

모바일 IEEE 802.11 BSS간 지능적 간섭회피 기법

준회원 박래혁*, 이진우*, 나웅수*, 종신회원 조성래*

Intelligent Interference Avoidance Scheme for Mobile IEEE 802.11 BSSs

Laihyuk Park*, Gunwoo Lee*, Woongsoo Na* *Associate Members*,
Sungrae Cho* *Lifelong Member*

요약

미래 사회의 통신 기술은 차량 내 WiFi용 AP 등의 디바이스가 탑재되어 다양한 응용 서비스를 제공할 것으로 전망한다. 본 논문에서는 차량 내 WiMAX/Wibro 내장형 안테나를 탑재한 상황을 가정하며, WiFi 서비스를 통하여 WiMAX/Wibro 서비스를 차량 내 단말기에 제공하는 상황을 가정한다. WiFi용 AP는 도심에서 차량이 밀집될 수 있기 때문에 BSS간의 간섭으로 인하여 성능이 급격히 떨어질 수 있다. 기존에 제안된 간섭회피 기술은 고정된 상황을 가정하고 있기 때문에 네트워크 구조가 빈번하게 변화하는 이동성 있는 차량에 적용하기에는 어려움이 있다. 따라서 본 논문에서는 주기적인 BSS간 경쟁을 바탕으로 채널이관을 통한 지능적 간섭회피 기술을 제안한다. 제안된 기법의 성능을 측정하기 위해 OPNET 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행하였으며, 이를 통하여 제안기술이 최대 간섭빈도를 1/800 감소시키고 300%이상의 처리율 향상을 보여 제안기술의 우수성을 증명하였다.

Key Words : BSS, Mobile, Interference Avoidance, IEEE 802.11, WiFi

ABSTRACT

Communication technology of future networks is predicted to provide a large variety of services including WiFi service in vehicular network. In this paper, we assume that vehicles are embedded with WiMAX/Wibro antenna and in-vehicle terminals receive WiMAX/Wibro traffic through WiFi interface. This assumption will impose severe performance degradation due to interference among mobile BSSs when WiFi APs are densely located. Existing interference avoidance techniques cannot properly cope with the above problems and resolve dynamically moving vehicular scenario since they focus only on the fixed network topology. In this paper, we propose an intelligent interference avoidance scheme for WiFi services by hopping channels based on periodic competition among BSSs. To measure the effectiveness of the proposed scheme, we evaluated performance by using OPNET simulator. Through the simulation, we obtained 1/800 reduction in the maximum interference frequency and 300% improvement in throughput.

1. 서론

현재 WiMAX/Wibro용 휴대용 단말기는 셀 경계

및 음영 지역에서 신호감도의 저하로 통신 품질이 나빠지는 문제점이 발생되고 있다^[1]. 이러한 문제점을 해결하기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있는데 이

※ 본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 IT산업원천기술개발사업의 일환으로 수행하였음 [KI002084, 내장형 안테나 어레이 기반의 차세대 차량용 이동통신 시스템 기술연구]

* 중앙대학교 컴퓨터공학부 (srcho@cau.ac.kr)

논문번호 : KICS2010-07-323, 접수일자 : 2010년 7월 26일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 5일

연구들은 차량 내 WiMAX/Wibro용 내장형 안테나를 사용하여 신호 수신감도를 증가시켜 통신 품질을 향상시키는데 목적을 둔다^{1,2)}. 여기서 사용자 단말은 내장형 안테나와 WiFi 인터페이스를 통하여 고품질 WiMAX/Wibro 서비스를 제공받는다. 하지만 다수의 차량이 밀집될 경우 WiFi망간의 간섭으로 인하여 통신 효율이 떨어질 것으로 예상된다.

그림 1은 같은 채널을 사용하는 IEEE 802.11b 기반의 간섭 네트워크 토폴로지를 도식화 한 것이다. BSS_1, BSS_2은 서로 인접되어 간섭을 일으키고 있고 BSS_3는 주변의 간섭 없이 통신 중이다. 그림1 상황에서 처리율은 그림 2와 같다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 주변의 간섭이 없는 BSS (Basic Service Set)에 비하여 네트워크가 간섭을 줄 경우 처리율의 저하를 볼 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위한 BSS간 간섭 회피 기술이 필요하다. 이 실험은 고정된 환경의 결과이지만, 이동 환경에서는 더 심각한 문제를 초래할 수 있다. 하지만 지금까지 제안된 BSS간 간섭회피 기술은 고정된 네트워크 상황만을 고려했기 때문에 이동



그림 1. 간섭을 미치는 BSS와 간섭이 없는 BSS (IEEE802.11b, 전송 파워 : 1mw, Traffic Type : CBR. 거리 : 1km, Data Rate : 11Mbps)

