

대기행렬이론에 의한 공유주파수대역의 적정 채널수 및 대역폭 산출

Calculation of the Number of Channels and Bandwidth for Common Frequency Band Based on Queueing Theory

이광희¹, 강상기², 황택진², 홍현진², 차재상³, 이일규⁴, 양충모⁵, 김성권¹

¹ 전남 목포시 죽곡동 571-2 목포해양대학교 대학원 전자통신공학과

E-mail: f2134@mmu.ac.kr

² 한국전자통신연구원

³ 서울산업대학교 미디어공학부

⁴ 공주대학교 전자통신공학부

⁵ 삼성전기 중앙연구소

요 약

본 논문에서는 LBT(Listen Before Talk) 방식을 사용하는 ZigBee와 FH(Frequency Hopping) 방식을 사용하는 DCP, RFID, Bluetooth 등의 소출력 무선기기가 공유주파수대역에 공존할 경우 요구되는 적정 채널수를 산출하고 전체 공유주파수대역폭 산출법을 제시하였다.

한정된 주파수 대역에서 LBT 및 FH 방식을 사용하는 총 User 수가 포용되는 공유주파수대역폭 산출은 중요한 작업이다. 소출력 무선기기 시스템의 간섭 회피 기술로 사용되는 FH 방식과 LBT 방식에 대기행렬이론(Queueing Theory)을 적용하였으며, 주위의 전파환경을 감지하여 유휴 주파수대역을 찾아 데이터전송을 시도하는 LBT 방식은 random하게 주파수채널을 이동하며 통신을 시도하는 FH 방식과는 구별된다. 채널수 별 User의 통신시도 시간간격을 통계적으로 처리하여 Throughput을 분석한 결과, Throughput 70% 조건에서 FH 방식과 LBT 방식을 사용하는 250mW 소출력 무선기기들이 공존하는 공유주파수대역의 적정 채널수는 30개를 가지며, 전체 공유주파수대역폭은 채널수에 채널당 대역폭의 곱으로 산출이 가능하다.

Key Words : FH(Frequency Hopping), LBT(Listen Before Talk), Queueing Theory

1. 서 론

유한한 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 연구가 활발한 가운데 공유주파수대역의 개념이 대두되고 있다. 국외의 경우, 주파수 부족 현상을 해결하고, 다양한 용도의 무선설비를 수용하기 위하여 용도 미지정 주파수 대역인 ISM(Industrial Science Medical) 대역을 규정하여 소출력 무선설비에 대하여 폭넓게 용도를 수용하고 있다. 국내에서도 급변하는 Ubiquitous 시대에 유연한 대처를 위해 다양한 전파형식, 통신방식의 무선통신 시스템들이 공동으로 이용할 수 있는 FACS(Flexible Access Common Spectrum) 제도의 도입을 추진 중이다[1-2]. 그러나 국내 실정은 아직 공유주파수대역을 설정하기 위한 어떠한 법규나 기준도 없는 상황이다. 또한 공유주파수대역의 원활한 이용을 위해서 공유주파수대역에서 사용되는 기기들은 인접 대역에서 서비스하는 다른 무선시스템의 기술 방식에 관계없이 상호간 간섭을 일으키지 않아야 하는 기술 중립성(Technological Neutrality) 및 모든 서비스가 제공될 수 있도록 서비스 중립성(Service Neutrality)을 만족하여야 한다. 따라서 공유주파수대역 내에서 혼용된 기기들의 적정 채널수 및 전체 대역폭의 산출은 공유

주파수대역의 도입에 앞서 매우 중요한 작업이다.

향후 공유주파수대역에 포함될 것으로 예상되는 ZigBee, DCP, RFID, Bluetooth 등의 소출력 무선기기들은 random하게 확률적으로 통신이 이루어지는 FH(Frequency Hopping) 방식을 사용할 뿐만 아니라, 유휴 통신채널을 검색하여 통신을 시도하는 LBT(Listen Before Talk) 방식을 채용하고 있다. 다수의 소출력 무선기기가 존재할 수 있는 공유주파수대역에서 현재까지는 FH 방식의 소출력 무선기기가 다수 존재하지만, LBT 방식은 그렇게 많이 허용되지 않고 있다. 이는 확률적으로 채널을 점유하는 FH 방식보다는 유휴 채널을 검색하여 통신하는 LBT 방식이 채널을 우선 점유하기 때문이다.

