

블루투스 및 DSSS 방식의 무선랜간 간섭 분석

허진^o 현석봉 박경환 박성수
한국전자통신연구원

{jhur, sbhyun, khpark, sspark}@etri.re.kr

Study on Interference Between Bluetooth and DSSS WLAN

Jeeun Hur^o Suk-Bong Hyun Kyung-Hwan Park Sung-Su Park
ETRI-Microelectronics Technology Lab. ETRI

요 약

본 논문에서는 사용자 모델, 전달모델, 거리에 따른 수신 전력을 기반으로 임의의 패킷 길이를 갖는 주파수 홉핑 및 DSSS 시스템들간의 간섭을 정량적으로 분석한 결과를 보고하고자 한다.

1. 서 론

이동 무선통신 산업에 대한 관심과 기대 속에, 무선통신 산업의 활성화가 가속되고 있다. 이러한 배경에서 고정/이동 무선국들을 포함하는 무선기기에 의한 간섭 장애의 가능성이 논란이 되고 있다. 최근 각광을 받고 있는 블루투스(Bluetooth, BT)는 초당 1,600 (또는 3,200)회의 고속 홉핑을 하는 시스템으로, 상대적으로 짧은 거리 (약 10m)의 개인영역네트워크 기기 중 하나이다. 그 응용으로는 노트북, 핸드폰, 헤드셋, 컴퓨터 주변기기들 사이의 통신 응용이 대표적으로, 음성 통신 및 케이블 대체가 주목적인데, 2003년경에는 3에서 6억개 정도의 기기들이 사용될 것이라 예측되고 있다[1]. 블루투스와 IEEE 802.11b 고속 직접확산(Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS) 무선랜의 라디오들은 2.45 GHz ISM 대역을 공유하고 있기 때문에 간섭에 대한 연구는 필수 불가결하다[2-4]. Greg Ennis는 블루투스가 625 μ s 길이의 패킷 전체에 걸쳐 전송을 가정하여 연속적인 블루투스 패킷과 IEEE 802.11 무선랜(11 Mbps) 패킷의 주파수 및 시간이 중복될 확률을 계산하였다[2]. 그 후 Jim Zyren이 Greg Ennis의 논문의 가정을 수정 개선하였다[3]. Zyren은 무선랜의 IF 필터와 상관기를 고려하여 블루투스가 무선랜의 채널에 홉핑할 가능성을 33 %에서 25 %으로 줄이는 것이 타당함을 보이고 프리앰블과 헤더의 길이를 192 μ s에서 96 μ s로 변경하는 한편, 625 μ s 길이의 패킷중 366 μ s동안만 전송함을 가정하였다. 본 논문에서는 임의의 패킷 길이를 갖는 주파수 홉핑 및 DSSS 시스템들간의 간섭에 의한 패킷 손실율을 나타내는 일반식을 유도하고, Zyren의 모델을 개선하여 블루투스 사용자 밀도에 대해 DSSS 시스템의 패킷 손실율 분석하였다.

2. 간섭 모델

2.1 수정 제안된 간섭 모델

BT 피코넷과 DSSS 노드간의 거리가 가까워 액세스 포인트로부터 오는 데이터 패킷의 주파수 및 시간의 중복에 의해 손실이 초래될 수 있다. 한편, BT 피코넷이 액세스 포인트(Access Point, AP) 근처에는 존재하지 않아, DSSS 노드가 보

내는 ACK 패킷은 손실되지 않음을 일반적으로 가정하고 있다[2-3]. 그러나, 액세스 포인트의 설치 위치가 건물 내부 천정 환구석에 설치되어도 BT의 간섭거리 안에 포함될 가능성이 매우 높으므로 본 수정 제안된 간섭모델에서는 이를 고려하였다. 수정 제안된 모델의 특징을 요약하여 표 1에 도식하였다. 블루투스 규격 1.0B에 명시된 바와 같이 패킷의 길이는 625 μ s인 반면 버스트 시간은 366 μ s 이다. 그러나, 채널 스위칭 시간이 필요하므로 표 1에서와 같이 슬롯당 채널 점유 시간을 변수로 하였다.

