

공유 주파수 대역에서 FH와 LBT시스템의 통신효율에 관한 연구

The Study about Communication Efficiency of FH and LBT System for Common Frequency Band

조승일¹, 강상기², 황택진², 홍현진², 차재상³, 이일규⁴, 양충모⁵, 김성권¹

¹ 전남 목포시 죽곡동 571-2 목포해양대학교 대학원 전자통신공학과

E-mail: whtmddl@mmu.ac.kr

² 한국전자통신연구원

³ 서울산업대학교 미디어공학부

⁴ 공주대학교 전자통신공학부

⁵ 삼성전기 중앙연구소

요 약

무선통신이 생활의 거의 모든 부분에서 이루어지는 현재의 Ubiquitous 사회에서 가장 크게 부각되고 있는 문제점이 주파수의 부족이다. 주파수의 효율적인 사용 방안의 하나로 다른 종류의 무선통신기술들을 임의의 대역에서 함께 사용하고자 하는 공유 주파수 대역의 개념이 제시되었다. 공유 주파수 대역이 실현되면 임의의 대역에서 간섭회피기술인 FH와 LBT시스템의 공존은 피할 수 없을 것으로 예상된다. 본 논문에서는 공유 주파수 대역에서 채널수별로 사용자수에 따라 서비스를 받는 사용자 수의 throughput을 분석한 FH와 LBT시스템의 통신효율에 대하여 연구하였다. 임의의 주파수대역에서 FH와 LBT시스템이 같이 사용될 경우에 LBT시스템의 우수한 채널점유능력 때문에 FH시스템의 통신효율이 저하되는 문제점이 발생함을 확인하였다. LBT시스템의 파라미터 중 동 채널 사용 시 지연시간을 늘려주거나, 채널점유시간을 줄여주는 방법으로 FH시스템의 통신효율이 현저하게 감소하는 문제점을 해결할 수 있을 것으로 전망된다.

Key Words : FH(Frequency Hopping), LBT(Listen Before Talk), Ubiquitous, Queuing Theory, Throughput

1. 서 론

무선통신이 생활의 거의 모든 부분에서 이루어지는 현재의 Ubiquitous 사회에서 가장 크게 부각되고 있는 문제점이 주파수의 부족이다. 급속한 속도의 무선통신 기술의 발전에서 이와 같은 주파수 부족현상은 향후 더 심각한 문제점이 될 것으로 예상된다. 이처럼 한정된 주파수에 대한 수요가 급속한 속도로 증가함에 따라 주파수의 효율적인 사용의 중요성이 크게 강조되고 있다.

주파수의 효율적인 사용 방안의 하나로 다른 종류의 무선통신기술들을 임의의 대역에서 함께 사용하고자 하는 공유 주파수 대역의 개념이 제시되고, 이에 따른 연구가 활발하게 진행 중이다[1].

공유 주파수 대역이 설치되어 여러 무선통신기술들을 혼용될 경우 각 통신기술 간의 간섭이 가장 큰 문제점이 될 것이다. 각 통신기술 간의 간섭을 어느 정도로 줄일 수 있는냐에 따라 공유 주파수 대역의 실현의 가능여부가 달려있다고 할 수 있다[2].

소출력 무선통신기기는 채널을 사용하는데 있어서 그 간섭을 줄이기 위해 간섭회피 기술을 사용하고 있다. 현재 국내에서는 간섭회피기술에 대한 어떤 기준도 재정되지 않는 상황에서 기업의 주도로 홈네트워크와 소출력 무선기기에 대한 기술기준이 잘 정비되어 있는 미국의 FH시스템이 사용되고 있다. 그러나 협대역에서 소수의 채널로 분할하여 Channel Searching 방식을 사용하며, 유럽에서 사용되고 있는 LBT시스템이 국내 현실정에 더 적합하다는 의견이 대두되고 있다.

이러한 이유로 공유 주파수 대역이 실현되어 여러 종류의 소출력 무선기기를 사용할 경우, 임의의 대역에서 FH와 LBT시스템의 공존은 피할 수 없을 것으로 예상된다.

미국의 FCC part 15.247에서 FH는 확률적으로 사용할 채널을 선택하고 채널점유시간이 채널당 0.4초로 규정화되어있고, 유럽의 EN 302-208에서 LBT는 Channel Searching 방식으로 사용할 채널을 선택하고 채널점유시간이 1초로 규정화 되어있다. 이 두 시스템이 같은 대역 내에서 사용될 경우에 LBT의 뛰어난 상

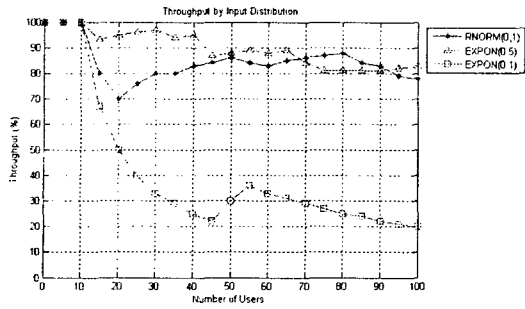


그림 1. 입력 분포에 따른 Throughput

능 때문에 FH의 통신효율은 크게 떨어지게 될 것으로 예상된다. 그러므로 임의의 대역에서 FH시스템과 LBT 시스템이 공존할 경우의 통신효율에 대한 연구가 반드시 필요하다.

