일본의 무선태그(Tag) 이용 고도화 계획

- 전용 주파수대역 확보가 성패를 좌우(공유사례 소개)-

최 용 석
한국전자통신연구원 무선방송연구소

작은 태그(Tag)에 안테나를 부착한 IC(집적회로) 칩을 삽입하여 무선으로 상품 정보 등을 주고받는 "무선태그" (또는 전자태그)에 대해 소개하고자 한다. 일본 기차회사의 정기권이나 선불카드 등에는 이미 수백만개의 칩이 장착되어 있다고 한다.

그 중에서도 히타치 제작소의 "뮤칩"과 같이 모래알 보다 더 작은 IC칩도 있다. 상품 바코드 대신에 네트워크 상에서 상품의 유통경로를 추적한다든지, 지폐에 삽입하여 위조지폐를 방지하는 등 여러가지 이용 방안이 제안되고 있다.

2003년 8월에 발표된 일본 정부의 계획 "e-Japan 중점계획-2003" 에서도 무선태그는 중요한 축의 하나로 소개되고 있다. 일본 총무성과 경제산업성(경산성)은 독자적인 프로젝트로서 무선태그 보급 및 추진을 계획하고 있다. 그러나 총무성과 경산성은 아래 그림과 같이 서로 목적이나 전략이 크게 다르다는 것을 알 수 있다.

예를들면 무선태그의 응용대상을 들 수 있다. "물류"에서 "환경"까지 18개 분야 36개 항목을 후보로 선정하여 추진방안을 수립한 총무성에 비하여, 경산성은 재고관리나 유통경로의 추적에 사용하는 "상품 Trace-ability"를 중점을 두고 있다. 목적에 있어서도 총무성이 "유비쿼터스 네트워크 사회 실현"과 같이 다소 막연한 것과는 달리 경산성은 "일본 기업의 경쟁력 향상" (상무정보정책국 정보경제과)으로 명확한 목표를 설정해 놓고 있다.

가장 다른 점은 실현하는 데까지의 구체적인 방법이라 할 수 있다. 총무성은 "독자적으로 사양이나 용도를 지정하여도 실제적인 사용자가 없으면 의미가 없다" (정보통신정책국 기술정책과)고 하면서 "산학연 뿐 만 아니라 최종 사용자의 의견을 반영한 새로운 사양을 만들 방침"이라고 한다.

한편 경산성은 상품 코드를 체계적으로 제정하고 있는 ISO (국제표준화기구)에서 표준화 작업에 심혈을 기울이고 있다. 또 "1개 50원"이라는 "수치적인 목표"를 설정하고 저가의 태그 개발을 추진 하는 등 강력한 리더쉽을 가지고 기업을 선도할 방침을 가지고 있다.

서로 접근 방법이 다른 양 부처간에도 공통적인 문제점이 있다. 그것은 무선 태그 전용으로 이용 가능한 그리고 사용하기 편리한 무선 주파수 대역의 확보이다. 현재 총무성은 950MHz대역을 후보로 지정하고 개방을 전제로 기술적인 조건을 검토하고 있는 중이다.

그런데 그 주파수 인접대역에서 이동전화를 사용하고 있다. 전파간섭이 발생하기 쉽기 때문에 통신거리 등을 엄격히 제한할 필요가 있다고 한다. 경산성은 "미국에서는 통신 거리가 10m 이상이지만, 일본에서도 적어도 2~3m 정도 도달되지 않으면 실용적이지 못하다"는 의견이 많다. 무선태그로서도 개방 목표인 2005년3월이 하나의 중요한 포인트가 될 전망이다.

무선태그에 대한 일본 총무성과 경제산업성의 추진 차이점. 18개 분야 36개 항목과 적용 분야를 열거한 총무성과는 달리 경산성은 "상품 Tra-

ce-ability"를 목표로 서로 차이가 있다.

	종무성	경제산업성
예상 되는 주요 분야	물류, 생활, 광고, 교통 식품, 금융, 의료, 방재 교육, ...환경 등 18개 분야	상품 Trace-ability
목 적	유비쿼터스 네트워크 사회 실현	일본 기업의 경쟁력 강화
보급시까지의 전략	무선태그용 950MHz대역 전파 개방...2005년3월 목표 산학관과 유저 일체의 추진 체계	규격통일과 국제표준화....ISO에 제안 태그 저가화...50원대 태그 개발
규격 표준화 및 추진	버그 규격은 시장이 결정하므로 네트워크와의 연대부분 공통화	상품코드체계 ISO표준화 ...2004년4월 실현 태그기술의 통일규격 개발 2005년도까지
2004년도 예산(요구액)	총70억원, 주로 실증실험용	총 350억원 주요 항목: 200억원...실험 65억원...기술개발

ISO: 국제표준화기구 ▭ : 달성기간이 있음

전자태그와 기존 시스템(아마추어무선)과의 공용 가능성에 대한 한가지 가능성에 대하여 검토한 결과를 소개하고자 한다.