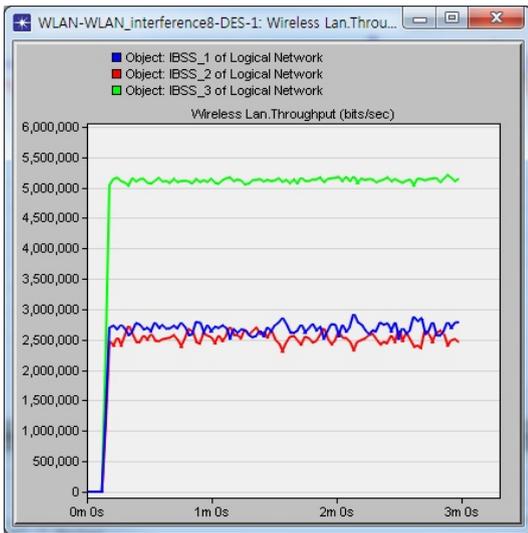


그림 2. 간섭에 따른 처리율

성으로 인하여 네트워크 상황이 유기적으로 변하는 상황에는 적합하지 않다.

따라서 본 논문에서는 WiMAX/Wibro 등의 서비스를 최적화된 통신 환경에서 사용하기 위하여 이동 차량에 내장형 안테나를 탑재한 상황을 가정하며, 이를 통한 차량 내 WiFi 서비스 제공을 위한 모바일 BSS간 간섭회피 기술을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 간섭회피 기술은 다수의 차량이 집결했을 경우에도 안정적인 처리율을 제공할 수 있는 지능적 간섭회피 기술이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 2장에서는 기존에 제안된 간섭회피 기술에 대하여 기술하고, 3장에서는 지능적 간섭회피를 위한 알고리즘을 제안하고, 4장에서는 제안된 기법에 대한 성능 평가 및 분석을 한다. 마지막으로 5장에서는 결론으로 논문을 맺는다.

II. 관련 연구 및 동향

현재까지 IEEE 802.11 기반의 WLAN환경에서 단위지역에서 다수의 AP가 출현하였을 때, 간섭이 발생하여 처리율이 저하되는 현상을 해결하기 위한 다양한 연구가 진행되었다^{3,4)}. 이 연구들은 대부분 최적화 알고리즘을 통해 처리율이 저하되는 현상을 해결하고자 하였다. 그러나, 네트워크 장비가 하루가 다르게 급격히 보급되고 사용되어짐으로 인해, 단위 지역 내에 AP들의 응집도는 더욱 더 높아졌고, 예기치 못한 네트워크 오류나 성능의 저하가 초래되었다.

이러한 문제들을 해결하기 위한 연구 중 하나는, 인프라 네트워크에서 AP간에 직접적인 통신을 하지 않고, 자체적으로 채널을 할당하는 알고리즘을 제시함으로써 AP의 처리율을 향상시켰다⁵⁾. 각각의 AP들이 간단한 학습규칙을 갖고 채널의 QoS(Quality of Service)를 판단하여 채널 변경 유무를 결정한다. 이는 State Vector를 이용하여 채널 선택의 성공 여부에 따라 Vector 값을 갱신해주거나 유지함으로써 이루어진다. 여기에서 동적인 채널 할당 방식을 사용하고는 있지만, 새로운 BSS의 출현이나, 이동성이 있는 AP들은 고려하지 않고 있다. 또한, 이미 인프라가 구축된 환경에서의 QoS 개선을 위한 알고리즘을 제안하고 있기 때문에, 이동성이 있는 차량의 경우에는 적합하지 않다.

제안되어진 또 하나의 메커니즘은 Chaotic 무선 환경에서의 동적 채널 선택 기법이다⁶⁾. 최종 사용자 개인이 임의로 AP를 설정하고 제조회사가 제공하는

기본값을 사용하는 디바이스들이 무분별하게 응집됨으로써 혼란이 생기는 네트워크를 ‘Chaotic’이라고 정의하고, 이런 상황에서 적합한 채널변경기법을 보여주고 있다. 모니터링 요소, 평가 요소, 채널 변경 요소를 사용하여 채널의 정보를 수집하고, 적재테이블에 이 정보들을 저장함으로써 채널의 QoS를 판단한다. 기준값과 비교하여 채널의 변경이 필요하다고 판단되면 변경이 이루어지는데, 이 기법은 단위 지역에서의 AP 간 간섭을 회피하기에는 적합하나, 이동성이 있는 노드에는 적합하지 않다.

