

레이다 신호의 간섭 환경에서 항공 인지무선 시스템의 빠른 스펙트럼 센싱

김 순 섭^{*} 최 영 준[°]

Fast Spectrum Sensing in Radar-Interfered Airborne Cognitive Radio Systems

Soon Seob Kim^{*}, Young-June Choi[°]

요 약

본 연구에서는 다수 레이다신호의 간섭으로 인해 항공기가 데이터통신이 두절될 것을 대비하여 새로운 주파수(채널)를 탐색하기 위해 Cognitive Radio 기술을 활용한 항공인지무선시스템을 제안한다. 항공기의 데이터통신 채널을 확보하기 위해 비행환경하에 레이다의 주파수를 인지하여 지형정보를 통한 유효주파수를 산출하여 빠르게 스펙트럼을 센싱하는 방법을 제안하였다. 기지국은 항공기와 레이더의 위치를 기반으로 자유공간의 경로손실을 이용한 방식으로 유효 주파수를 계산하였고 이동체에 대한 변수를 병행하여 적용하였다. 분석 결과 기존 최대 주파수 탐색시간이 제안된 방법을 활용시 절반으로 단축됨을 입증하였다.

Key words : Cognitive radio, Channel setup, Geolocation protocol, Data link, Spectrum sensing, Free space loss

ABSTRACT

In this work, we propose an airborne cognitive radio system that searches a new spectrum band to avoid a communication interruption due to the interference from many radar signals. We develop a method of fast spectrum sensing based on an effective frequency by recognizing the interfering radar as well as geographical information. This effective frequency is calculated by the free-space path loss between a base station and a fighter with the speed parameter. From our analysis, it is verified that the maximum frequency searching time is reduced by half by using our method.

I. 서 론

항공 전력이 중요시 될 미래 군에서 항공기를 이용한 정찰 방법은 유인 항공기, 무인 항공기를 이용할 만큼 그 수요가 증대되고 있다. 여기서 항공기를 이용한 정찰은 한반도를 기준으로 전역을 비행하거나 중단 또는 횡단하는 방법을 이용하여 정보를 수집할 수 있다. 그러나 설명된 바와 같이 항공기는 한반도 전역을 비행할 수 없기에 타 통신수단과는 다른 통신

범위를 갖고 있으며, 이에 따라 곳곳에 산재된 레이더(Radar)의 주파수를 활용하는 것을 고려할 수 있다. 레이더가 주사용자, 즉 PU(Primary User)인 경우 유/무인 항공기가 부사용자, 즉 SU(Secondary User)인 cognitive radio (CR) 시스템이 된다. 이러한 경우 정찰의 특성상 SU(이하 유/무인 항공기)가 이동할 시간이나 위치를 사전에 알려줄 수 없다는 제한사항으로 인해 SU는 PU(이하 레이더)로부터 간섭을 받게 된다. 레이더의 운용주파수 대역은 400MHz대역에서

* 주저자 : 아주대학교 NCW학과 무선네트워크 연구실, nitekim@hanmail.net, 정회원

° 교신저자 : 아주대 장위 국방 연구소, choiyj@ajou.ac.kr, 종신회원

논문번호 : KICS2011-11-530, 접수일자 : 2011년 11월 15일, 최종논문접수일자 : 2012년 7월 24일

35GHz대역까지 광범위하고 다른 시스템에 비하여 상대적으로 높은 송신전력을 사용하므로 동일한 대역에서 운용되는 타 장비에 간섭을 야기하고 있다¹⁾. 이에 따라 전국적으로 산재되어 있는 레이더에 의한 주파수 간섭영향이 산재되어 발생한다. 항공인기무선시스템은 사전에 상향링크(Uplink)와 하향링크(Downlink) 주파수를 할당 받아서 사용한다. 그러나 설정된 경로를 이동하다 PU의 간섭을 받으면 현 체제에서는 일정시간 동안(약 5분) 모든 통신(데이터, 음성)이 두절된다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 SU가 알고 있는 PU의 위치, 주파수범위, 주파수 대역폭, 송신출력을 감안하여 최소 간섭영향을 받는 최적의 주파수를 유효주파수[2,3]로 정의하여 이 주파수부터 센싱한다면 새로운 주파수를 보다 빠른 시간에 검색할 수 있다. 기존 CR에 대한 연구에서는 SU가 PU에 대한 정보를 알기 어렵다는 가정에서 출발하지만 항공인기무선시스템에서는 레이더의 위치가 고정되어 있으므로 SU가 PU에 대한 정보를 활용할 수 있다.

또한 현재 IEEE 802.22(WRAN) 등 기존 CR기술은 다수 SU와 단일 PU를 시스템 모델로 하여 지상의 고정 환경에서 많은 연구가 진행되고 적응을 시도하였으나, 본 논문에서는 다수 PU와 SU가 존재하는 고속 이동의 항공 환경 하에 유효주파수 선택 방법을 연구하였다. 주파수 선택을 위해서는 에너지 검출 기반 스펙트럼 센싱을 활용하여 SU가 수신하는 신호의 레벨이 임계치 이상이면 해당 스펙트럼을 PU가 사용한다고 판단하여 SU가 주변에서 신호를 송신하고 있는 PU가 존재하는지의 유무를 결정한다^{2,3,10)}.