표 1. 수정 제안된 간섭모델의 특징.

	26/79	20/79	20/79
채널 중복 확률	26/79	20/79	20/79
프리앰블 및 헤더길이	192 μ s	96 μ s	96 μ s
블루투스 버스트	625 μ s	366 μ s	$a(>366) \mu$ s
프레임 간격	ACKTimeout + DIFS + 7 SlotTime	ACKTimeout + DIFS + 15 SlotTime	ACKTimeout + DIFS + 15 SlotTime
액세스포인트 근처의 BT 피코넷	고려안함	고려안함	고려함

2.2 네트워크 구조

하나의 BT 피코넷은 각 DSSS 노드와 함께 규칙적으로 위치하고, d^2 m²당 1개의 BT 피코넷이 존재한다. 혼합 무선 네트워크 구조는 그림 1에 도식하였다.

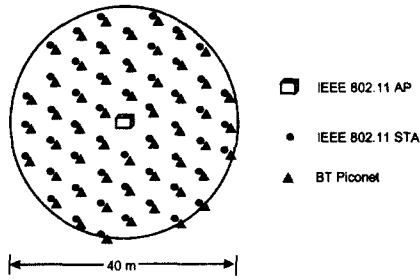


그림 1. 혼합 BT/DSSS 네트워크 구조.

DSSS 노드들이 덮고 있는 영역 전체에 걸쳐 많은 피코넷이 분포하고 있다. 어떤 시각 어느 지점에서 활동적으로 통신하는 BT 피코넷의 수는 사용 시나리오에 의존한다.

2.3 전달 모델

간단한 실내 전달모델[5]을 사용하였다. 이 모델에서는 처음 8m에 대해서는 line-of-sight 전달이 가정되고 그 이후 전달 지수가 3.3이 가정되었다. 진로손실(path loss) L 은 r 의 함수로 증가하는데, r 은 거리이고

$n=3.3$ 이다. L 은 데시벨을 이용하여 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$L(r) = 20 \log(4 \pi r / \lambda) \quad r \leq 8m$$

$$= 58.3 + 33 \log(r/8) \quad r \geq 8m \quad (1)$$

여기서 λ 는 진공 중에서 2.45GHz에 해당하는 파장(12.24 cm)이고 r 은 미터 단위이다. 이때, 벽이나 바닥 효과는 고려되지 않았다. 본 논문에서는 BT 및 DSSS 노드들의 송신 전력들을 각각 0 및 20 dBm으로 정하였다.

3. 패킷 손실을 계산

3.1 간섭거리 및 간섭기 가 수

11 Mbps DSSS 라디오는 신호 대 간섭비가 대략 10 dB보다 크기만 하면 패스밴드에 속하는 협대역 간섭자 (BT 송신기와 같이)에 대해서 신뢰할 만한 서비스를 제공할 수 있다[2]. 따라서, BT 신호가 DSSS 신호보다 10 dB이상 작으면 BT 신호는 현저한 간섭을 초래하지 못한다. 그러나, BT 간섭이 10 dB 신호대 간섭비 (SIR) 임계치를 초과할 때, DSSS 노드는 시간 및 주파수가 중복되면 패킷손실을 경험하게 된다. 즉, DSSS 노드로부터 AP까지의 거리가 R_{AP} 일 때, 다음 식(2)를 만족하고 시간 및 주파수가 중복되면 패킷손실을 경험하게 된다.

$$TX_{AP} - L(R_{AP}) - 10 < TX_{BT} - L(R_{BT}) \quad (2)$$

여기서, 함수 L 은 식 (1)에서 정의 되었고, R_{BT} 는 DSSS 노드와 간섭원인 BT 노드와의 거리이다. 그림 2는 DSSS 노드로부터 AP까지의 거리의 함수로 패킷 손실 초래하는 DSSS 노드

로부터 BT까지의 거리의 관계를 도식한 것이다. 그림 2로부터 하나의 BT 노드가 DSSS 노드 및 액세스 포인트를 동시에 간섭할 수 없음을 알 수 있다.