본 논문에서는 LBT와 FH시스템이 임의의 대역에서 혼용될 경우에 각 방식이 서로의 통신 효율에 어떤 영향을 미치는지를 살펴보고, 발견되는 문제점에 대한 해결 방안을 제시한다.

이를 위해 대기행렬이론(Queueing Theory)을 FH와 LBT시스템에 적용하였다. 각 방식의 파라미터를 변화시키면서, FH와 LBT시스템의 통신효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 이 결과를 토대로 발생할 수 있는 문제점을 예상하고 그에 따른 해결책을 제시하였다.

본 논문에서는 1장 서론에 이어 2장에서는 대기행렬을 이용한 적정통계모델을 분석하였고 3장에서는 2장에서 제시한 모델을 토대로 FH와 LBT 시스템 사용 유저수 변화를 분석하였고, 4장에서 결론을 내리고 논문의 글을 맺는다.

2. 대기행렬이론을 이용한 적정통계모델

대기행렬이론(Queueing Theory)을 소출력 무선기기 시스템의 간섭 회피 기술로 사용되는 FH와 LBT 시스템에 적용하여, 채널수별로 사용자수에 따라 서비스를 받은 사용자수의 throughput을 분석하였다. 대기행렬이론은 사용자의 이용접근 시간간격을 각각의 통계적 분포로 처리하여, 각 시스템의 적정채널수 유추를 가능하게 한다.

그림 1은 채널을 사용하고자 하는 사용자의 입력분포에 따른 throughput의 관계를 나타낸 그래프이다. 가로축은 통신을 시도하는 사용자수이고, 세로축은 통신이 성공하였음을 나타내는 throughput이 된다. 각각의 입력분포는 정규분포와 지수분포를 비교하였다. 각각 채널수가 10개인 LBT(listen before talk)시스템이며, 채널 점유시간은 4sec, 채널 사용 후 같은 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 하였다. 시뮬레이션은 Pritsker Co.에서 대기행렬이론을 적용하여 만든 Awesim 시뮬레이터를 사용하였다[3].

그림 1에서 사용자의 입력분포가 정규분포와 평균값이 0.5인 지수분포를 따른 때, 그 간격이 LBT시스템의 채널 점유시간인 4초만큼 충분히 넓으므로, 발생 user의 80%정도가 채널을 사용함을 알 수 있다. 따라서 각 시스템의 채널수와 user수의 관계를 확인하는 시뮬레

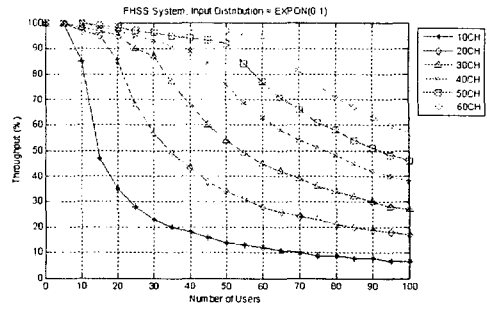


그림 2. FH 시스템을 이용하는 유저수 별로 채널수의 변화에 따른 Throughput

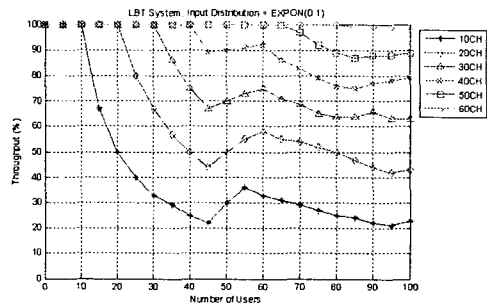


그림 3. LBT 시스템을 이용하는 유저수 별로 채널수의 변화에 따른 Throughput

이션에서는 user의 발생분포로 평균값이 0.1인 지수분포를 사용하도록 하였으며, 비교적 worst case 시뮬레이션으로 가정하였다.

3. FH와 LBT 시스템 사용 유저 수 변화 분석

3.1 공유 주파수 대역에서 FH와 LBT의 사용 가능 유저 수

국내의 임의 주파수대역에 250mW의 소출력 무선기기를 공동으로 사용할 공유 주파수 대역이 설정될 경우에 그 채널수는 40개 정도가 적절하다[4]. 그러므로 소출력 무선기기의 간섭회피기술로 사용되는 FH와 LBT시스템이 공동으로 사용하는 채널의 개수는 공유 주파수 대역과 같은 40개이다. 이 때 FH와 LBT시스템의 사용 가능 유저수를 분석한다.