본 논문에서는 지형정보를 이용한 유효주파수를 항공의 환경여건에 맞게 수신전력, 자유공간손실을 토대로 수학적으로 유도하였고 산출된 유효주파수를 스펙트럼 센싱의 기준점으로 산정하여 신속하게 사용할 수 있는 주파수를 탐색하도록 하였다. 분석 결과, 현재 5분 정도 걸리는 주파수 선택 최대 시간이 본 논문의 방법에 의해 2.7분 정도로 줄어들 수 있음을 도출하였다.

본 논문에서는 I장 서론에 이어 II장에서는 본 논문에서 가정하는 항공무선인기시스템 모델에 대해서 기술하고, III장에서는 지형정보를 통한 유효주파수 산출을 위한 에너지 검출 기반 스펙트럼 센싱을 제안한다. IV장에서는 제안 방식의 분석 및 결과를 설명하고 V장에서 결론을 맺는다.

II. 항공 인지무선시스템 모델

2.1. 항공 인지무선시스템 환경

우/무인항공기에서의 데이터링크의 역할은 비행체에서 수집된 데이터의 전송과 비행체의 상태 전송 그리고 직접적인 비행체의 전송을 위한 연결 통로 역할을 하게 된다⁴⁾. 특히 기상, 지형, 고도, 속도 등 많은 상황과 데이터전송이 복잡한 경로를 거치게 되면서 데이터의 지연이 생길 수 있다.

자유공간손실에 대한 영향은 극히 적을 것으로 판단되나 그림 1과 같이 구성된 데이터통신 환경하에 SU가 기 확인된 PU의 위치정보를 활용하여 지형정보를 파악한다.

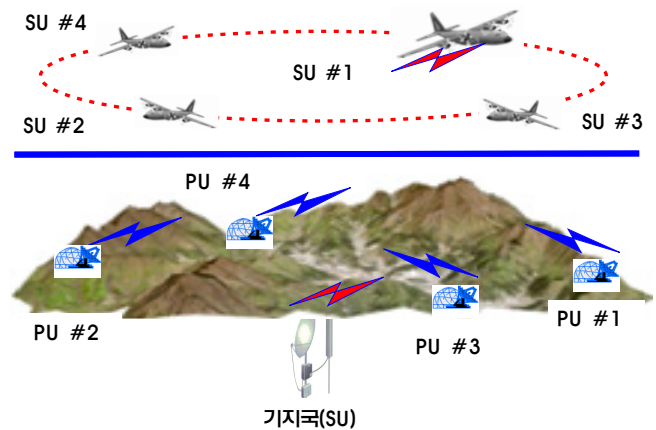


그림 1. 항공기 데이터통신 운용 환경
Fig. 1. Airborne Datalink application environment

현재 가장 큰 문제는 지상에 설치하여 운용중인 레이다 주파수가 항공기 데이터통신에 막대한 영향을 주고 있다는 점이다. 항공기는 외부 전파환경에 최소화하기 위해 주링크(Main link)와 보조링크(Sub link)를 두고 있으며 사전에 입력된 프로그램 변경과 수동적인 조작에 의하여 통신링크를 재설정한다^{5,6)}. 본 논문에서는 보조링크의 UHF대역에 대해 스펙트럼 센싱을 처리하는 기법을 제안하고자 한다.

표 1. 항공기(스마트 무인기 참조) 데이터링크 제원
Table 1. airborne (UAV) Datalink character

구분	주링크	보조링크
사용 주파수	Ku(14GHz)	UHF
운용 거리	200Km	200Km
운용 고도	3-12Km	3-12Km
운용 속도	400Km/h	400Km/h
통신장비 송신이득	30dB	30dB
통신장비 수신이득	21dB	21dB
소비전력	300W	300W
지상안테나 이득	45dBi	45dBi
탑재안테나 이득	20dBi	20dBi

2.2. 항공 인지무선시스템 구성 및 동작

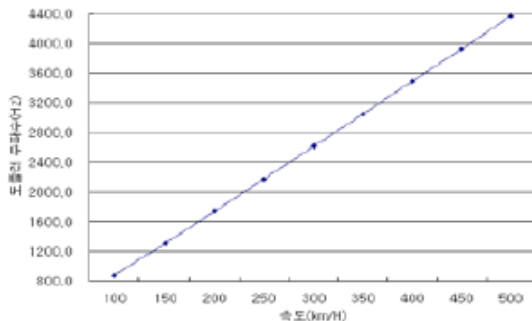
정찰용 무인기 통신링크는 지상통신장비(GDT:Ground Data Terminal), 비행체 탑재통신장비(ADT:Airbone Data Terminal)와 LOS 확보를 위한 지상중계장비(GRS:Ground Ready Station)으로 구성된다. 통신경로는 지상에서 비행체를 통제하는 명령을 전달하는 상향링크(Uplink)와 비행체가 획득한 정보를 지상장비에 전달하는 하향링크(Downlink)로 분류되며, 통신두절시 통신개선을 위한 보조통신 상향링크를 포함한다⁴⁾.