본 논문에서는 LBT 방식과 FH 방식의 소출력 무선기기를 사용하는 User 수 유추를 위해 대기행렬이론(Queueing Theory)을 적용하였다. 대기행렬이론은 채널수 별로 사용자의 통신시도 시간간격을 통계적으로 처리하여, 통신 서비스를 시도한 사용자수에 따른 서비스 받은 사용자수의 Throughput을 분석하는데 유용한 이론이다. 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 Throughput 결과를 계산하고 이를 토대로 공유주파수대역 내에서 FH 방식과 LBT 방식의 적정 채널수를 유추하였다.

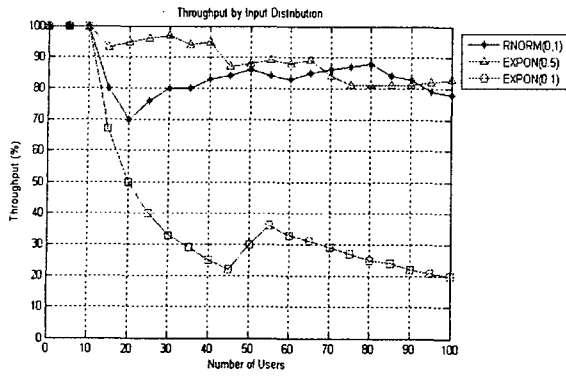


그림 1. 입력 분포에 따른 Throughput

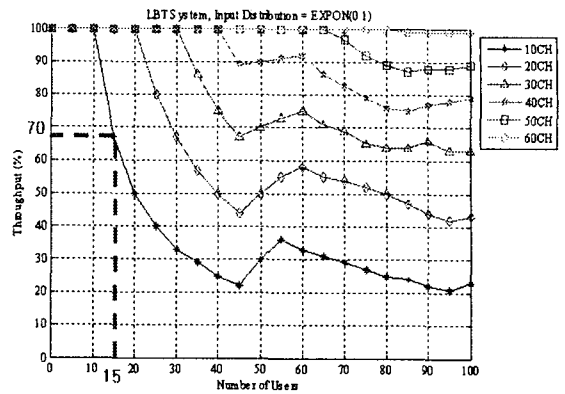


그림 3. LBT 시스템을 이용하는 시스템에서 채널수의 변화에 따른 Throughput

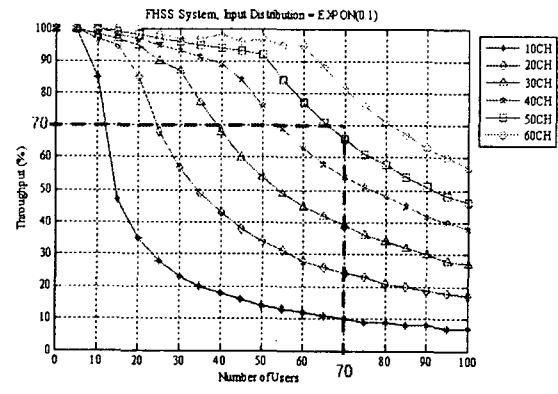


그림 2. FH 시스템에서 채널수의 변화에 따른 Throughput의 변화

2.2 FH 시스템의 호핑 채널수와 서비스 가능 User수와의 관계

그림 2는 FH 방식만을 이용하는 User수의 변화에 따른 Throughput을 채널수 별로 나타낸 그래프이다. 사용자의 발생분포는 평균값이 0.1인 지수분포이고, 가로축은 사용자의 수, 세로축은 Throughput을 나타낸다. 채널수가 10, 20, 30, 40, 50, 60의 조건에서 Throughput의 결과를 보았다. FH 시스템에서 채널 점유시간은 0.4sec로 가정하였으며, 다른 채널로의 이동시간은 0.01sec를 가정하였다. 공유주파수대역에서 사용되는 소출력 무선기기가 DCP, RFID, Bluetooth, ZigBee 라고 가정하였을 때, FH 시스템을 사용하는 시스템은 DCP, RFID, Bluetooth이므로, DCP가 10채널, RFID가 20채널, Bluetooth가 23개의 채널을 필요로 하기 때문에, FH 시스템은 총 53개의 채널을 필요로 한다[3-5].

따라서, 약 50개의 채널에서 Throughput 70%가 만족될 때, 수용 가능한 사용자수가 70임을 알 수 있다.

2.3 LBT 시스템의 채널수와 서비스 가능 User수와의 관계

그림 3은 LBT 시스템을 이용하는 User수의 변화에 따른 Throughput을 채널수별로 나타낸 그래프이다. LBT시스템은 다른 사용자의 채널점유여부를 확인하여 빈 채널을 감지하고 통신하는 방식이다. 사용자의 발생분포는 평균값이 0.1인 지수분포이고, 가로축은 사용자의 수, 세로축은 Throughput을 나타낸다. 채널수가 10, 20, 30, 40, 50, 60의 조건에서 Throughput의 결과를 보았다. 채널 점유시간은 4sec, 채널 사용 후 같은 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 하였다.