그림 2와 그림 3은 채널수가 40이고, 사용자 발생 간격이 평균 0.1의 지수분포를 따르고, 발생 유저수가 100일 때 FH와 LBT시스템이 서로 영향을 주지 않고 개별적으로 사용했을 경우의 throughput을 나타낸 그래프이다. 서로 영향을 미치지 않고 각 시스템이 독립적으로 사용할 때, FH는 38%, LBT는 80%의 throughput을 갖는다.

같은 조건에서 40개의 채널을 FH와 LBT시스템이 공동으로 사용하면, 표 1에 나타난 결과와 같이 Channel Searching을 사용하는 LBT방식이 80%의 throughput을 갖는 반면, 확률적으로 채널을 선택하는 FH방식은 9%의 throughput을 갖는 것을 알 수 있다.

표 1. LBT 동 채널 사용 시 지연시간 변화에 따른 FH와 LBT의 Throughput

LBT 동 채널 사용 시 지연시간(sec)	0	1	2	3	4	5
FH Throughput(%)	9	17	23	23	23	23
LBT Throughput(%)	80	74	67	61	56	55
Total	89	91	90	84	79	78

이 결과에서 FH와 LBT시스템이 같이 사용될 경우에 FH시스템의 통신효율이 많이 감소하는 문제점이 발생할 수 있다.

3.2 LBT 동 채널 사용 시 지연시간의 변화에 따른 유저수 변화

국내에는 아직 FH와 LBT시스템에 대한 명확한 규격 및 제도가 마련되어 있지 않다. 그렇기 때문에 국내에서 FH를 사용하는 소출력 무선기기는 기업의 주도로 미국의 FCC part 15.247에서 규정하는 표준에 따라 사용되고 있다. 따라서 본 논문에서는 FH의 파라미터는 미국의 표준규격으로 고정시키고, LBT의 파라미터들을 변경하며, FH의 통신 효율의 변화를 살펴보았다.

FH시스템의 채널 점유 시간을 0.4초, LBT시스템의 채널점유시간을 4초로 고정시키고, 채널수와 유저의 발생 간격을 동일하게 한 경우에 FH의 효율을 높이기 위해서 LBT의 파라미터 중 동 채널 사용 시 지연시간을 변경하였다. LBT시스템은 한 번 사용했던 채널을 한 번 더 사용하려고 하면 어느 정도의 지연시간 동안 쉬도록 되어있다. 그 지연시간을 점차 늘려가며 FH와 LBT시스템의 throughput의 변화를 확인하였다. 동 채널 사용 시 지연시간이 1초에서 5초까지 변화함에 따른 FH시스템의 throughput과 LBT시스템의 throughput을 표 1에 나타내었다. 표 1의 결과에서 지연시간은 LBT시스템의 throughput과는 반비례하고, FH시스템의 throughput과는 비례함을 알 수 있다. LBT시스템의 동 채널 사용 시 지연시간이 늘어남에 따라 LBT시스템의 throughput이 줄어들지만, 지연시간이 1, 2초일 때는 FH시스템의 throughput의 증가 때문에 총 throughput이 증가함을 알 수 있다. 이러한 현상은 공유 주파수 대역에서 주파수 사용 효율이 증가하였다고 분석할 수 있다.

3.3 LBT 채널 점유 시간의 변화에 따른 유저수 변화

앞 절에서는 LBT시스템의 동 채널 사용 시 지연시간이 FH시스템의 통신효율에 미치는 영향을 살펴보았다. 본 절에서는 FH의 채널 점유 시간을 0.4초, LBT의 채널점유시간을 4초로 고정시키고, 채널수와 유저의 발생 간격을 동일하게 한 경우에 FH시스템의 효율을 높이기 위해서 LBT시스템의 파라미터 중 채널점유시간

표 2. LBT 채널점유시간 변화에 따른 Throughput

LBT 채널점유시간(sec)	채널지연시간(sec)	FH	LBT
0.4	0.4(1.0 × 0.4)	29	100
0.8	0.4(0.5 × 0.8)	28	100
2.0	0.4(0.2 × 2.0)	14	100
4.0	0.4(0.1 × 4.0)	13	80
0.8	0.8(1.0 × 0.8)	25	100
2.0	0.8(0.4 × 2.0)	15	100
4.0	0.8(0.2 × 4.0)	14	78
8.0	0.8(0.1 × 8.0)	8	40

을 변경하였다. 표 2에 LBT의 채널점유시간이 FH와 LBT시스템의 throughput에 미치는 영향을 나타내었다.

