

전술 트렁크 시스템에서 Cognitive Radio의 채널 설정을 위한 Geolocation 프로토콜 연구

정회원 최 기 운*, 박 우 길**, 종신회원 최 영 준*^o

Geolocation Channel-Setup Protocol for Cognitive Radio in Tactical Trunk Systems

Ki-woon Choi*, Wooguil Pak** *Regular Members*, Young-June Choi*^o *Lifelong Member*

요 약

본 연구에서는 전술 트렁크 시스템의 주파수 부족 문제를 해결하기 위해 Cognitive Radio 기술을 적용하고자 한다. 이를 위해 많은 주파수 범위 내에서 채널의 가용성 여부를 확인하는 주파수 센싱을 비롯하여 두 노드 간의 공통된 채널 설정이 필요하므로 망의 설정 시간이 어떤 프로토콜을 선택하느냐에 따라 달라지게 된다. 만약 회절 특성이 좋은 가장 낮은 주파수부터 빈 채널을 확인하여 채널을 설정하게 되면 추후 인접 노드들이 자신의 지형 조건에서 필요한 주파수로 접속할 수 없게 되므로 각 노드는 자신의 지형 조건을 고려한 적절한 주파수를 선택하여 효율적인 채널할당이 필요하다. 따라서 본 연구에서는 지형 조건을 고려한 유효주파수부터 차례로 채널을 센싱하여 설정할 수 있도록 Geolocation 프로토콜을 제안한다. 모의실험 결과 이 프로토콜은 기존의 방식보다 채널 설정 시간이 짧아졌을 뿐 아니라 망 설정 성공률이 향상된 것을 확인할 수 있었다.

Key Words : Tactical trunk system, Cognitive radio, Frequency, Channel setup, Geolocation protocol

ABSTRACT

We adopt cognitive radio for tactical trunk systems to solve the shortage of radio spectrum. To set up a channel, cognitive radio systems need spectrum sensing over many frequency bands and especially any two nodes should rendezvous on a certain frequency within a short time. If they rendezvous on a low frequency that propagates well, the others nearby may not use this frequency that is essential for their geographical features. Therefore, we propose a geolocation protocol where a node senses effective frequency bands considering its geographical and environmental conditions. From simulation results, we confirm that our protocol enhances the probability of network setup while reducing the setup time, compared to existing ones.

I. 서 론

미래 전장이 NCW (Network Centric Warfare) 즉, 네트워크 중심전으로 전환됨에 따라 주파수의 수요가 증가하고 있다. 최근 “주파수와 전쟁”으로

일컬어질 정도로 다양한 군 장비에 주파수를 할당하는 것은 큰 문제가 될 것으로 보인다. 그러나 군의 주파수 관리는 여전히 정보통신부의 ‘먼저 요청하면 우선적으로 제공’하는 원칙에 의거하여, 상용뿐 아니라 군 장비의 전파요구가 나날이 증가하는

* 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (NIPA-2009-C1090-0902-0003)

* 아주대학교 NCW학과 무선네트워크 연구실 (blue9479@hanmail.net, choiyj@ajou.ac.kr),(^o: 교신저자)

** 아주대학교 장위 국방 연구소(wooguilpak@gmail.com)

논문번호 : KICS2010-07-350, 접수일자 : 2010년 7월 30일, 최종논문접수일자 : 2010년 9월 30일

군대에는 군의 무기체계 운용에 필요한 최소한의 주파수 사용 승인에도 많은 어려움을 겪고 있다^[1].

특히, 무선으로 음성/데이터 통신을 지원하는 군의 전술 트렁크 시스템은 노드와 노드, 노드와 부대 노드가 먼 거리에 위치하여 지형에 따라 특성이 좋은 주파수가 사용되어야 하나 그러한 주파수일수록 할당은 제한되고 있다. 그러나 지역적으로 LOS (Line of sight) 극복이 가능한 I, II 밴드 장비는 기존 장비의 주파수 간섭과 상용장비의 주파수 사용으로 가용 자원이 부족하여 장비 활용도가 낮아지는 문제점들이 야기되고 있다.

현재 전술 트렁크 시스템은 지형에 따라 다른 장비를 사용하게 되는데 장비에 정해진 밴드의 주파수를 사전에 할당하여 운용한다. 즉, 지형의 영향으로 통신환경이 나쁠수록 주파수 회절 특성이 좋은 낮은 밴드 장비를 운용하게 된다. 그러나 부대 자산의 제약 사항 또는 인접 주파수에의 간섭으로 인해 그러한 주파수 사용이 제한되는 경우가 많다. 아울러 현재 전술 트렁크 시스템 구성을 위한 백본망인 FM (Frequency Modulation) 무전기의 통달거리 (20Km이내)가 전술 트렁크 시스템 (35Km이상)보다 짧아 만약 전술 트렁크 시스템 구성 실패시 연락이 두절되어 차후의 통신소 통제에 큰 문제가 발생한다^[2].