먼저 지상에 설치된 기지국 안테나는 항공기와 데이터 통신 기능과 위치 추적기능을 보유하여 어느 방향으로 비행하든지 실시간 확인이 가능하며, 항공기에 탑재된 안테나는 기지국 안테나와 동조를 하면서 필요한 데이터를 송신하는 역할을 한다.

이와 같은 중요한 기능을 수행하는데 외부로부터 간섭현상이 발생하면 모든 데이터를 전송하지 못하고 항공기 위치도 식별하지 못해 지상기지국과 단절되는 현상이 발생한다.

이동 통신시스템은 보통 높은 주파수대역을 기지국에서 낮은 주파수 대역을 이동국에서 채택하고 있다⁵⁾. 도플러 쉬프트는 운용 주파수와 이동체의 속도에 의해서 직전적인 영향을 받는 것으로 알 수 있고 주파수 및 대역폭의 변화로 인해서 채널 상호간에 간섭을 일으켜 통신상의 문제를 야기 시킬 수 있기 때문에 무인항공기 데이터링크 설계 시 도플러 쉬프트에 의한 영향이 충분히 고려된 채널 설정이 요구된다^{5,8)}. 항공기의 이동속도에 의한 도플러 쉬프트의 결과는 표2와 같이 나타나지만 이는 전파의 속도에 비해 매우 낮으므로 본 연구의 UHF대역에서 영향이 거의 미미하게 나타난다⁵⁾.

표 2. 도플러 쉬프트 산출 결과
Table 2. Production result of Doppler shift



2.3. 레이더간 상호 간섭 영향

레이더는 높은 송신출력과 광대역 주파수를 사용하

므로 레이더 상호간의 간섭이 레이더의 탐지 성능에 매우 치명적인 영향을 줄 수 있다. 지상, 항공, 위성 레이더 종류별 간섭 영향을 분석하고 저고도에 있는 비행체를 탐지하고 탐지 궤도에 지상 레이더가 운용되고 있을 경우 지상 레이더에 영향을 미친다¹⁾.

특히 간섭 레이더와 피간섭 레이더가 LOS인 경우에 송수신 운용대역과 대역폭이 1MHz로 동일하여 0이 되므로 간섭 레이더에서 송신된 평균 방사 전력이 모두 피간섭 레이더에 수신되고 있으며 항공기와 지상간 거리가 최대 10Km에서 -0.13dBW의 평균 송신전력에서 4.9dB가 감소되었다¹⁾.

추적레이더는 안테나로부터 폭이 매우 좁은 펄스를 표적에 위치시켜 표적에서 돌아오는 신호를 수신하여 표적의 위치(거리, 각도, 속도 등)를 추적하는 장비이며 수색레이더(search radar)보다 매우 정확한 표적의 위치 정보를 획득하기 위하여 상대적으로 매우 예리한 빔폭을 사용한다^{7,9)}.

III. 제안하는 기법

3.1. 유효주파수의 정의

본 논문에서는 다수 PU가 존재하는 상황에서 에너지 검출 기반 스펙트럼 센싱을 수행한다고 가정한다. 기존 채널탐색을 위한 스펙트럼 센싱을 대개 순차적 또는 랜덤방식으로 수행함에 따라 센싱시간이 길어진다. 같은 송신 전력을 사용할 경우 주파수가 높을수록 경로에 의한 손실이 높으므로 낮은 주파수부터 센싱하는 것이 좋다. 이렇게 기존 채널들 중 낮은 주파수부터 오름차순으로 센싱을 한다면 PU가 사용하지 않는 좋은 채널을 빠른 시간 내에 획득할 수 있으나 타 SU가 정작 필요한 주파수를 점유할 가능성이 있다. 반대로 높은 주파수부터 내림차순으로 센싱을 한다면 가장 나쁜 채널부터 센싱을 하므로 그 지형정보에 맞는 채널 중 PU가 사용하지 않고 있는 채널을 획득하는데 오랜 시간이 걸린다.

따라서 지형정보를 바탕으로 PU의 위치 등에 대한 정보가 주어져 있다면 SU는 PU가 없을 경우 임계치 이상의 경로 손실을 갖고 있는 주파수 채널, 즉 유효주파수³⁾를 미리 계산하여 빠른 시간 내 가용한 주파수 채널에 접속할 수 있다. 제안하는 방식의 지형정보기반의 유효주파수(fe) 스펙트럼 센싱은 기지국에서 fe를 찾으면 선택하여 비콘신호를 전송하여 SU가 감지하고 즉시 사전에 알고 있는 위치정보를 통해 지형에 적합한 유효주파수를 찾아 fe로부터 내림차순으로 사용 가능한 채널을 센싱한다. 이때 기존 레이더(PU)

가 사용하고 있는 주파수채널은 배제하고 유/무인 항공기(SU)가 기지국에서 멀어지는 경우와 가까이 오는 경우에 대해 단시간내 채널을 찾을 수 있는 알고리즘을 제안한다.