1) 국내 433MHz대 아마추어 밴드 현황

국내 433MHz대 아마추어 무선 밴드는 430.00MHz부터 440.00MHz 까지 10MHz가 할당되어있다. 운용은 전신(A1A)이나 SSB(J3E)등 협대역통신 외에 FM(F3E), 데이타(F1D) 등 여러가지 통신방식이 사용되고 있다. 또 아마추어 무선 전용의 중계국(리피터국)을 사용한 통신이나 월면반사통신(EME), 아마추어 위성 등을 사용하는 통신도 이루어지고 있다.

2) 아마추어무선과 타 업무와의 차이점

아마추어무선은 면허받은 자국의 무선설비를 사용하여 보다 원거리의 상대방과 통신을 수행하는 것으로 서비스 면적과는 개념이 다르다. 같은 주파수 대역에서도 대류권이나 전리권 등 자연현상을 활용하여 보이지않는 원거리통신이나 월면반사통신 등 수신설비의 수신한계까지 통신을 수행하고 있다.

3) 아마추어무선국 상호 인접간섭에 대해서

아마추어무선에서는 인접간섭에 의한 문제는 운용자가 상황을 판단하여 운용 주파수의 변경이나 안테나의 지향방향을 바꿈으로서 인접 주파수로부터의 간섭을 제거하고 있으며 간섭을 허용하지 않는다.

국내에서는 주택이 밀집되어 있어 동일 주파수대를 사용하는 아마추어국이 근처에 존재하는 일이 많다. 블럭킹(감도억압) 등의 문제에 대해서도 똑같은 처치나 운용시간의 조정에 의해 공존하고 있는 현실이다. 이와 같이 433MHz대 아마추어밴드는 "동일업무의 무선국이 상호 조정하여 공존"하고 있다. 확실히 다른 업무의 무선국과 주파수를 공존하기 위해서는 상호 조정을 하는 시스템(RFID의 하드웨어, 조정기관의 설치와 운용)이 필요하다고 생각된다.

4) 송신전력과 듀티에 대해서

RFID의 듀티비를 고려한 간섭계산의 "듀티" 그 자체의 정의가 부정확하다. 듀티비가 동일해도 시간에따른 피간섭 영향은 다르다고 생각된다. 예를 들어 동일 송신전력, 동일 평균전력으로 듀티비 0.1%로서 100초간에 0.1초 송신하여도 장해는 경감되지만 1000초간에 1회라도 1초간 송신되면 통신내용이 누락되는 장해가 일어난다. 또 질문신호에 대해 다수의 무선태그가 순차로 응답신호를 송신하게되면 연속적으로 혼신이 일어난다.

일본 아마추어무선연맹에서는 전파법시행규칙에서 규정하고 있는 "평균전력"과 "듀티"는 서로 다른 것이라고 인식하고 있다.

5) 공중선 이득 저감 및 코멘드 포스트 설치장소, 설치방향에 대해서

코멘드 포스트국의 안테나 이득을 낮추면 지향성이 넓어지게되고, 메인빔을 바다로 향해도 간섭경감에는 그다지 의미가 없다고 생각한다. 또 이 주파수대는 주변물체에서 전파를 매우 잘 반사한다. 특히 금속 콘테이너, 차량, 선박, 건축구조물 등으로부터 반사파가 존재하므로 안테나의 방향으로 간섭을 피하는 것이 어려울 것으로 생각된다.

6) 아마추어무선국에서 주는 간섭에 대해서

리더기와 태그간의 통신 거리를 300m로 하였을 때 아마추어 무선국으로부터의 피간섭 조정거리로서 23km에서 168km라는 수치가 나왔다. 아마추어 무선국이 존재하는 주택지역과 해당 RFID 시스템의 이용현장을 실제로 멀리 떨어뜨리는 것은 국토가 좁은 나라에서는 불가능한 일이라고 생각한다.