이러한 주파수 부족 문제를 해결하고 동시에 지형을 고려한 주파수 재사용의 효율성을 개선시키고자 CR (Cognitive Radio) 기술을 차기 트렁크 시스템에 적용하고자 한다^[3]. CR 기술은 NCW를 기반으로 하는 미래 군 정보통신 장비의 효율적 주파수 운용을 위해 도입되어야 할 것으로 전망된다.

CR기술을 사용하기 위해서는 주파수 센싱, 주파수 관리, 주파수 이동성, 주파수 공유의 4가지 기능을 고려해야 한다^[2]. 주파수 센싱은 주파수를 본래 할당받은 primary user (PU)가 해당 주파수를 사용하고 있는지 찾는 것이며 주파수 관리는 주파수 센싱을 사용하여 secondary user (SU)의 요구사항에 맞는 주파수를 획득, 유지하는 것이다. 주파수 이동성은 PU가 나타났을 때 또는 더 나은 특성의 주파수가 발견될 때 SU에게 연결성을 유지하면서 다른 주파수로 이동하는 것이다. 주파수 공유는 다른 CR 사용자와 공평하게 주파수를 접속할 수 있도록 제공하는 것이다. 이와 같이 CR은 PU에게 할당된 스펙트럼을 센싱하여 사용하지 않는 부분을 PU에게 간섭을 주지 않으면서 SU가 효율적으로 운용하자는 개념이다.

그러나 전술 트렁크 시스템이 CR기술을 사용하더라도 어떤 가용한 주파수를 찾아내어 그 주파수로 망을 설정하기까지는 오랜 시간이 걸리게 된다. TV 주파수 대역만 센싱하더라도 전체 채널의 개수는 수백개에 이르기 때문에 센싱 시간이 오래 걸리게 된다. 기존 연구에 따르면 가용 채널을 주파수 배열 순서대로 하나씩 찾아가는 Exhaustive 프로토콜, 임의의 채널을 찾는 Random 프로토콜 등이 있다^[3]. 하지만 Exhaustive 방식을 따라 좋은 특성의 주파수부터 차례로 센싱하여 사용하게 된다면 추후 인접 지역에서 다른 장비가 꼭 필요로 하는 좋은 특성의 주파수를 사용하지 못할 가능성도 높아진다. 따라서 본 논문에서는 지형 조건을 고려하여 전술 트렁크 시스템에서 주파수를 센싱하고 설정하는 Geolocation 프로토콜을 제안하고 그 성능을 세 가지 Exhaustive 프로토콜, Exhaustive-reverse 프로토콜 및 Random 프로토콜과 비교, 분석하고자 한다.

논문은 다음과 같이 구성된다. II장에서는 전술 트렁크 시스템에 대해 설명하며 III장에서는 주파수 설정을 위한 기존의 프로토콜 및 새로운 Geolocation 프로토콜에 대해 설명하며 그 성능을 분석한다. IV장에서는 모의실험 결과를 통해 제안한 프로토콜의 성능을 입증하고 V장에서 결론을 제시한다.

II. 전술 트렁크 시스템

노드나 연대급 이상 부대는 트렁크 시스템을 지원 받아야 데이터와 음성을 통한 정보교환이 가능하기 때문에 전술 트렁크 시스템은 군 정보통신지원 요소에서 가장 큰 요소 중 하나이다. 전장 환경에서 우선으로 구성된 기반시설 사용은 많은 제약 사항이 따르고 우선 트렁크를 구성하는데 긴 시간이 소요되어 상당한 시간낭비가 발생한다. 게다가 고장 시 복구에 소요되는 자원도 많은 편이다. 이런 문제로 전술적인 상황에서 트렁크의 효율적인 구성은 승패에 결정적인 영향을 미칠 수 있다.

이러한 문제는 무선 트렁크를 설정하여 해결할 수 있다. 하지만 앞서 언급한 대로 주파수 자원의 부족으로 다양한 전술 환경에서 유연하게 주파수 자원을 사용할 수 없다는 한계가 있다. 특히 LOS가 보장되지 않는 경우에는 직진성이 강한 높은 주파수로는 통신이 제한되기 때문에 낮은 주파수를 사용해야 하나 현재의 주파수 할당으로는 그 가용성을 보장할 수 없다.

게다가 특성이 좋은 주파수를 할당했다 할지라도

현장에서 실 지형과 정확한 일치가 되지 않거나 현장의 주파수 환경에 의해 통신이 안 되는 경우가 종종 발생하게 된다. 그래서 주요 부대 지휘소 위치나 통신소 위치를 변경하는 비효율적인 상황이 발생하기도 한다.