커피숍이나 극장 등의 Hotspot 환경에서는 불특정 다수의 디바이스들이 밀집하게 된다. 이로 인해, 네트워크 사용자들은 공정하게 네트워크 자원을 할당받지 못하게 된다. AP간의 공정성에 초점을 둔 이 메커니즘은⁷⁾ 동적 채널 할당 기법인 MAXchop 알고리즘을 제안하고, 각 AP들이 공정하게 자원을 점유할 수 있게 해준다⁸⁾. 채널 변경 시퀀스를 갖고 AP들은 채널을 변경하고, 같은 채널을 점유한 AP들을 바꿔줌으로써 공정성을 보장한다. 하지만, Hotspot에서 엄청난 수의 디바이스들이 집중하게 될 경우 6개의 반복 시퀀스를 갖는 이 알고리즘은 예기치 못한 오류나 처리율의 급격한 저하를 가져올 수 있다. 고정된 AP들의 간섭을 가정했기 때문에 이동성은 고려하지 않고 있다.

이러한 메커니즘들은 고유의 이점을 갖고 있다. 그러나 고정된 AP들을 가정하고 있기 때문에 이동성이 있는 차량에 적용하기에는 어려움이 있다. 이동성을 주제로 한 연구들도 진행되었으나⁹⁻¹¹⁾, STA를 중심으로 한 이 연구들은 차량AP를 다루기에는 적합하지 않다. 그러므로 우리는 다수의 AP들의 출현으로 인한 간섭을 회피하고 이동성을 고려한 메커니즘을 제시한다.

III. 지능적 간섭회피 기법

본 장에서는 본 논문에서 제안한 지능적 간섭회피 기술에 대한 가정 및 기법에 대하여 기술하며 이를 위한 파라미터 값 설정에 대하여 논의 한다. 지능적 간섭회피 기법은 BSS간의 경쟁을 통한 간섭회피를 목적으로 하며 BSS내의 AP가 경쟁을 하고 그에 따라 BSS전체가 채널을 이관한다.

3.1 가정

본 절에서는 간섭회피 기법을 위한 가정에 대하여 논의한다. 각 BSS는 소수의 단말기 개수에 따른 우선순위를 가진다. 각 BSS는 우선순위를 갖고, 우선순위가 낮은 BSS내의 모든 단말은 다른 채널로 이관

을 하게 된다. 또한 같은 우선순위를 가질 경우 무작위(Random)로 다시 한번 경쟁을 한다. BSS내의 AP는 WiMAX/Wibro장비를 통하여 동기화가 되어 있다고 가정한다.

3.2 간섭회피 기법

간섭회피 기법을 위한 각 채널 i 의 슈퍼프레임 구조는 그림 3과 같다. 모든 AP 및 단말기는 AP에 연결된 Wibro/WiMAX기기를 통하여 동기화가 되어 있으며, 그림 3과 같은 슈퍼프레임 구조를 따른다. 슈퍼프레임 구조는 다음과 같이 구성되어 있다. $T_{Superframe}$ 은 전체 슈퍼프레임의 길이를 말하며, T_C 는 경쟁 구간의 전체 길이를 말한다. T_{PCP} 는 우선순위를 통한 경쟁 구간의 길이를 나타내며, T_{RCP} 는 우선순위가 같을 경우 경쟁하는 구간의 길이를 나타내며 T_D 는 데이터 전송구간의 길이를 나타낸다.

그림 3과 같은 슈퍼프레임 구조의 각 채널은 그림 4와 같이 동기화가 되어 있다. 채널 i 의 경쟁구간 후 θ 시간 후에는 바로 다음 채널 $i+1$ 의 경쟁 구간이 시작되도록 슈퍼프레임을 구성한다. 따라서 채널 i 에서 경쟁에서 탈락한 BSS그룹은 바로 θ 시간 후에 채널 $i+1$ 에서 경쟁을 반복하게 된다. 경쟁반복을 통해서 채널의 사용성을 높인다. 채널을 점유한 BSS 그룹은 T_D 시간동안 데이터 전송을 하게 되며 다시 T_C 구간이 되면 경쟁을 반복한다.

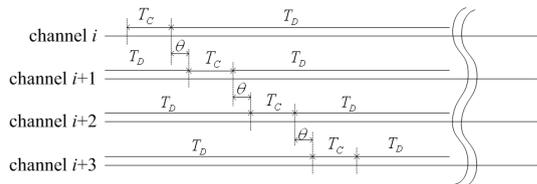


그림 3. 각 채널간 동기화

3.2.1 PCP(Random Contention Phase)

그림 4는 우선순위 6을 가진 PCP구간의 우선 순위 경쟁 기법을 나타낸 것이다. T_C 는 T_{PCP} 와 T_{RCP} 로 구성되어 있으며 각 BSS는 T_{PCP} 에서 우선순위에 대한 경쟁을 한다. 경쟁방법은 다음과 같다. BSS내의 AP는 해당 BSS의 우선순위만큼의 Contention Window를 설정하고 대기한다. 대기시간 동안 다른 채널 점유 프레임이 없을 경우, 채널 점유 프레임을 보낸다. 상위 우선순위를 가진 채널 점유 프레임이 먼저 전송됨으로써 우선순위에 따른 채널 점유가 가능해진다. 채널 점유 Frame이 성공적으로 전송되었을 경우 해당 BSS의 하나의 단말기기가 ACK를 전송함으로써 해당 채