3.2. 자유공간 경로손실에서 지형정보 기반 유효주파수 산출

유효주파수는 레이다 송신출력, 운용속도, 탑재 안테나이득을 변수로 삼아 계산한다. 기지국에서 fe를 찾으면 선택하여 비콘신호를 전송하여 SU가 응답하도록 구성한다. SU는 이에 따라 종속적으로 주파수를 선택하고 센싱 대상인 전체 채널수(N), 기지국이 한 채널에서 설정을 위해 기다리는 시간(Ht) 정보를 얻는다. 본 논문에서는 PU가 4개 있을 때 분석 결과를 도출하였다.

일반적으로 항공기에 사용하기 위한 주파수를 탐지하기 위해 환경은 공중으로 정하며, 프리스 공식을 적용하여 주파수는 UHF대역(300M-800MHz)에 국한하여 적용한다.

$$P_{RX} = P_{TX} \frac{G_{TX} \cdot G_{RX} \cdot \lambda^2}{16 \cdot \pi^2 \cdot d^2} \quad (1)$$

여기서, PRX : 수신전력
 d : 항공기와 지상기지국간 거리(Km)
 λ: 파장(사용주파수 산출), PTX : 송신전력
 GTX : 송신 안테나 이득, GRX : 수신 안테나 이득

특히 자유공간인 공중에서의 자유공간 손실을 다음과 같이 적용하였다⁵⁾.

$$L = 10 \log(P_T/P_R) = -10 \log_{10} G_T - 10 \log_{10} G_R + 20 \log_{10} f + 20 \log_{10} d - 147.5$$

$$L = 92.45 + 20 \log_{10} fc (GHz) + 20 \log_{10} d (Km) : GHz \text{ 단위}$$

$$L = 32.45 + 20 \log_{10} fc (MHz) + 20 \log_{10} d (Km) : MHz \text{ 단위} \quad (2)$$

UHF 대역에 기반을 둔 본 연구에서는 위 식을 이용하여 아래 조건을 만족하는 유효주파수를 찾는다⁶⁾.

$$32.45 + 20 \log_{10} fe (MHz) + 20 \log_{10} d (Km) - (P_n + G_p) \geq \text{임계치}$$

$$G_p = 4.5dB (d : 50Km \text{ 이상일때}), G_p \times (\frac{d}{50}) : d가 50Km \text{ 이내일 때}$$

$$d = \sqrt{(d_1)^2 + (d_2)^2} \quad (3)$$

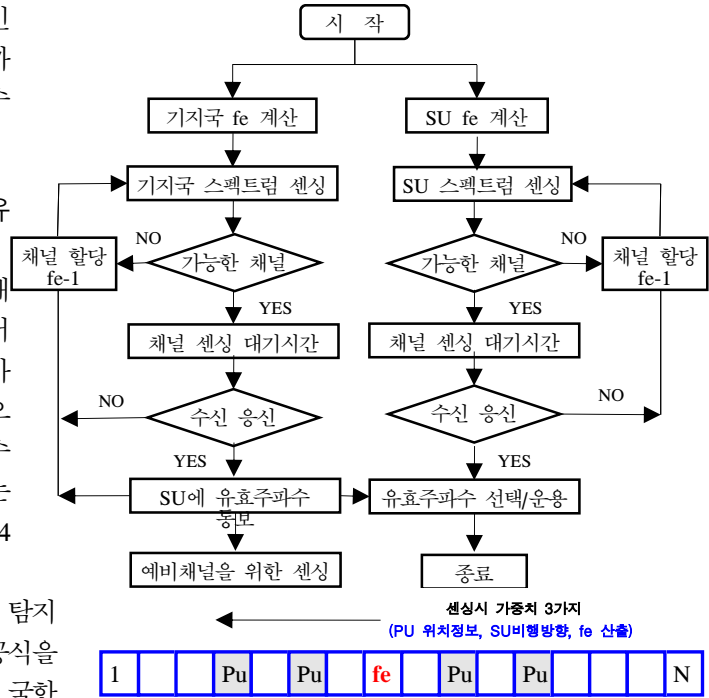


그림 2. 지형정보 기반 스펙트럼 센싱 알고리즘
 Fig. 2. Spectrum sensing algorithm basis of Geolocation

d : 항공기 거리 d1 : 항공기 고도 d2 : 항공기 이동 거리

여기서 Pn은 지형 및 기후에 따른 손실이며 여름 날 한반도 경우 200Km에서 상향링크인 경우 22.55dB, 하향링크인 경우 21.95dB가 된다¹²⁾. 위 결과부터 자유공간손실은 사용주파수와 송수신사이의 거리에 의해서 영향을 받는 것을 알 수 있다.