<사례소개> 433MHz 액티브 태그와 아마추어 무선국의 공존 검토

가) 433MHz 액티브 태그 주파수 수요에 대하여

액티브 태그 주파수 수요는 다음과 같다.

- 송신, 수신 주파수 433.92MHz
- 점유주파수 대역폭(채널대역) 12.5KHz~500KHz

상기대역을 사용하는 ASK, FSK, QPSK 변조신호를 FH 또는 Duty Ratio를 작게한다든지 또는 양자를 조합하는 방법으로 평균전력을 저하시킨다.

- 희망사용 주파수 대역 +/-2MHz
  500KHz/Ch로서 최대 8Ch
- 최대 송신 출력 50mW(+17dBm)
- 송신 안테나 이득, 급전선 손실
  두가지를 합해서
  Tag측 2dBi
  실외 고정 리더기측 12dBi

실외 고정 리더기는 콘테이너 야적장, 유원지 등에서 섹터사용을 고려한 것으로 주로 수신측 공중선 이득을 증대시키므로서 커버리지를 증대시키기 위한 것.

- **스퓨리어스 특성**

제2, 제3고조파로서 3m지점에서 35uV/m이하(검토중)

주 : FCC Part 15.231, ISO-18000-7(심의중), 또는 ITU-R 스퓨리어스 규정을 근거로 이들과 동등 또는 그 이하.

참고: FCC Part 15.231 스퓨리어스 마스크

150uV/m at 260MHz, 500uV/m at 470MHz or above (260~470MHz 사이는 양자를 결합한 선분 이하)

나) 433MHz 액티브 태그에게 아마추어 무선국에서의 소요조정거리

433MHz대의 기존국은 아마추어 무선국이며 액티브 태그와 비교해서 매우 큰 송신출력으로 운용되고 있다. 아마추어 무선국에서 강한 간섭을 받는 대책으로서 기본이 되는 회선설계는 비교적 매우 큰 허용열화 마진을 주므로서 간섭에 강하도록 고려될 수 있다. 그러나 이것은 허용 간섭전력을 높이므로서 태그의 최저 수신전력을 그 값보다 소요 C/I값만큼 높이지 않으면 안되므로 태그의 송신전력을 일정하게하면 태그와 리더간의 통신가능거리가 매우 짧게된다. 따라서 최저 소요 통신거리를 명확히 한 후에 검토해야만 한다.

액티브태그의 통신거리를 실외 콘테이너 야적장 등을 가정하여 300m로하고 페이딩마진을 20dB를 가미한 수신전력의 소요조정거리에 대해서 최악의 상태를 가정하여 계산한 것을 표2-1에 나타내었다.

계산 조건

① 소요 C/I를 14dB(ASK)로 한다.

ASK에서 부호 에러율 1*10-3 C/N+I는 완성도가 높은 기기의 실력으로서 14dB정도이다. 간단한 태그의 경우에도 일반적으로 복수회 읽어서 많은 숫자를 취한다. 예를들면 패러티를 삽입하여 해독 신뢰도를 높이는 방법이 있다. 이러한 부호오류율에 있어서도 해독율 99%정도 확보가능하다고 가정했다. 태그의 수신전계가 열 잡음레벨에 비해 비교적 높은 경우 C/N+I는 C/I와 거의 같으므로 이러한 경우 허용 잡음레벨을 간섭레벨에 배분하는 것으로 했다.

② 최악을 가정하고 쌍방의 안테나가 서로 보고있는 것으로 하고 자유공간 손실을 계산했다.

아마추어 무선국이 전파형식 A1으로 월면반사통신(EME)의 경우가 최악으로 소요전파손실은 약 172dB나 되고 조정거리는 현실적이지 못하다는 결론이 나왔다. 따라서 태그측 파라미터의 재고, 주파수, 시간, 장소, 차폐물의 이용 등으로 나누어서 검토가 필요하다. 한편 아마추어 무선국에 주는 간섭에서의 허용간섭레벨이 -123dBm이나 되며 표1에 있는 태그측 허용간섭레벨 -77.7dBm과 비교해서 46dB 낮고, 경우에 따라 주는 간섭레벨도 상당부분 저감시킬 필요가 있다고 추정된다.