이러한 문제들을 해결하기 위해 CR 기술을 이용하여 가용한 주파수를 찾아낼 수 있도록 전술 트렁크 시스템을 고안할 수 있다. CR 기술을 접목한 전술 트렁크 시스템은 그림 1과 같이 기존 노드인 CBS (Cognitive Base Station)와 새로운 통신소인 CU (Cognitive User)로 구성된다. CBS는 정해진 작전에 의해 CU의 설치 위치 정보를 미리 알고 있으므로 지도에서 지형을 분석하여, LOS가 보장되는 지 확인한다. LOS가 보장되지 않는 경우에 출력, 전송선 손실, 안테나 이득 등 트렁크 장비특성과 사용 주파수 특성, 경로손실 등을 통해 해당 지역에서 통신 서비스를 받을 수 있는지 여부를 판단할 수 있다. 이러한 계산을 통해 CBS는 그 위치에서 CU와 최소한 통신이 가능한 유효주파수(f_e)를 구할 수 있다. LOS가 보장되지 않을 경우 유효주파수는 회절 특성이 좋은 낮은 주파수가 될 것이다.

CBS가 유효주파수 이내에서 하나의 채널을 선택하게 되면 비콘(Beacon) 신호를 전송하여 CU가 응답을 하게 된다. CU는 그 위치에 가기 전, 미리 CBS의 계산에 의해 얻어진 유효주파수 정보, 센싱 대상인 전체 채널의 수(N), CBS가 한 채널에서 설정을 위해 기다리는 시간(T_s) 정보를 획득한다. 본 논문에서 센싱 대상인 주파수들은 낮은 주파수에서 높은 주파수 순으로 1에서 N 까지 N 개의 채널로 구성되어 있다고 가정한다.

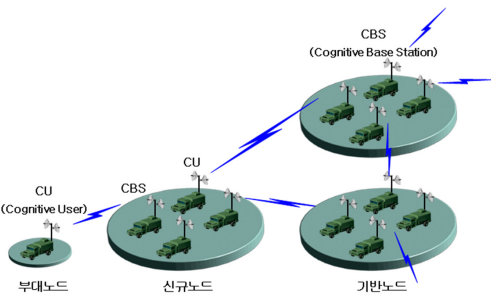


그림 1. 전술 트렁크 시스템 구성도 예

III. 채널 설정을 위한 프로토콜

본 장에서는 전술 트렁크 시스템에서 채널 설정을

위해 사용 가능한 기존의 Exhaustive, Exhaustive-reverse, Random 프로토콜과 제안하는 Geolocation 프로토콜에 대해 설명한다.

3.1 Exhaustive 프로토콜

이 프로토콜에서는 그림 2와 같이 CBS와 CU가 채널을 셋업하기 위해 주어진 주파수 범위에서 채널들을 가장 낮은 주파수(1)부터 높은 주파수(N)까지 차례로 센싱한다. 그림 2에서 음영으로 표시된 부분은 PU에 의해 사용되고 있는 채널이다. CBS는 가용 채널을 찾기 위해 각 채널에서 T_s 시간만큼 머무른다. 이 시간 동안 센싱을 통해 해당 채널에서 PU가 검출되면 타이머가 종료된 후 다음 채널로 이동하여 다시 타이머를 초기화한다.

채널이 비어있다면, T_s 시간이 종료되기 전까지 비콘신호를 전송하여 CU가 응답하길 기다린다. 한편 CU 역시 동시에 낮은 주파수부터 차례로 옮겨 가며 CBS로부터 전송되는 비콘이 있는지 확인한다. 비콘에 대한 응답이 전달되면 CBS와 CU는 채널 설정을 위한 절차를 진행하게 된다. 최악의 경우 CBS는 $N \cdot T_s$ 의 시간 동안 비콘을 보내고 기다려야 한다. 물론 마지막 채널 N 까지 설정을 하지 못하면 다시 1부터 반복하게 될 것이다.

CU는 각 채널에서 비콘을 기다리는 타이머를 유지하는데 그 시간은 $N \cdot T_s$ 이다. 최악의 경우 CU가 마지막 채널 N 에서 비콘에 응답할 수 있으므로 이 경우 설정 시간은 $N^2 \cdot T_s$ 이다^[3].



그림 2. Exhaustive 프로토콜과 Exhaustive-reverse 프로토콜의 채널 센싱 예

3.2 Exhaustive 프로토콜 - reverse

이 방법은 Exhaustive 프로토콜에서 센싱 순서만 변경하여 N 부터 1까지 센싱하는 방법이다. 따라서 채널을 설정하는 최대시간은 Exhaustive 프로토콜의 $N^2 \cdot T_s$ 와 같다.