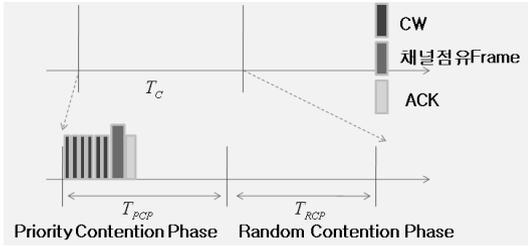


그림 4. 우선순위 Contention Phase의 구조 (Priority=6)

널에 대한 점유를 한다. 모든 단말기는 경쟁 구간에 채널을 수신함으로써 간섭을 회피하고 경쟁을 한다. 채널 i 의 P_{PCP} 내의 경쟁에서 탈락한 BSS그룹은 다음 채널 $i+1$ 로 이동하여 경쟁한다. 만약 같은 우선순위 BSS그룹이 경쟁하여 ACK를 받지 못할 경우 P_{RCP} 구간에서 다시 한 번 더 경쟁을 반복한다.

3.2.2 RCP(Random Contention Phase)

PCP구간에서 같은 우선순위로 인하여 채널 점유에 실패한 BSS그룹은 RCP로 이동하여 다시한번 채널 점유를 위한 경쟁을 시도한다. 방법은 PCP구간의 채널 점유와 같은 방법을 사용하며 Contention Window

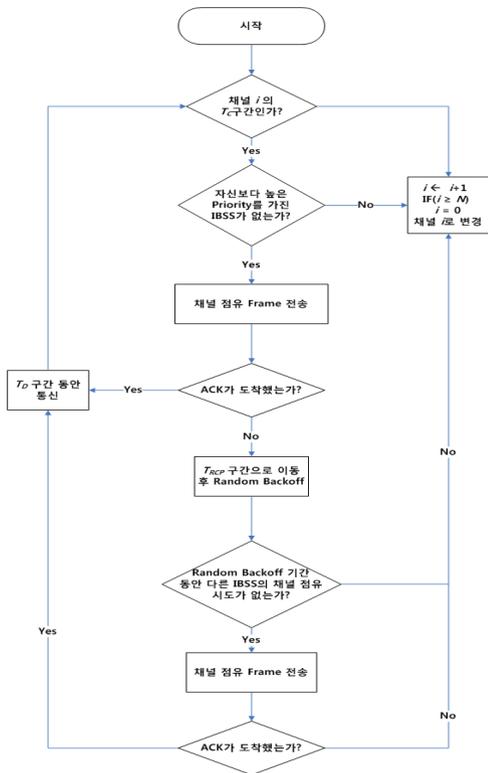


그림 5. BSS의 지능적 간섭회피 알고리즘

의 값이 우선순위가 아닌 무작위 값을 사용하는 차이점을 가진다. RCP에서 경쟁에서 탈락한 BSS 그룹은 다음채널로 이동하여 다시 경쟁을 한다.

이 일련의 BSS의 동작을 알고리즘으로 나타내면 그림 5와 같다. 그림과 같은 동작을 통하여 BSS들은 간섭가능 범위 내에서 지능적으로 다른 채널을 사용함으로써 간섭을 회피한다. 또한 제안된 기술은 주기적으로 간섭을 회피함으로써 이동성 있는 모바일 단말기에도 적용 가능하다.

IV. 성능평가

이 장에서는 지능적 간섭 회피 기법의 이점을 평가하기 위해 IEEE 802.11을 이용하여 시뮬레이션 결과를 비교한다. 성능평가는 OPNET 16.0a 시뮬레이터^[12]를 사용하여 제안기법 개발하였으며 기존의 IEEE 802.11 WiFi와 비교하였다. 시뮬레이션을 위해 급격한 AP간의 간섭을 보여주고 예측할 수 없는 이동성 상황을 고려하여 Random Walk Mobility Model 환경에서 성능평가를 수행하였다. 개발 환경에서 표 1과 같은 성능평가 파라미터를 사용한다. 평가 항목으로 채널 탐색 시간, 간섭 빈도 그리고 처리율을 비교 분석함으로써 제안된 기법의 우수함을 증명하도록 한다.