표 1. 아마추어 무선국에서의 소요조정거리

	주파수대	431.92~435.92MHz											
	Overap 주파수대	432.1~435MHz (전FM대역)				431.92~432.1MHz				435.0~435.92MHz			
1	태그통신거리(m)	300											
2	수신대역(KHz)	12.5		500		12.5		500		12.5		500	
3	수신레벨(dBm)	-63.7		-63.7		-63.7		-63.7		-63.7		-63.7	
4	허용간섭레벨(3항-14dB)(dBm)	-77.7		-77.7		-77.7		-77.7		-77.7		-77.7	
5	간섭파 파라미터												
6	간섭파 변조형식	F3E(FM)				A1A(EME)				A1A(위성 상향링크)			
7	간섭파 송신전력(dBm)	47				57				47			
8	간섭파 점유대역(KHz)	16				0.5				0.5			
9	수신대역 환산간섭파 전력(dBm)	47				57				47			
10	송신 안테나 이득(dBi)	20				28				20			
11	수신 안테나 이득(dBi)	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12
12	편파 손실(dB)	0	0	0	0	3	3	3	3	3	3	3	3
13	소요 전파 손실(9+10+11-12-4)(dB)	146.7	156.7	146.7	156.7	161.7	171.7	161.7	171.7	146.7	156.7	146.7	156.7
14	소요 조정 거리(단위km)	1,202	6,802	1,202	6,802	6,701	21,680	6,701	21,680	861	2,692	861	2,692

다) 분리 검토에 대해서

EME통신을 하는 아마추어 무선국에서의 간섭이 최고로 강하므로 태그의 주파수 대역을 비교적 간섭전력 밀도가 낮은 아마추어 무선의 F3E (FM)대역인 432.1~435MHz로 한정시켰다.

아마추어 무선국에 주는 간섭에 의한 조정거리가 자유공간 손실에 의한 계산으로 최대 5,000km 정도라는 보고를 받았다. 이것을 저감시키기 위해서는 태그의 송신출력을 저감시키지 않으면 안되지만 태그의 송신전력의 저감은 태그의 최대통신거리에 영향을 주고 또 이번과 같이 간섭에 비교적 큰 허용열화 마진을 삽입할 필요가 있는 경우 송신출력의 저감은 이 허용열화 마진을 저하시키게되고 피간섭 조정거리가 증대되는 한계가 있다. 따라서 태그의 최대송신전력을 17dBm에서 전송용량, 변조방식에 의해 0~10dBm 사이에서 선택하여 듀티사이클을 낮추므로서 평균송신전력을 낮추게 하였다. 이러한 변경과 함께 채용하는 전파손실식을 대상이 되는 대다수의 안테나 지상고가 낮은 휴대형, 차량형 아마추어 무선국 또는 핸디형 리더, 태그이므로 UHF대 가시영역이외의 계산으로 일반적으로 사용하는 3.5승을 이용하여 피간섭, 부여간섭 조정거리를 계산하여 공존을 검토하였다. 또 태그의 채널대역의 최대치를 250KHz로 제한하였다.

- 태그 파라미터

주파수 대역: 432.1~435MHz (아마추어무선 F3E대역)

변조방식: ASK, FSK, QPSK

Duty Cycle: 10%~100% 실내단거리, 실외장거리 등으로 나눈다.

안테나 이득

태그 : 2dBi

반고정 리더국 : 급전선 손실을 포함하여 최대 12dBi

가정한 수신 감도: -110dBm @12.5KHz 대역

-97dBm @250KHz대역

- 아마추어 무선국 파라미터

전파형식: F3E

통과대역: 16KHz

수신감도: -123dBm

휴대형 무선기

송신전력: 37dBm(5W)

안테나 이득: 0dBi

무선국, 차량탑재기

송신전력: 43dBm(20W), 47dBm(50W)

안테나 이득: 10dBi

(15ele Yagi, 공중선손실 포함)

스퓨리어스 방사: -60dB 이하

(-23~-13dBm이하)

라) 간섭계산 조건

① 전파손실식

전파거리 1km이상의 전파손실 계산에 대해서 양측의 주요한 안테나 설치 상황에서 그 대다수가 보이지 않는다고 가정할 수 있으므로 거리의 3.5승을 적용한다.

전파손실=32.4+20log(f)+35log(d) f:MHz, d:Km 전파손실 1km미만에 대해서는 가시영역 확률이 높으므로 최악으로서 자유공간 손실을 이용한다.