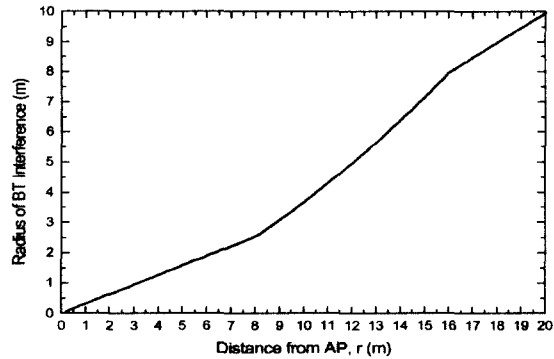


그림 2. AP로부터의 거리에 따른 간섭 거리.

한편, BT 피코넷을 하나의 간섭원으로 가정하였을 때, AP로부터 노드까지의 거리 및 사용자 밀도의 함수로 간섭가능한 BT 피코넷의 수를 계산하여 그림 3에 도식 하였다.

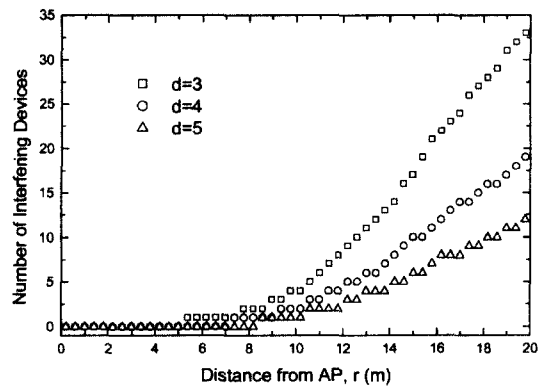


그림 3. AP로부터의 거리에 따른 간섭 BT 수. 균일하게 분포된 d (meter)는 BT 피코넷간 거리임.

3.2 단일 기기에 의한 데이터 패킷 손실율

DSSS 노드는 3개의 중복되지 않는 26 MHz 대역중 하나를 점유하게 된다. 따라서, BT의 패킷 하나가 DSSS의 패스밴드로 뿔뿔을 할 확률은 $k=26/79$ 라 생각할 수 있으나, DSSS 수신기의 IF필터 및 상관 과정을 고려하면 $k=20/79$ 가 된다[3]. 블루투스 및 무선랜 패킷 길이들을 각각 H 및 L 이라 정하고, 블루투스 및 무선랜의 패킷 타이밍을 그림 4에 도식하였다. 블루투스의 경우 슬롯시간 H 중 채널을 점유하고 있는 시간 a 는 366~1616 μs 라 할 수 있다. 블루투스 및 DSSS 패킷의 전송시작 시간의 차이를 $x \mu s$ 라 하면, x 는 0에서 625사

이의 값을 갖는 무작위 변수이다. 주어진 L, H , 및 a 에 대해, x 값의 범위에 따라 시간이 중복되는 블루투스 슬롯의 수들과 그에 대한 패킷 손실확률 $P(L, H, a, h, q)$ 는 다음 식 (3)으로 주어진다. 여기서, q 는 BT의 활동율이고 함수 $Sign(x)$ 는 x 의 부호를 의미한다. 예로서, HV3 보이스 채널 1개를 통한 통신의 경우 q 는 33%이다.