표 1. 시뮬레이션의 명세

환경변수	값
전송파워(W)	1 mw
$T_{Superframe}$ 길이	4.2 초
Data Rate	11Mbps
Random Walk 범위	1km x 1km
Traffic Size	5000 Byte
Traffic 생성 주기	4 msec
Traffic Type	CBR
BSS 개수	80개
Data 채널 개수	11개
노드의 이동속도	0~36Km/h (Uniform Distribution)

4.1 채널 탐색 시간

제안하는 기법의 성능을 측정하기 위해서 먼저 채널 탐색 시간을 구하도록 했다. 채널 탐색 시간은 AP가 경쟁을 통해서 최대한 간섭이 일어나지 않는 최적의 채널을 찾는 시간을 말한다. 채널 탐색 시간(ϵ)은 다음과 같은 수식을 사용하여 구할 수 있다.

$$\epsilon = \text{채널 점유 ACK 도착 시간} - \text{AP경쟁 시작시간}$$

그림 6은 모든 노드에 대한 채널 탐색 시간을 나타낸다. 전체적으로 모든 노드가 최적화된 채널을 찾는 시간은 0초에서 0.001초 사이로써 최적화된 채널을 찾는결과를 보여주었다. 그림 7은 채널 탐색 시간에 대한 CDF 그래프 결과 값이다. 그래프에서 90%일때가 1초 이내로 나타났다.

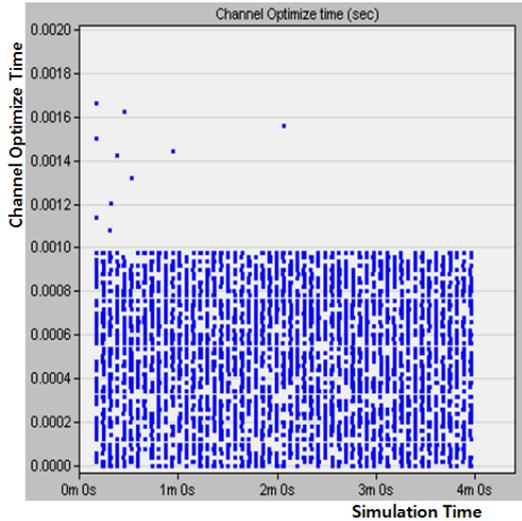


그림 6. 채널 탐색 시간

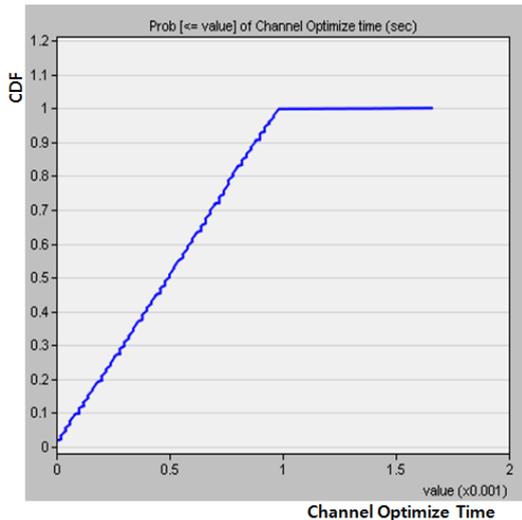


그림 7. 채널 최적화 시간 (CDF)

4.2 간섭 빈도

Random Mobility Model을 기반으로 한 BSS의 이동은 랜덤하게 발생하기 때문에 어떤 방향으로 이동이 이루어지는지 예측할 수 없다. 따라서 BSS간 간섭

은 움직임에 따라 변하며, BSS가 점유한 채널에서의 간섭 빈도 역시 변하게 된다. 그림 8은 지능적 회피 기법이 적용되기 전에 각 채널에서의 간섭 빈도를 보여주고 있다. 3번 채널은 45,000번 이상의 간섭이 일어나고, 다른 채널들도 약 2500번에서 10,000번의 간섭을 일으키고 있다. 그림 9는 지능적 회피 기법이 적용된 간섭 빈도를 보여준다. 각 채널에서의 간섭은 최대 75번까지만 일어나며, 3번 채널의 경우 간섭이