② 백그라운드 노이즈를 고려한 아마추어 무선국 허용 간섭 레벨

아마추어 무선국의 스퓨리어스 방사규정에서는 -60dB이하가 되어있으며 EIRP로 최약 -23dBm~

-3dBm/국의 스퓨리어스 방사가 고려된다. 스펙트럼 아날라이저에 의한 실측에서는 중심 주파수에서 20KHz떨어져서 -70dB정도였다. 따라서 -33dBm/국 정도로 예상된다. 상호간의 영향을 주는 아마추어 무선국의 국수만큼의 전력 합이 되므로 밀도가 높으면 상당한 백그라운드 노이즈가 된다고 생각된다. 또 스퓨리어스뿐 만 아니라 144MHz대의 아마추어 무선국의 3체배 등의 하모닉스 등도 존재하는 것으로 생각된다.

한편 휴대형 무선기를 사용하는 아마추어 무선국끼리의 통신에서도 시스템 이득이 160dB이므로 3.5승을 적용하여도 통신가능 거리는138KM가 되며 일반적인 교외에서도 통신거리 ~30km 정도와 비교하여 상당이 먼 거리가 되고 있다. 이 차이의 원인으로서 비교적 높은 레벨의 백그라운드 노이즈에 의한 수신 쓰레스홀드의 상승이 있지 않을까 생각된다.

백그라운드 노이즈의 추정에는 명확한 계산식이 없으므로 휴대형 무선기의 통신거리를 3.5승측에서 30km로서 백그라운드 노이즈양을 추정했다. 그 결과 잡음량은 23.4dB 증가하게 되며 수신감도 -99.6dBm이 된다. 최저 수신감도를 -99.6dBm으로 상정시 1dB 열화를 준 태그에서의 허용 간섭 전력을 구하면 -105.4dBm이 된다. 이 값을 가상의 아마추어 무선국 허용 간섭레벨로서 이용하기로 했다.

③ F3E 아마추어 무선국 수신종합 필터 특성에 의한 개선

F3의 경우 베이스밴드 통과대역이 3KHz정도이므로 이 만큼 개선될 것으로 생각할 수 있다. 실제는 변조방식 등에서 효과는 다르지만 대역을 맞추므로 12.5KHz/Ch에 대해 6.2dB, 250KHz/Ch에 대해서 19.2dB로 한다.

마) 433M 태그에서의 부여 간섭 조정 거리에 대해서

이상의 조건을 넣어 조정거리를 계산한 것을 표2에 나타냈다.

표 2. 433M 태그에서의 부여 간섭 조정 거리

	피간섭 파라미터	432.1~435MHz(전FM대역)							
	오버랩 주파수대								
1	허용간섭레벨 (dBm)	-105.4							
2	피간섭 대역(KHz)	12.5				250			
3	수신기 통과대역(KHz)	3							
4	수신필터에의한 개선도(dBi)	6.2				19.2			
5	수신 안테나 이득(dBi)	0		10		0		10	
6	(dBm)	-99.2		-109.2		-86.2		-96.2	
	간섭파 파라미터								
7	간섭파 피크전력(dBm)	3				10			
8	Duty 비(%)	10	10	10	10	100	100	100	100
9	평균 전력(dBm)	-7	-7	-7	-7	10	10	10	10
10	송신 안테나 이득(dBi)	2	12	2	12	2	12	2	12
11	편파 손실(dB)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	소요 전파 손실 (9+10-11-6)(dB)	94.2	104.2	104.2	114.2	98.2	108.2	108.2	118.2
13	소요 조정 거리(단위km)	1.8	3.5	3.5	6.8	2.4	4.6	4.6	8.8

아마추어 무선국에서 송신필터에서 취할 수 없는 인접간섭 누설전력은 35dBm정도이며 그 EIRP 값은 +2~+22dBm정도이다. 따라서 인접, 경우에 따라서는 다음 인접 주파수대는 근접에서는 아마추어 무선국 동료간의 간섭이 있으며, 그 채널은 근접에서는 사용하지 않는다고 가정되고 캐리어 센스 기능 등을 갖춘 고기능 태그에 있어서는 그것을 사용하는 등을 생각할 수 있다.