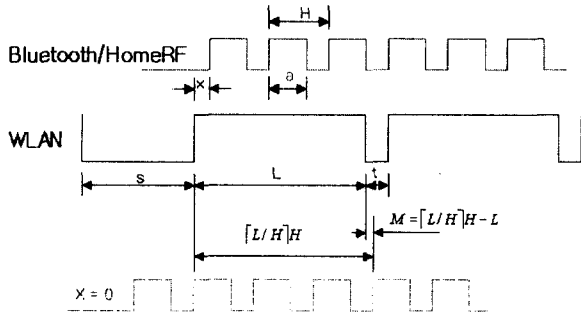


그림 4 블루투스 및 DSSS 무선랜 타이밍.

$$P = (1 - hq)^{\lceil L/H \rceil + \text{Sign}(a-M) \frac{|a-M|}{H}} + (1 - hq)^{\lceil L/H \rceil} \left(1 - \frac{|a-M|}{H} \right) \quad (3)$$

4. 복수 간섭원에 의한 평균 전송율 계산

그림 3에서와 같이 간섭 가능한 기기의 수 m 은 DSSS 노드로부터 AP까지의 거리 및 DSSS 노드와 간섭원인 BT 노드와의 거리로 구할 수 있다. 이때, AP와 DSSS노드간 통신시 패킷 손실확률(P_{mult})은 다음 식 (4)로 주어진다.

$$P_{mult} = 1 - (1 - P(L_{payload}))^m (1 - P(L_{ACK}))^m \quad (4)$$

여기서, $L_{payload}$ 는 통신시의 패킷 길이를 의미하고, L_{ACK} 는 ACK패킷의 길이를 의미한다. 여기서, 블루투스 간섭원이 균일하게 분포하여 AP와 DSSS노드에 미치는 간섭원의 수는 같다고 가정하였다. $d = 3, 5$ 인 경우 각각 간섭 가능한 BT 피코넷이 모두 활동중이라 가정하고 무선랜의 패킷길이의 함수로 평균 통신 속도를 계산하여 그림 5, 6에 도식하였다. 이때 사용한 인자들의 값들은 각각 $a = 366, h = 20/79, q = 1$ 이었다. 그림 5, 6으로부터, 사용자 밀도, AP로부터의 거리 및 블루투스 패킷 유형, 무선랜의 패킷 분할 기법을 통한 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다. 특히, 사용자 밀도가 높아짐에 따라, 패킷 길이에 따라 전송율이 뒤바뀌는 AP와의 거리가 작아져야 함을 알 수 있었다.

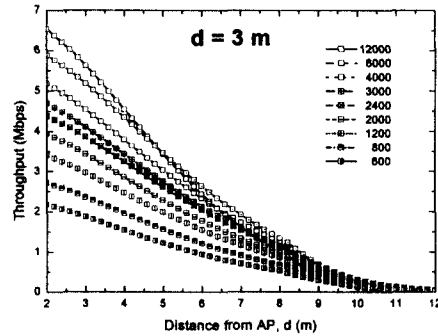


그림 5 균일하게 분포한 블루투스 간섭원들 간의 간격이 3 m일 때, AP와 DSSS 노드간의 평균 전송율.

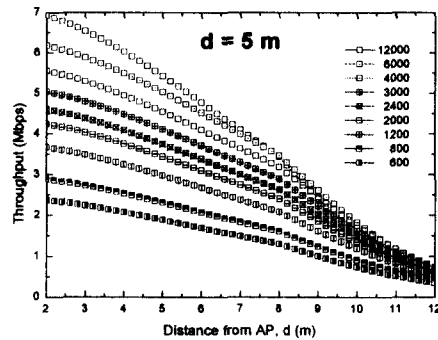


그림 6 균일하게 분포한 블루투스 간섭원들 간의 간격이 5 m일 때, AP와 DSSS 노드간의 평균 전송율.

참고문헌

[1] The Bluetooth 2000 Industry Survey Report. ARC (1999).
 [2] G. Ennis, "Impact of Bluetooth on 802.11 Direc Sequence," in IEEE P802.11 Working Group Contribution, IEEE P802.11-98/319, (1998)
 [3] J. Zyren, "Extension of Bluetooth and 802.11 Direc Sequence Model," in IEEE P802.11 Working Group Contribution, IEEE P 802.11-98/378, (1998)
 [4] S. Shellhammer, "Packet Error Rate of an IEEE 802.11 WLAN in the Presence of Bluetooth," in IEEE P802.11 Working Group Contribution, IEEE P 802.11-00/133r, (2000).