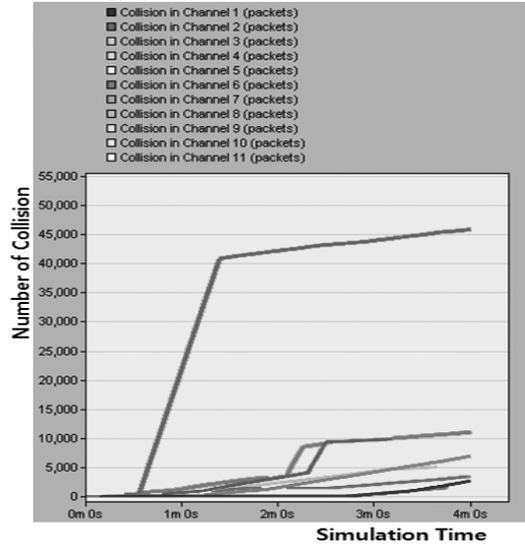


그림 8. 지능적 회피 기법이 적용되지 않은 경우의 각 채널에 대한 간섭 빈도

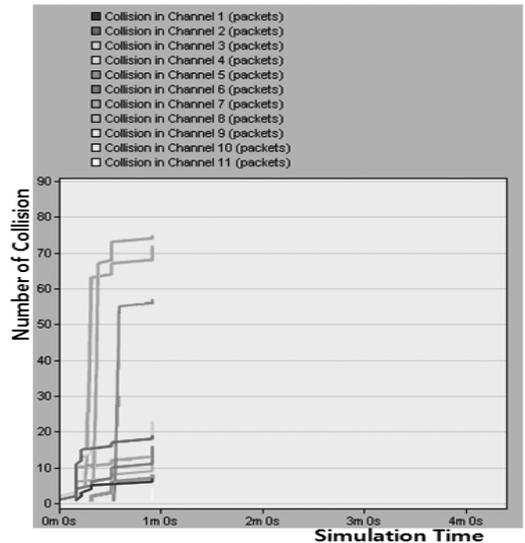


그림 9. 지능적 회피 기법이 적용된 경우의 각 채널에 대한 간섭 빈도

0.15%로 저하되었음을 알 수 있다. 또한, 그림 8에서 각 채널은 시뮬레이션이 끝날 때 까지 계속적으로 간섭이 일어남을 볼 수 있다. 반면 그림 9는 1분이 되었을 때 각 채널에서 모든 간섭이 사라짐을 알 수 있다.

4.3 처리율

이 부분에서의 시뮬레이션은 BSS간의 간섭 발생시 처리율의 변화에 대한 분석을 한다. 지능적 간섭 회피 기법이 적용된 BSS간의 처리율의 변화와 그렇지 않은 경우를 비교 분석 함으로써 제안된 기법이 우수함을 증명한다. 그림 10은 노드 80개중 무작위로 10개의 노드를 선택하여 지능적 간섭 회피 기법을 적용하지 않은 처리율을 보여준다. 그림 11은 노드 80개중 무작위로 10개의 노드를 선택하여 지능적 간섭 회피 기법을 적용한 처리율을 보여준다. BSS들의 중첩으로 인한 간섭에 따라 처리율은 달라지기 때문에, 그림 10에서 각 BSS들은 상이한 처리율의 저하를 보인다. 10번 차량의 경우 시간이 경과함에 따라 2분 30초와 3분 30초 구간에서 100%의 처리율 저하로 인해 통신이 두절됨을 알 수 있다. 반면에 지능적 간섭 회피 기법이 적용된 경우, BSS들은 그림 11에서 보듯이 일시적으로 처리율이 감소하더라도 곧 안정적인 처리율을 제공하는 것을 보인다.

4.4 성능 평가 분석

기존 IEEE 802.11은 채널의 간섭이 생길 시에 현저히 처리율값이 떨어지는 것을 볼 수 있었다. 하지만

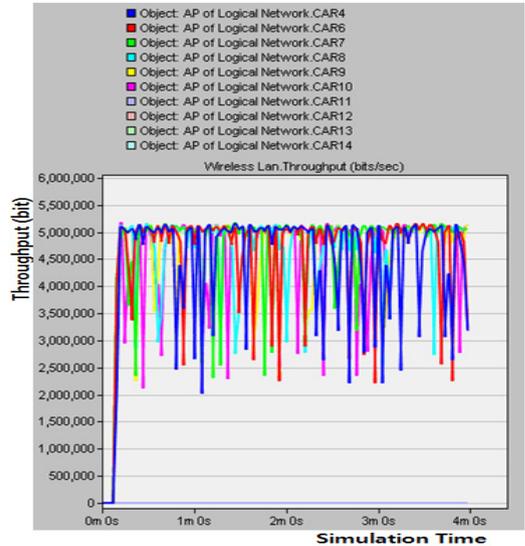


그림 11. 지능적 회피 기법이 적용된 경우의 AP Throughput

본 논문에서 제안한 지능적 간섭회피 기법을 적용할 경우 기존에 제안된 기법과는 달리 주기적으로 BSS 간 경쟁을 통하여 간섭을 회피하므로, 빈번하게 변화하는 네트워크 토폴로지에 강점을 보인다. 따라서 이 동성이 강조된 Random Walk 토폴로지에서 최대 300%의 처리율 향상을 보인다. 이러한 강점을 바탕으로 AP의 처리율 또한 안정적으로 보장되는 것에 비하여(그림 13) 기존 연구는 안정적이지 못하고 불안정한