소출력 무선기기가 DCP, RFID, Bluetooth, ZigBee 라고 가정하였을 때, ZigBee 기술이 LBT 방식을 사용하므로 LBT 채널수는 ZigBee 기술의 필요 채널수인 10개가 된다[6].

그림 3의 그래프에서 채널수가 10개로 Throughput 70%를 만족하는 경우의 User수가 15임을 확인할 수 있다.

2. 대기행렬이론(Queueing Theory)을 이용한 채널수와 서비스 가능 User수와의 관계 분석

2.1 대기행렬이론을 이용하는 적정통계모델

그림 1은 채널을 사용하고자 하는 User의 입력분포에 따른 Throughput의 관계를 나타낸 그래프이다. 가로축은 통신을 시도하는 사용자수이고, 세로축은 통신이 성공하였음을 나타내는 Throughput이다. 각각의 입력분포는 정규분포와 지수분포를 비교하였다. 각각 채널수가 10개인 LBT 시스템이며, 채널점유시간은 4sec, 채널 사용 후 같은 채널은 0.1sec 후에 사용하도록 하였다. 시뮬레이션은 Pritsker Co.에서 대기행렬이론을 적용하여 만든 Awesim 시뮬레이터를 사용하였다.

그림 1에서 사용자의 입력분포가 정규분포와 평균값이 0.5인 지수분포를 따를 때, 그 간격이 LBT 시스템의 채널점유시간인 4초만큼 충분히 넓으므로, 발생 User의 80%정도가 채널을 사용함을 알 수 있다. 따라서 각 시스템의 채널수와 User수의 관계를 확인하는 시뮬레이션에서는 User발생 분포로 평균값이 0.1인 지수분포를 사용하도록 하였으며, 비교적 Worst case 시뮬레이션으로 가정하였다.

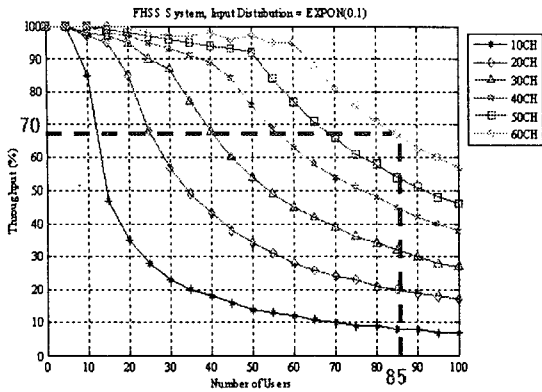


그림 4. FH방식을 이용하는 시스템에서 85 User수와 Throughput 70%에서의 채널수

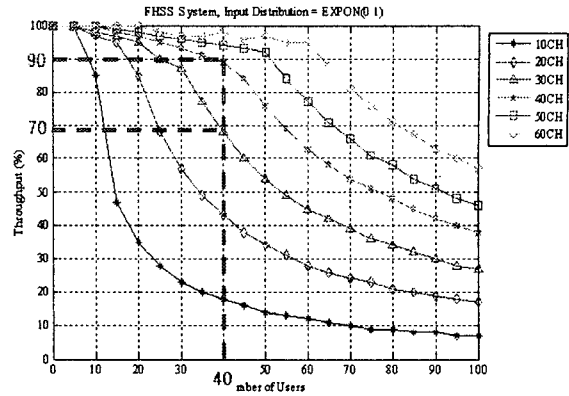


그림 6. FH방식을 이용하는 시스템에서 40User수와 Throughput 70%,90%에서의 채널수

표 1. 시스템 밀도 (RFID/USN용 주파수분배방안연구 참조)

출력	밀도(N/km ²)	거리
1W	20	10m
250mW	40	5m
100mW	40	3.5(추정)
50mW	90	2m

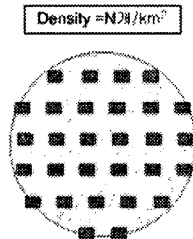


그림 5. 서비스 용도에 따른 실제 시스템 개수의 표현

3. FH방식과 LBT방식의 적정 채널수 산출

앞의 두 시뮬레이션의 결과에 따라 FH 방식에서 53개의 채널로 70 User, LBT 방식에서 10채널로 15 User로 총 User의 수는 85가 된다. 그림 4는 FH 방식만을 이용하는 User수 변화에 따른 Throughput을 채널수 별로 나타낸 그래프이다. 사용자의 발생분포는 평균값이 0.1인 지수분포이고, 가로축은 사용자의 수, 세로축은 Throughput을 나타낸다. 채널수가 10, 20, 30, 40, 50, 60의 조건에서 Throughput의 결과를 보았다. FH시스템에서 채널 점유시간은 0.4sec로 가정하였으며, 다른 채널로의 이동시간은 0.01sec를 가정하였다. 그림 4에서 총합 User 85에서 Throughput 약 70%를 만족하는 채널수는 대략 60 채널로 됨을 알 수 있고, LBT 시스템과 FH시스템의 채널당 주파수대역폭이 동일하다는 가정을 하면 총 채널수를 산정하는데 LBT 시스템을 FH 시스템으로 가정하여도 무난함을 알 수 있다.