3.3. 지형정보 기반 유효주파수 스펙트럼 센싱 알고리즘

기지국과 항공기 간 사전에 알고 있는 위치정보를 통해 지형에 적합한 fe부터 내림차순으로 사용 가능한 채널을 센싱하며 설정을 시도한다. 채널을 검색하는 데 걸리는 시간은 센싱한 채널의 개수와 Ht의 곱으로 주어진다^{2,3)}. 지형정보를 활용하기 위해서는 기 레이다 신호와 위치 및 기지국 위치를 사전에 입력해야 한다. 유효주파수 기반의 스펙트럼 센싱 알고리즘은 그림 2에 서술되어 있다.

IV. 분석 및 결과

4.1. 분석 환경

지형정보 스펙트럼 센싱의 결과 분석을 위해 항공 환경하에 유/무인항공기의 항공인지무선시스템과 기지국(Base Station)간에는 항상 경로손실이 임계치(예,

110dB)를 유지하도록 주파수를 조정한다. 이 모든 상황은 통신두절 이전에 스펙트럼 센싱을 통하여 저장된 주파수(채널)로 자동 설정한다고 가정한다. 분석의 이해를 위해 총 16개의 채널이 주어졌고 그림 3와 같이 PU들에 의해 4개의 채널이 점유되어 있으며 나머지 채널 중 최소한 하나는 통신에 활용가능하다고 가정한다.

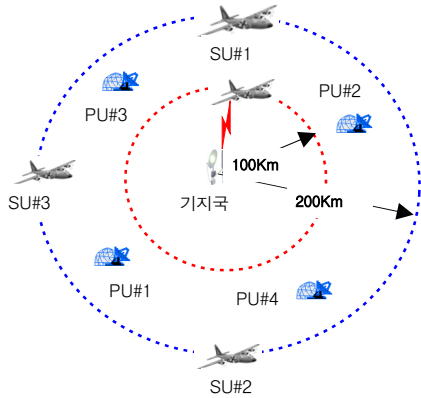


그림 3. 4개 PU 그룹 가운데 4개의 SU 환경
Fig. 3. Environment between four PU group and four SU

4.2. 기존 방식

기존 방식에 의하면 16개의 채널에 대해 미리 계산된 정보가 없으므로 이 모든 채널에 대해 가용한 채널을 찾을 때까지 센싱해야 한다. 그 중 PU가 점유된 것을 제외하더라도 경로손실이 임계치 이상인 주파수가 어느 것인지는 최악의 경우 모두 센싱해 봐야 할 수 있다. 그러므로 이 경우 채널 센싱 시간은 16번의 채널 센싱에 해당된다. 기존의 제원을 토대로 한 유/무인 항공기의 주파수 선택 최대 소요시간은 다음과 같이 5분에 해당하는 것으로 알려져 있다.

기존 유/무인 항공기 주파수선택 최대 소요시간 : **5분**
 = 안테나 동조+스펙트럼센싱처리+GPS 위치정보 동조
 = 1분+3.5분+0.5분

4.3. 시나리오 1 : 유/무인 항공기가 기지국으로부터 멀어질 경우 또는 항공인지무선시스템의 사용 주파수가 높은 경우

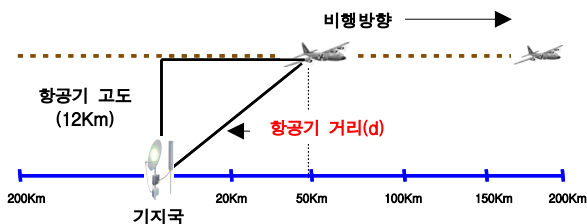


그림 4. 시나리오 1 환경
Fig. 4. Scenario 1 environment

그림 4와 같은 환경하에 먼저 가시선통신에서 자유공간손실 계산식을 적용하고, 항공기와 기지국간 거리를 산출하기 위해 식 (3)을 만족하는 유효주파수(fe)를 계산한다.

센싱 채널 개수 = 채널당 센싱시간 (1.5배) × (유효주파수

$$\text{시작점 - PU 평균사용채널수}) = 1.5 \times (8 - 2) = 9$$

① 먼저 PU의 위치정보에 의거 평균채널수 배제 (Skip)/2개소

☞ 일정한 반경내 PU의 채널간 간섭을 줄이기 위해 균등 분배 운용

② 유효주파수 산출지점을 평균적으로 400Km이므로 중간지점 (예:16개 채널수일 때 8개 지점부터 시작)

③ 채널당 센싱시간 부여 : 1.5배 (수신전력이 약하기 때문에)^[11]

유/무인 항공기의 주파수 선택 최대 소요시간에서 안테나 동조 시간과 GPS 위치정보 동조 시간은 동일하지만 스펙트럼 센싱처리 시간은 센싱하는 채널의 개수에 따라 달라진다. 스펙트럼 센싱처리 시간은 기존 16개의 채널에 대해 3.5분으로 측정되고 있으므로 9개에 대해서는 1.8분으로 예측된다. 제안하는 방식에 의하면 아래와 같이 주파수 선택 최대 소요시간이 유도된다.