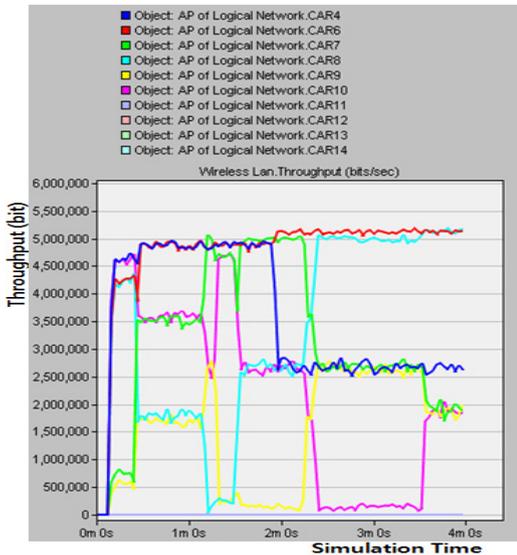


그림 10. 지능적 회피 기법이 적용되지 않은 경우의 AP Throughput

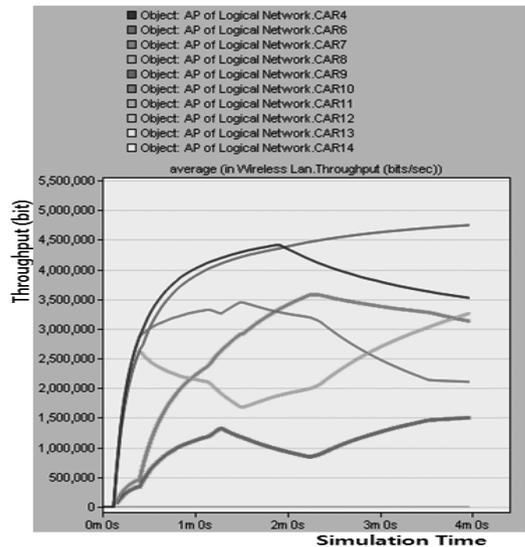


그림 12. 지능적 회피 기법이 적용되지 않은 경우의 AP Throughput Average

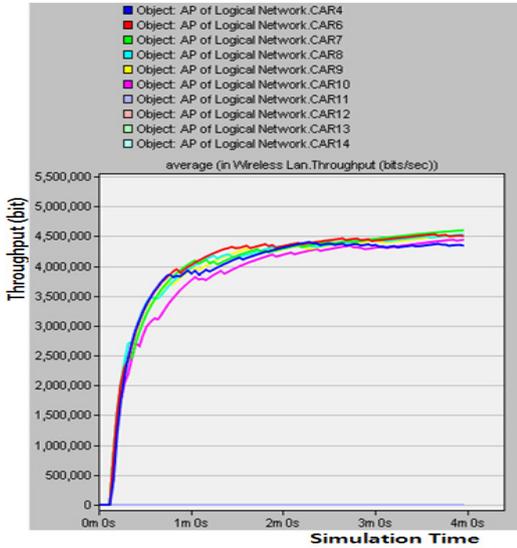


그림 13. 지능적 회피 기법이 적용된 경우의 AP Throughput Average

AP처리율을 보인다(그림 12). 이는 BSS가 밀집될 경우에도 제안된 기법이 우수하게 적용되는 것을 보인다. 본 논문에서 제안된 간섭회피 기법에서는 주기적인 경쟁을 할 때 자신의 채널을 찾아가는 소요시간이 약 0초에서 0.001초 사이로 오버헤드가 매우 작음을 볼 수 있었다. 또한, 각 BSS별로 독립적인 채널을 사용함으로써 통신 충돌이 최대 1/800로 현저히 감소함을 볼 수 있다.

V. 결 론

미래 사회의 통신 기술은 이동기기 내 WiFi용 AP 등의 디바이스가 탑재되어 다양한 응용 서비스를 제공할 것으로 전망된다. 하지만 기존에 제안된 BSS간의 간섭회피 기법은 고정된 AP들을 가정하고 있기 때문에 이동성 있는 모델을 적용할 경우에 처리율값이 떨어지는 문제를 발생한다. 본 논문에서는 이동성 있는 BSS의 간섭문제를 해결하기 위해서 주기적인 경쟁을 통한 지능적 간섭회피 기법을 제안하였다. 제안된 기법은 BSS 내의 AP가 경쟁을 하고 그에 따라 BSS전체가 채널을 이관하는 방식을 따른다. 채널 이관은 소속된 BSS 내의 디바이스 개수에 따라 우선순위가 결정되며 우선순위가 낮은 BSS는 다음 채널로 이관한다. 우선순위가 같을 경우에는 접근 시간에 따라 결정된다. 본 논문에서 제안된 알고리즘을 검증하기 위하여 OPNET 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행하였으며 채널탐색시간, 간섭빈도, 처리율 값