바) 아마추어 무선국에서의 피간섭에 대해서

1) 허용간섭레벨
2) 콘테이너 야적장 등에서 소요통신거리를 300m로할 때의 허용간섭레벨의 계산 결과를 표3에 나타냈다. 전파손실에 대해서는 단거리이므로 자유공간손실로서 그것에 비가시 마진(페이드 마진)으로서 20dB를 부가하고 있다

표 3. 태그의 허용간섭 레벨

	주파수(MHz)	433			
	커버리지(km)	0.3			
0	전파손실(dB)	94.7			
	대역(KHz)	12.5		250	
		다운링크	업링크	다운링크	업링크
1	송신전력(dBm)	3	3	10	10
2	송신안테나 이득(dBi)	12	2	12	2
3	EIRP(1+2)(dBm)	15	5	22	12
4	수신안테나이득(dBi)	2	12	2	12
5	수신전계(1+2-0+4)(dBm)	-77.7	-77.7	-70.7	-70.7
8	소요 C/I(dB)	14	14	14	14
9	허용간섭레벨(9-8)(dBm)	-91.7	-91.7	-84.7	-84.7

표 2에서 허용간섭레벨이 표1보다 낮은 것은 아마추어 무선국으로 주는 간섭레벨을 낮추기 위하여 태그측의 송신전력을 각각 14dB, 7dB 낮추었기 때문이다.

2) 아마추어 무선국에서의 피간섭조정거리

1) 항에서 계산한 허용간섭레벨에 기초로한 안테나가 상대하는 경우의 조정거리를 표 4에 나타냈다.

표 4. 통신거리 300m로 하는 경우의 아마추어 무선국에서의 피간섭조정거리

	피간섭파라미터											
	오버랩 주파수대	432.1~435MHz(전FM대역)										
2	수신대역(KHz)	12.5		500		12.5		500		12.5		500	
3	허용간섭레벨(dBm)	-91.7		-84.7		-91.7		-84.7		-91.7		-84.7	
5	간섭파 파라미터												
6	간섭파 변조형식	F3E(FM)											
7	간섭파 송신전력(dBm)	37				43				47			
8	간섭파 점유대역(KHz)	16				16				16			
9	송신대역환산 간섭파 전력(dBm)	37				43				47			
10	송신 안테나 이득(dBi)	0				10				10			
11	수신 안테나 이득(dBi)	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12	2	12
12	편파 손실(dB)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	소요전파손실 (9+10+11-12-3)(dB)	131	141	124	134	147	157	140	150	151	161	144	154
14	소요 조정거리(Km)	20	39	13	24	58	111	36	70	75	145	47	91

주는 간섭과 똑같이 아마추어 무선국의 인접, 다음 인접 등의 빈 채널을 고기능 태그가 이용하거나 또는 간섭분배를 다소 증가시키는 등으로 공용가능하지 않을까 생각되지만 특히 비교적 큰 조정거리를 요하는 협대역 태그를 중심에 태그의 파라미터 개정, 주파수나 장소에의한 분리 등 더욱 더 검토할 필요가 있음을 알 수 있다.

3) 태그 리더간 통신거리와 아마추어 무선국에서의 피간섭 조정거리와의 관계

2)항에서 검토한 통신거리 300m는콘테이너 야적장 등 한정된 장소에서 사용하는 형태라고 생각되어 거의 액티브 태그의 어플리케이션은 대부분 수십m이하라고 생각된다. 거기서 태그 리더간의 거리를 바꾸는 경우에 있어서 아마추어 무선국에서의 피간섭 조정거리를 계산했다. 여기서는 태그의 파라미터로서 다음을 이용했다.

송신전력 : 비교적 단거리이므로 0dBm으로 하였다.

채널대역: 12.5KHz~250KHz

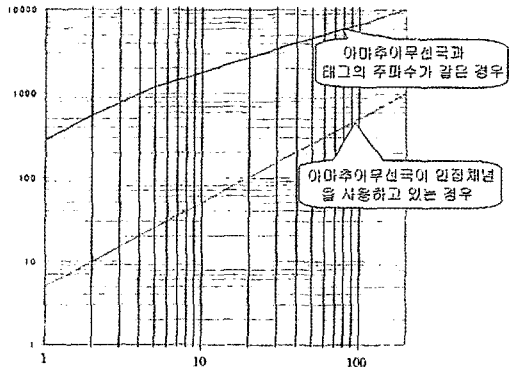
변조방식: ASK

안테나 이득: 태그/리더국 모두: 2dBi정도

허용되는 C/I 쓰레숄드: 14dB(ASK)

이러한 파라미터를 이용하여 계산한 결과를 그림 1에 나타냈다.