LBT의 동 채널 사용 시 지연시간을 0.4초로 고정하고 채널점유시간을 4.0초에서 0.4초로 줄이면 FH시스템과 LBT시스템의 throughput이 모두 증가되는 것을 확인할 수 있다. 같은 방법으로 채널지연시간을 0.8초로 고정하고 채널점유시간을 8.0초에서 0.8초로 변경하였을 경우 FH와 LBT시스템의 throughput이 모두 증가하는 것을 알 수 있다.

위의 결과에서 LBT시스템의 채널점유시간을 줄이면 FH와 LBT시스템의 통신효율을 높일 수 있음을 확인할 수 있다.

4. 결 론

미국의 FCC part 15.247에서 FH는 확률적으로 사용할 채널을 선택하고 채널점유시간이 채널당 0.4초로 규격화되어있고, 유럽의 EN 302-208에서 LBT는 Channel Searching 방식으로 사용할 채널을 선택하고 채널점유시간이 4초로 규격화되어있다.

LBT와 FH시스템을 임의의 대역에서 같이 사용할 경우에 LBT의 우수한 성능 때문에 FH의 통신효율이 현저하게 감소함을 확인할 수 있었다. 이러한 문제점을 해결하지 않는다면 공유 주파수 대역이 실현된다고 할 지라도, FH와 LBT시스템의 혼용이 불가능하다. FH의 통신효율을 높이기 위해서는 FH의 시스템에 변화를 주어야 하지만 국내에서는 이미 미국 표준의 FH를 적용한 소출력 무선기기가 널리 사용되고 있기 때문에 FH시스템의 파라미터를 변경하기에는 많은 어려움이 따를 것으로 예상된다. 그러므로 LBT시스템의 파라미터를 변경하여 FH의 통신효율을 높이는 방법을 택해야 한다. LBT시스템의 파라미터 중 동 채널 사용시 지연시간을 늘려주면 LBT시스템의 통신효율은 저하되지만 FH시스템의 통신효율은 증가하고, 지연시간이 1~2초인 경우는 LBT시스템의 통신효율이 감소하는 양보다 FH시스템의 통신효율이 증가하는 양이 많기 때문에 일정한 주파수대역을 더욱 효율적으로 사용할 수 있었다. 또한 LBT시스템의 파라미터 중 채널 점유시간

을 줄여주면 FH시스템과 LBT시스템의 통신효율이 모두 향상되었다.

본 논문에서는 공유 주파수 대역에서 FH와 LBT시스템의 통신효율에 대하여 연구하였다. LBT시스템의 우수한 특성 때문에 FH시스템의 통신효율이 저하되는 문제점이 발생함을 확인하였다. LBT시스템의 파라미터 중 동 채널 사용 시 지연시간을 늘려주거나, 채널점유 시간을 줄여주는 방법으로 FH시스템의 통신효율이 현저하게 감소하는 문제점을 해결할 수 있을 것으로 전망된다.

Acknowledgement

본 연구는 한국전자통신연구원 유연한 무선접속 대역을 위한 표준연구 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 김성권, 정명래, 박구만, 최성진, 이광직, "SDR과 연계된 CR 기술의 발전 및 개요", 방송통신학회지, 제11권, 제1호, p.11~p.27, 2006. 3.
- [2] 한국전자통신연구원, "전파이용설비의 기술기준 및 표준화 정책에 관한 연구", 2001. 7. 16.
- [3] Pritsker, A. B.; O'Reilly, J. J.: AWESIM: The Integrated Simulation System. WINTER SIMULATION CONFERENCE, VOL 1. IEEE(1998)
- [4] 김성권, "FACS대역 전송용량 분석 연구" 한국전자통신연구원 2006.
- [5] John G. Proakis, Masoud Salehi, Contemporary Communication systems, Brooks/Cole, 2000.
- [6] 배성호, 조하나, 조승일, 이광희, 강상기, 황택진, 홍현진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, "주파수공유대역의 실현을 위한 Digital Cordless Phone의 소요대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.124, 2006. 6.
- [7] 조승일, 배성호, 조하나, 이광희, 강상기, 황택진, 홍현진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, "900MHz 대역에서 소출력 무선기기 RFID의 소요 주파수 대역에 관한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.34, 2006. 6.
- [8] 수이나, 배성호, 조승일, 이광희, 양충모, 강상기, 이일규, 황택진, 차재상, 홍현진, 김갑기, 김성권, "공유 주파수 대역의 실현을 위한 Bluetooth의 소요 대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.38, 2006. 6.
- [9] 이광희, 배성호, 조하나, 조승일, 홍현진, 이일규, 차재상, 황택진, 양충모, 강상기, 김갑기, 김성권, "주파수의 효율적 사용 방안을 근거한 ZigBee의 주파수 소요대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.128, 2006. 6.