만약 r 이 증가한다면, 릴레이 링크의 전송 시간이 길어지게 되고, α 가 감소한다면 릴레이 링크의 전송시간이 줄어들게 된다.

5. 결론 및 추후과제

본 논문에서는 비대칭 트래픽 환경에서 IEEE 802.16j 의 전송율에 영향을 미치는 핵심 파라미터를 정의하고 성능평가 모델을 제안하였다. 또한 성능을 최대화 할 수 있는 시스템 성능 향상기법을 제안하고 기존의 고정 프레임을 사용한 경우보다 항상 성능이 향상되는 것을 보였다. 이를 사용하여 초기 단계에서 시스템 성능을 평가하는데 있어 유용하다고 생각한다. 추후에는 IEEE 802.16j 의 성능에 영향을 미치는 다른 파라미터에 대해서 조사하고 이를 반영하여 성능 평가 기법을 개선할 예정이다.

참고문헌

- [1] IEEE 802.16j, "Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems," Jun. 2009.
- [2] IEEE 802.16-2009, "Part 16: Air Interface for Broadband Wireless Access Systems," May. 2009.
- [3] V. Genc et al., "Analysis of Transparent Mode IEEE 802.16j System Performance with varying Numbers of Relays and Associated Transmit Power," in Proc. IEEE WCNC, Budapest, Hungary, Apr. 2009.
- [4] M. Okuda et al., "Multihop Relay Extension for WiMAX Networks – Overview and Benefits of IEEE 802.16j Standard," FUJITSU Sci. Tech. J., Vol. 44. No. 3, pp. 292-302, Jul. 2008.
- [5] D. Ghosh et al., "Adaptive Scheduling of Prioritized Traffic in IEEE 802.16j Wireless Networks," in Proc. IEEE International Conf. WiMob, Marrakech, Morocco, Oct. 2009.
- [6] H. Baek and J. Jang, "Dynamic Frame Scheduling with Load Balancing for IEEE 802.16j," in Proc. International Conf. on WCSP, Nanjing, China, Nov. 2009.
- [7] WiMAX Forum, "Mobile WiMAX – Part I: A Technical Overview and Performance Evaluation", 2006.
- [8] TTAR-0016#, "Evaluation Criteria of Radio Access Technology for 2.3GHz Portable Internet," Aug. 2004.