을 기존 IEEE 802.11 WiFi 모델과 비교하였다. 성능평가 결과 최대 간섭빈도가 1/800으로 현저히 감소했을 뿐만 아니라 300%이상의 처리율 향상을 보여주어 제안기술의 우수성을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] Y.H. Ko, Y.S. Cho, "A joint method of cell searching and DoA estimation for a mobile relay station with beamforming antennas," *IEICE Tran. Communication*, Vol. E91-B, No. 7, pp.2439-2442, July 2008.
- [2] Y. J. Kim, J. R. Lee and Y. S. Cho, 'A paging indicator transmission technique for mobile WiMAX systems', *IEICE Transactions on Communications*, vol.E92-B, No.7, pp.2542-2545, Jul., 2009.
- [3] Ohyun Jo and Dong-Ho Cho, "Efficient Spectrum Matching Based on Spectrum Characteristics in Cognitive Radio Systems," *IEEE WTS2008*, pp.230-235. April.2008.
- [4] Sunmyeng Kim, Rongsheng Huang and Yuguang Fang, "Deterministic Priority Channel Access Scheme for Qos Support in IEEE 802.11e Wireless LANs," *IEEETrans. Vehicular Tech.*, vol.58, no.2, Feb.2009.
- [5] D.J. Leith and P. Clifford, "A Self-managed Distributed Channel Selection Algorithm for WLANs," *4th Int. Symposium on Modeling and Optimization in Mobile, Ad Hoc and Wireless Networks*, 2006.
- [6] Matthias Ihmig and Peter Steenkiste, "Distributed Dynamic Channel Selection in Chaotic Wireless Networks," Program for European Wireless 2007.
- [7] Zhiyao Ma, Zhigang Cao and Wei Chen, "A Fair Opportunistic Spectrum Access(FOSA) Scheme in Distributed Cognitive Radio Networks," *IEEE ICC 2008*, pp.4054-4058. May. 2008.
- [8] Arunesh Mishra, Vivek Shrivastava, Dheeraj Agrawal, Suman Banerjee and Samrat Ganguly, "Distributed channel management in uncoordinated wireless environments," *MobiCom'06*, sep. 2006.

- [9] Seung-eun Chung, Joon Yoo and Chong-kwon Kim, "A Cognitive MAC for VANET based on the WAVE Systems," *IEEE ICACT 2009*. pp. 41-46. Feb.2009.
- [10] Kazuya Tsukamoto, Yukihiro Omori, Onur Altintas, Masato Tsuru and Yuji Oie, "On Spatially-Aware Channel Selection in Dynamic Spectrum Access Multi-hop Inter-Vehicle Communications," *IEEE VTC 2009*, pp. 1-7. Sept. 2009.
- [11] Sang-wook Park, Sung-dae Jung, Jong-in Jung and Sang-sun Lee, "A State Management MAC Protocol for Vehicle to Vehicle Communication Using Directional Antenna," *KICS'08-05*, vol. 33. No. 5. 2008.
- [12] OPNET Technologies, Inc., <http://www.opnet.com/>

박 래 혁 (Laihyuk Park)

준회원



2008년 2월 중앙대학교 컴퓨터 공학부 학사
 2010년 2월 중앙대학교 컴퓨터 공학부 석사
 2010년 3월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 박사과정
 <관심분야> 무선인지네트워크, 지향성안테나용 MAC 프로토콜

이 건 우 (Gunwoo Lee)

준회원



2006년 2월 명지대학교 컴퓨터 공학과 학사
 2010년 3월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅

나 응 수 (Woongsoo Na)

준회원



2010년 2월 중앙대학교 컴퓨터 공학과 학사
 2010년 3월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학과 석사과정
 <관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅

조 성 래 (Sungrae Cho)

종신회원



1992년 2월 고려대학교 전자 전산공학과 학사
 1994년 2월 고려대학교 전자공학과 석사
 2002년 12월 미국 조지아공대 전기및컴퓨터공학과 박사
 1994년 2월~1996년 8월 한국

전자통신연구원 연구원
 2003년 1월~2003년 7월 삼성 종합기술원 전문연구원
 2003년 8월~2006년 7월 미국 조지아서던대학교 컴퓨터학과 조교수
 2006년 9월~현재 중앙대학교 컴퓨터공학부 부교수
 <관심분야> 무선네트워크, 유비쿼터스 컴퓨팅