표 1은 RFID/USN용 소출력 무선기기의 출력 및 시스템의 밀도 그리고 소출력 무선기기의 반경을 나타내고 있다. 소출력 무선기기를 대표하는 RFID/USN용인 경우에 일반적으로 250mW를 사용하는 소출력 무선기기의 서비스개수(User수)는 40으로 볼 수 있다[7].

따라서, 그림 6에 나타난 것과 같이 채널당 주파수 대역이 동일한 소출력 무선기기가 FH 방식을 사용하는 경우에, User수 40에서 Throughput 70%를 만족하는 채널수는 30개가 필요함을 알 수 있고, Throughput 90%를 목표로 하는 경우에는 채널수가 40개가 필요함을 알 수 있다. 그리고 LBT 시스템과 FH 시스템이 공존하는 총주파수 대역은 채널당 주파수대역폭에 채널수를 곱한 값으로 산출할 수 있다.

4. 결 론

전 세계적으로 한정된 주파수 자원을 효율적으로 사용하기 위한 연구가 활발한 가운데 국내에서도 공유주파수대역의 도입을 추진 중이다.

본 논문에서는 LBT(Listen Before Talk) 방식의 ZigBee와 FH(Frequency Hopping) 방식의 DCP, RFID, Bluetooth 등의 소출력 무선기기가 공유주파수대역에 공존할 경우 요구되는 적정 채널수를 산출하고 전체 공유주파수대역폭 산출법을 제시하였다.

한정된 주파수 대역에서 LBT 및 FH 방식을 사용하는 총 User 수가 포용되는 공유주파수대역폭 산출은 중요한 작업이다. 소출력 무선기기 시스템의 간섭 회피 기술로 사용되는 FH 방식과 LBT 방식에 대기행렬이론(Queueing Theory)을 적용하였으며, 주위의 전파환경을 감지하여 유휴 주파수대역을 찾아 데이터전송을 시도하는 LBT 방식은 random하게 주파수채널을 이동하며 통신을 시도하는 FH 방식과는 구별된다. 채널수별 User의 통신시도 시간간격을 통계적으로 처리하여 Throughput을 분석한 결과, Throughput 70% 조건에서 FH 방식과 LBT 방식을 사용하는 250mW 소출력 무선기기들이 공존하는 공유주파수대역의 적정 채널수

는 30개를 가지며, 전체 공유주파수대역폭은 채널수에 채널당 대역폭의 곱으로 산출이 가능하다.

Acknowledgement

본 연구는 한국전자통신연구원 유연한 무선접속 대역을 위한 표준 연구 지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

- [1] 정보통신부 주파수 정책과, "FACS 제도", 2006.02
- [2] 한국전자통신연구원 "FACS 대역 전송용량 분석 연구" 2006.
- [3] 배성호, 조하나, 조승일, 이광희, 강상기, 황택진, 홍헌진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, "주파수공유대역의 실현을 위한 Digital Cordless Phone의 소요대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.124, 2006. 6.
- [4] 조승일, 배성호, 조하나, 이광희, 강상기, 황택진, 홍헌진, 차재상, 이일규, 양충모, 김갑기, 김성권, "900MHz 대역에서 소출력 무선기기 RFID의 소요 주파수 대역에 관한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.34, 2006. 6.
- [5] 조하나, 배성호, 조승일, 이광희, 양충모, 강상기, 이일규, 황택진, 차재상, 홍헌진, 김갑기, 김성권, "공유 주파수 대역의 실현을 위한 Bluetooth의 소요 대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.38, 2006. 6.
- [6] 이광희, 배성호, 조하나, 조승일, 홍헌진, 이일규, 차재상, 황택진, 양충모, 강상기, 김갑기, 김성권, "주파수의 효율적 사용 방안에 근거한 ZigBee의 주파수 소요대역폭에 대한 고찰", 전자파기술 하계학술대회, p.128, 2006. 6.
- [7] 정보통신부, "RFID/USN용 주파수 분배방안 연구", 2004. 12.