시나리오 1 유/무인 항공기 주파수선택 최대 소요시간:
3.3분
 = 안테나 동조+스펙트럼센싱처리+GPS 위치정보 동조
 = 1분+1.8분+0.5분

여기에서 PU를 2로 한 것은 현재 군환경에서 일정한 반경내 채널간 간섭을 줄이기 위해 PU간 일정한 거리 간격하에 설치하고 동일한 주파수 사용을 하지 않기 때문이다. 채널당 센싱시간이 1.5배로 설정된 것은 항공기 운용상 데이터통신이 두절시 조종사와 지상기지국간 음성통화도 동시에 두절되어 위치 식별 곤란, 기상 악화시 유도비행 등 중대한 상황이 일어나므로 현재 군계통에서 통신장비를 사용할 경우 환경적(항공, 섬, 바다 등) 및 지형적(건물, 산악 등)이 악조건일 때를 고려하여 주파수 선택시간을 추가 부여하여 통신결속을 강구하고 있으며 이를 기반으로 센싱시간을 50% 더 부여함으로 센싱 확률을 높이고

자 하고 있기 때문이다.

여기서 유효주파수는 경로손실이 110dB을 기준으로 설정하여 산정한후 채널을 센싱하도록 한다. 채널 센싱을 할 때 기존 레이더 위치정보와 사용 여부에 따라 사용되는 채널은 제외시키는 방법을 수행하도록 알고리즘을 설정한다. 이때 스펙트럼 방향은 낮은 주파수(400MHz)와 기지국과 가까운 거리(20Km)로 이동하면서 채널 설정을 위한 센싱을 하면 더욱 짧은 시간에 성공할 수 있다. 그림 5는 시나리오 1의 경우 스펙트럼 센싱의 방향을 보여준다. 여기서 N개의 채널이 있으며 Pu에 의해 점유된 채널을 제외하고 유효주파수(fe)에서 시작하여 낮은 주파수 방향으로 센싱을 수행한다. 왜냐하면 항공기가 기지국으로부터 멀어져가고 있으므로 주파수 특성이 좋은 낮은 주파수로 센싱 방향이 이동해가야 한다.



그림 5. 지형정보 스펙트럼 센싱 예
Fig. 5. Geolocation spectrum sensing example

4.4. 시나리오 2 : 유/무인 항공기가 기지국으로부터 가까이 오는 경우 또는 항공인지무선시스템의 사용주파수가 낮은 경우

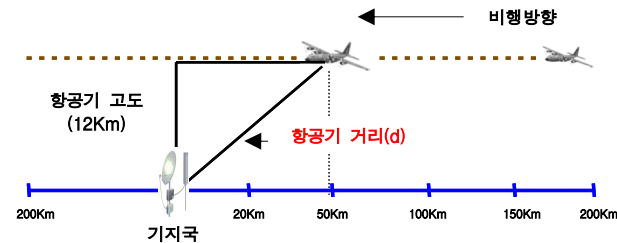


그림 6. 시나리오 2 환경
Fig. 6. Scenario 2 environment

시나리오 1에 언급한 방식으로 항공기와 기지국간 거리를 산출한후 유효주파수를 계산한다. 그림 6과 같은 시나리오 환경에서는 항공기가 기지국에 가까워지고 있으므로 스펙트럼 센싱 방향은 그림 7과 같이 유효주파수로부터 시작하여 높아지더라도 무방하다. 왜냐하면 수신전력이 거리에 의해 상승되기 때문에 굳이 낮은 것을 사용하여 좋은 채널을 소모할 필요가 없기 때문이다. 시나리오 1과 마찬가지로 현 환경을 토대로 지형분석 스펙트럼 센싱 최대 소요시간 산출을 위해 아래와 같은 공식을 적용하였다.

$$\text{센싱 채널 개수} = \text{채널당 센싱시간 (1배)} \times (\text{유효주파수}$$

$$\text{시작점-PU 평균사용채널수}) = 1 \times (8-2) = 6$$

① 먼저 PU의 위치정보에 의거 평균채널수 배제 (Skip)/2개소

☞ 일정한 반경내 PU의 채널간 간섭을 줄이기 위해 균등 분배 운용

② 유효주파수 산출지점을 평균적으로 400Km이므로 중간지점 (예:16개 채널수일 때 8개 지점부터 시작)

③ 채널당 센싱시간 부여 : 1배 (수신전력이 강하기 때문에)^[11]

시나리오 1과 마찬가지로 방법에 의해 스펙트럼센싱 처리 시간은 1.2분 정도로 추정할 수 있으며 유/무인 항공기의 주파수 선택 최대 소요시간은 아래와 같이 계산된다.