그림 1. 태그리더간 통신거리와 아마추어 무선국에서의 피간섭 조정거리의관계



Y축: 아마추어 무선국과 무선태그 수신국과의 거리(m)

X축: 태그와 리더간의 통신거리(m)

아마추어 무선국이 인접채널을 사용하고 있는 경우에 대해서도 그림-1에 나타냈다. 인접채널 누설전력은 35dBc로 계산했다.

각각의 선아래 부분이 태그의 통신이 가능한 영역이다. 예를들면 아마추어 무선국과 태그의 주파수가 같은 경우 태그 리더간 1m경우 아마추어 무선국은 280m까지 가까이서 송신을 하여도 태그 시스템은 99%이상 해독율을 가진다. 태그 리더간 10m의 경우는 1.8km나 된다. 인접채널을 사용하고 있는 경우 1m경우 1m, 10m의 경우 50m가 된다. 상기는 자유공간에서의 안정된 수신상태에서의 계산치로서 실제는 벽면 등에서의 반사등에 의해 전파 변화가 있으므로 어느 정도 폭이 있게된다.

계산에는 건물 등의 차폐물은 고려하지 않았다. 차폐가 가능한 경우 그 정도가 그래프의 선분은 아래쪽으로 이동한다.

동일 주파수를 사용하는 경우에서도 Press-to-Talk 아마추어 무선국의 경우, 송신 정지 기간이 있으므로 그 기간을 이용하면 상기 그래프 선상보다 더 윗부분에서 태그와 통신이 가능하게 된다.

사) 태그 파라미터 개정, 주파수, 장소로 나누어서 검토

비교적 장거리 통신을 가능하게 하는 액티브 태그에서는 그 이용형태를 보다 더 조사한 후에 장소, 주파수 등으로 나누는 가능성을 검토했다.

- 이용 시나리오 검토
  비교적 큰 송신 전력이 필요하지만 사용하는 장소가 특정지역, 장소로 나누는 것이 가능하다고 생각되는 사용형태와 비교적 소출력으로 일본 전국의 장소를 지정하는 것이 불가능한 사용형태로 생각할 수 있다.

① 장소가 한정 가능한 실외에서 비교적 장거리의 이용
- 콘테이너 야적장 등의 장소를 지정 가능한 실외 장소
- 태그의 코맨드국(command post)
- 항상 수신가능한 인텔리젼트한 태그에 대하여 송신의 On/Off제어나 위치탐사 등을 방송모드로 행하는 송신국에서 100~300m 정도를 커버시킨다. 이 때문에 비교적 큰 출력을 필요로 하지만 듀티비는 0.1%정도 이하로 적을 것으로 생각된다.

- 리더와 태그
  command post가 설치되어 있는 경우 리더는 태그로부터의 신호를 읽어내는 수신중심의 동작이 되지만 송신요구나 해독후의 sleep mode의 명령어 송신이나 command post와 같은 명령어 송신을 행하는 등의 사용형태에 따라서는 리더가 전파를 발사하는 경우가 있다.
  리더~태그간의 거리는 10m이상에서 충분히 신뢰할 수 있는 해독율을 확보할 필요가 있다고 생각된다.

② 장소가 지정할 수 없는 주로 실내, 구내 등에서의 이용
  리더~태그간 10m이상을 대상으로하는 이용형태로서 초기의 액티브 태그의 경우 리더는 수신중심이 된다.
  실외 이용에서는 타이어 공기압 모니터 등에서 볼 수 있듯이 소비전력을 낮추기 위해서도 듀티비를 매우 작게 사용하는 것을 생각 할 수 있다.

아) 태그측에서 기존 시스템으로의 영향을 저감시키는 대책안

- 송신전력과 듀티비의 규정
  - command국 : 최대 10mW이하로 듀티0.1% 이하로 하고 평균전력 10uW이하로 한다 (예 1mW시 듀티 1%이하)
  - 리더: 최대 10mW이하로서 듀티 10%이하
  - 태그: 최대 1mW이하로 듀티1%이하

- 안테나 이득의 저감
  - 장소 한정의 command국의 안테나 이득을 12dBi에서 6dBi로 저감
  - 리더 안테나 이득: 최대 4dBi
  - 태그 안테나 이득: 2dBi

- 전력밀도 저감
  최저대역 12.5KHz를 25KHz로 한다. 이에 따라 아마추어 무선국 F3대역 3KHz에 대해서 2dB정도 개선이 기대된다.