시나리오 2 유/무인 항공기 주파수선택 최대 소요시간 : 2.7분
= 안테나 동조+스펙트럼센싱처리+GPS 위치정보 동조
= 1분+1.2분+0.5분



그림 7. 지형정보 스펙트럼 센싱 예
Fig. 7. Geolocation spectrum sensing example

4.5. 시나리오에 대한 수치 결과

그림 8은 제안하는 지형정보 기반 스펙트럼 센싱을 하기 위한 fe값을 위 식을 바탕으로 도출한 결과이다. 외부환경을 고려하지 않는다는 전제하에 기지국과 항공기간 거리는 12Km 기점으로 20Km 간격 (장거리 : 200Km)으로 증가시에는 주파수와 무관하게 경로손실이 6dB 증가되었고, 사용주파수는 300MHz 기점에서 100MHz 간격(고주파 대역 : 800MHz)으로 증가시 기지국과 항공기간 거리와 무관하게 경로손실이 6dB 증가하는 것으로 산출 되었다. 거리측면에서는 20Km 중심에서 유효주파수 선택, 주파수 측면에서는 400MHz 중심, 임계치 -110dBm 중심으로 유효주파수를 선택하였다.

특히 유효주파수를 고주파로 변화시키는 것보다 기지국과 항공기간 거리를 변화시킬 때 경로손실의 변화가 심하게 나타났다. 그러므로 향후 유효주파수를 선택할 경우 사용주파수를 고정시키고 기지국과 항공기간 거리를 단축시키는 것이 스펙트럼 센싱을 통해 채널을 찾는 데 도움이 될 것으로 보인다.

그림 9는 위의 분석에 의해 PU의 개수에 따른 최대 채널 센싱 시간을 나타내고 있다. 향후 항공기가 기지국으로부터 20Km이상에서 비행할 경우에는 저주파수대역(최적지점 : 400MHz), 20Km이내일 경우에는 고주파수대역으로 유효주파수를 정하여 스펙트럼 센싱하는 것이 좋고, 주파수는 400MHz이상일 경우 기지국으로부터 근거리(최적지점 : 20Km)지역으로 이동, 이내일 경우에는 장거리지역으로 유효주파수를 찾는 것이 최선의 방법이다.

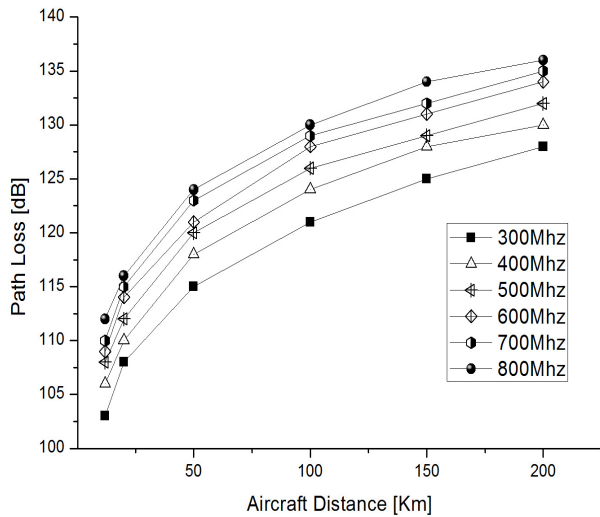


그림 8. 사용주파수(MHz)와 거리(Km)간 유효주파수 선정 산출
 Fig. 8. FE(frequency effective) select production of use frequency and distance

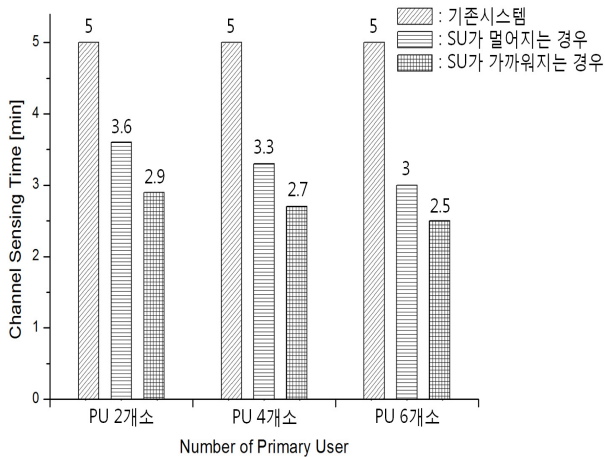


그림 9. 기존 시스템과 제안 시스템의 최대 소요시간 비교표
 Fig. 9. Maximum requirement-time comparison table of established system and proposal system

V. 결론

본 논문에서는 기존 유/무인 항공기에 대한 항공인

지무선시스템의 간섭에 의한 영향을 받을 경우 사전 입력된 프로그램과 수동조작으로 주파수를 전환하므로 통신링크를 재설정하는데 많은 시간이 소요되었으나 제안된 지형정보 기반 스펙트럼 센싱을 적용할 경우에는 단시간대로 단축된다.