- 태그 사용주파수 대역의 제한
  F3 아마추어 무선국대역432.1~435.0MHz(2.9MHz) 중에서 태그 사용대역을 433.92MHz±500KHz (433.42~434.42MHz)로 제한하므로서 주파수별로 나눌 수가 있다. 또 태그의 소요 대역에 대해서는 장래의 AdHoc접속 등을 고려하여 250KHz*4Ch 확보를 고려하였다.
  - 아마추어무선대역: 432.1~433.42MHz, 434.42~4 35.0MHz
  - 태그와의 공용대역: 433.42~434.42MHz

- Command Post 설치 장소, 설치방향의 한정
  Command Post를 콘테이너 야적장 공터내에 설치하고 안테나 축 방향을 바다쪽으로 하는 것을 고려하므로서 아마추어 무선국과 안테나가 정일치하지 않도록 설치한다.

자) 433MHz 태그로부터의 부여간섭조정거리 (파라미터 개정 후)

이상의 조건을 넣어서 부여간섭조정거리를 계

산한 것을 표 5에 나타내었다. 표 5는 아마추어 무선국과 태그가 동일 주파수를 사용하는 경우의 조정거리를 나타내고 있다.

표 5. 아마추어 무선국에 주는 간섭조정거리 (파라미터 변경 후)

	피간섭 파라미터	433.42~434.42MHz(FM대역 일부)							
	Overap 주파수대								
1	허용간섭레벨(dBm)	-105.4							
2	간섭파대역(KHz)	25				250			
3	수신기통과대역(KHz)	3							
4	수신필터에의한 개선도(dB)	8.2				18.2			
5	수신 안테나 이득(dBi)	0		10		0		10	
6	안테나 전방허용레벨(1+4-5) (dBm)	-97.2		-107.2		-87.2		-97.2	
	간섭파 파라미터								
7	간섭파 피크전력(dBm)	0				10			
8	Duty 비(%)	0.1	1	0.1	1	0.1	1	0.1	1
9	평균 전력(dBm)	-30	-20	-30	-20	-20	-10	-20	-10
10	송신 안테나 이득(dBi)	2	2	2	2	2	4	2	4
11	편파 손실(dB)	0	0	0	0	0	0	0	0
12	소요전파손실(9+10-11-6)(dB)	69.2	79.2	79.2	89.2	69.2	81.2	79.2	91.2
13	소요조정거리(Km)	0.16	0.51	0.51	1.31	0.16	0.64	0.51	1.49

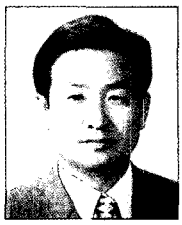
command post 국의 아마추어 무선국 방향 안테나 이득을 2dBi로 가정하였다. 또 4dBi는 리더의 안테나 이득이며 command post국을 제외한 안테나가 마주보는 경우의 조정거리를 나타내고 있다.

1KM이하의 조정거리는 자유공간의 계산치이며 command post이외의 많은 경우 실내등 비가시라고 생각되며 그 경우 소요 조정거리는 매우 작게 된다.

역시 계산에서는 간섭파에서의 평균전력을 사용하였다. 이것은 피간섭신호가 아날로그 음성이므로 간섭잡음이 들리는 경우 그것은 태그 송신 패킷폭이 수mSec~수십mSec로서 반복 주기가 거의 1초에서 수분간의 클릭음이되어 들리게 된다. ITU-R에서도 아날로그 통신의 평가 S/N에서 RMS값이 사용되므로 따라서 아날로그 통신에 대한 평가치로서 평균전력을 사용하는 것이 좋을 것으로 생각한다. 또 피간섭전력이 간섭전력보다 9dB정도 이상 큰 경우 수신기의 리미터효과 등으로 간섭잡음은 급격히 작아지는 특성이 있다.

이상과 같이 태그 파라미터를 개선하여 주파수의 제한, command post국의 장소 제한 등에 따라 아마추어 무선국과 공존은 가능하리라고 생각된다.

저자 소개



최 용 석

1982년 연세대학교 천문우주공학과 졸업(이학사)
1994년 동경대학교 대학원 전파물리학과 졸업(이학박사)
1983년~1986년 공군 레이다 분석관(중위)
1987년~현재 한국전자통신연구원 무선방송기술연구소 전파기술연구부 책임연구원(전파응용연구팀)
※ 관심분야 : 전파전파 특성 예측 모델링, 위성 및 지상 밀리미터파 무선통신