분석 결과, 유/무인항공기가 기지국으로부터 멀어질 경우 또는 항공인지무선시스템의 사용주파수가 높을 경우, PU의 위치정보, SU 비행방향, 유효주파수 산출이 채널설정의 시간을 단축하는 효과가 나타났고, 항공인지무선시스템의 사용주파수가 낮을 경우에는 전파의 회절성이 좋으므로 수신전력이 상승되기 때문에 굳이 낮은 것을 사용하여 좋은 채널을 소모할 필요가 없으면서 채널설정시간도 단축되는 결과를 얻었다.

참고 문헌

- [1] Joo-Youl Yang, Jung-Soo Jung, Young-Kil Kwag, "Inter-Radar Interference Impact Analysis on the Basis of Radar Interference Protection Criteria" KIEES, Vol 19, No 6, pp657-659, June, 2008
 양주열, 정정수, 광영길, "레이더 간섭 보호 기준에 따른 레이더 간 상호 간섭 영향 분석" 한국전자과학회논문지, 제19권. 제6호. pp657-659, 2008년 6월.
- [2] Yogesh R Kondareddy, Prathima Agrawal, Krishna Sivalingam, "Cognitive Radio Network Setup without a Common Control Channel", MILCOM IEEE, pp1-6, Nov. 2008.
- [3] Ki-woon Choi, Woo-guil Pak, Young-June Choi, "Geolocation Channel-Setup Protocol for Cognitive Radio in Tactical Trunk Systems" KICS, 10-10, Vol 35, No 10, pp1504-1511, Sep, 2010,
 최기운, 박우길, 최영준, "전술 트렁크 시스템에서 Cognitive Radio의 채널 설정을 위한 Geolocation 프로토콜 연구" 한국통신학회논문지, 10-10. Vol 35. No 10. pp1504-1511, 2010년 9월.
- [4] Young-Seog Ha, "Study on Data Link Performance Improvement for UAVs" KSAS07-3137, pp474-475, 2007.
 하여석, "정찰용 무인기 통신링크 성능향상에 관한 연구" 국방기술품질원, KSAS07-3137, pp474-475, 2007.

[5] In-Yong Hwang, Kap-Seon Yu, Hak-Sun Kim, "The Analysis of RF System and Communication Link for Improvement in Reliability of Smart UAV Data-Link" KICS, Vol 30, No 2A, pp67-68, 73, Oct, 2004.
 황인용, 유갑선, 김학선 "Smat-UAV 데이터링크 신뢰성 향상을 위한 RF시스템 및 통신 링크 분석" 한국통신학회논문지, Vol 30. No 2A. pp67-68, 73, 2004년 10월.

[6] Hyun-Chel Lee, "Calculation of Communication range of Ku-band at single knife edge obstacle" KSAS08-1805, pp907-910, 2003.
 이현철, "Single knife edge에서의 Ku대역 통신 거리 계산" 한국항공우주연구원, 스마트무인기 사업단, KSAS08-1805 pp907-910, 2003년.

[7] Han-seop Shin, Jee-Hwan Choi, Dae-oh Kim, Tae-Hyung Kim, "Tracking Algorithm for Target Acquisition of Tracking Radar" KARI, Vol 4, No 1, pp88-89, 2006.
 신한섭, 최지환, 김대오, 김태형, "추적레이다의 표적 추적을 위한 추적 알고리즘 기술 동향" 한국항공우주연구원, 항공우주산업기술동향 4권 1호 pp88-89, 2006.

[8] Parsons. J.D "The Moblie Radio Propagation Channel- Second Edition", Wiley & Sons.

[9] Merrill I. skolnik, Introduction to Radar Systems. New York, McGraw-Hill Book Co. 2001.

[10] Shujing Xie, Lianfeng Shen and Jishun Liu, "Optimal Threshold of Energy Detection for Spectrum Sensing in Cognitive Radio", IEEE WCSP, pp1-5, Nov. 2009.

[11] KATS "EMC Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods" K-00016-2-3, pp18-22, July. 2006.
 전기용품안전기준, "전기자기 적합성(EMC) 전기자기장애·내성 측정장비 및 측정장비" K-00016-2-3, pp18-22, 2006년 7월.

[12] Hyun-Chel Lee, "An Analysis of UAV UHF datalink at different terrains and weathers" KSAS07-2415, pp597-582, 2007.
 이현철 "지형과 기후에 따른 무인기용 UHF 통신 링크 분석" KSAS07-2415, pp597-582, 2007년.

김 순 섭 (Soon-Seob Kim)



1992.8월 한양대학교 대학원 전자통신공학과 석사 졸업
 2010.3월~현재 이주대학교 대학원 NCW학과 박사과정(수료)
 1993.7월~현재 국방부 서기관 <관심분야> 무선인지통신 (Cognitive Radio) 이동통신시스템, 전송네트워크, 마이크로스트립 안테나 설계

최 영 준 (Young-June Choi)



2000년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사
 2006년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
 2006년 9월~2007년 7월 University of Michigan, Research Fellow

2007년 8월~2009년 7월 NEC Laboratories America, Research Staff Member
 2009년 9월~현재 이주대학교 정보컴퓨터공학부 조교수
 <관심분야> 전송네트워크, 무선자원관리, 인지무선