3.3 Random 프로토콜

Random 프로토콜은 그림 3과 같이 주어진 N 개의 채널을 랜덤하게 선택하여 센싱함으로써 CBS와 CU가 채널을 설정하는 방식이다. 만약 채널이 비어 있지 않으면, 다른 채널을 다시 랜덤하게 찾고 타이머 T_s 가 완료될 때까지 비콘 신호를 전송한다.



그림 3. Random 프로토콜에서 센싱 예

CU 역시 CBS와 같이 채널을 Random하게 선택하여 비콘 신호를 확인한다. 이때, 비콘 신호를 수신하기 위해 $N \cdot T_s$ 동안 한 채널에서 기다리기 보다, 이 보다 짧은 $W_s \cdot T_s$ ($W_s \leq N$) 동안 기다린다. W_s 는 슬롯 개수로서 CBS 또는 CU의 채널 스캔 능력에 따라 가변적으로 설정할 수 있다. [3]에 의하면 W_s 값이 5일 때 채널 설정의 결과가 가장 우수했다.

3.4 Geolocation 프로토콜

Geolocation 프로토콜은 Exhaustive 프로토콜과 유사하지만 센싱할 채널의 범위를 선택하는 방법과 채널 센싱후 설정을 위한 채널 선택 순서가 다르다.

앞에서 설명한 것과 같이 Exhaustive 프로토콜은 1부터 N까지 빈 채널을 센싱하면서 설정을 시도하는 반면, Geolocation 프로토콜은 II장에서 제시된 바대로 CBS와 CU간에 사전에 알고 있는 위치정보를 통해 지형에 적합한 유효주파수(f_e)를 찾아 f_e 부터 1까지 사용 가능한 채널을 센싱하며 설정을 시도하게 된다.

기존의 방법은 주어진 범위 내에서 N개 채널에 대해 오름차순이나 내림차순에 의해 또는 랜덤하게 채널을 센싱하지만, Geolocation 방식은 통신이 가능한 유효주파수로부터 센싱을 시작하게 되므로 CBS와 CU간에 이루어지는 불필요한 센싱 시간을 줄일 수 있다.

그림 4는 제안하는 Geolocation 프로토콜의 알고리즘을 보여준다. Geolocation 프로토콜의 성능을 이해하기 위해 그림 4와 같이 f_e 가 위치해 있다고 가정한다. 이 프로토콜은 채널 센싱 시작점이 f_e 부터이다. 여기서, 채널 설정을 위해 CBS가 기다려야 할 최대시간은 $f_e \cdot T_s$ 가 된다. CU에서도 마찬가지로 f_e 부터 1까지하나씩내려가며비콘을찾게되므로 소요되는 채널 설정시간은 $f_e^2 \cdot T_s$ 가 된다. f_e 가 채널 정중앙에 위치해 있다고 하면 Exhaustive 프로토콜에서의 $N^2 \cdot T_s$ 보다 1/4 시간이 줄어드는 결과이다.

Geolocation 프로토콜을 사용하면 지형이 나빠짐에 따라 f_e 가 1로 가까워지게 되어 CR로 접속할 수 있는 시간이 오히려 줄어드는 효과를 볼 수 있다.

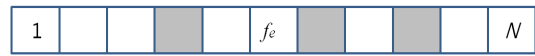
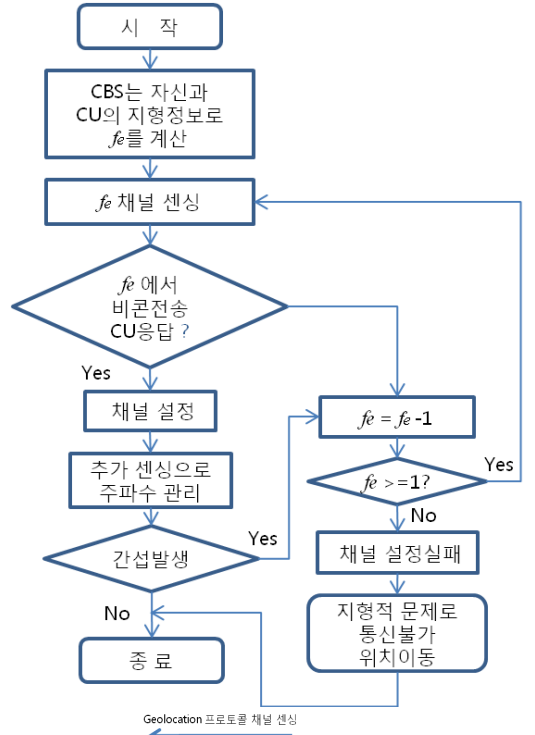


그림 4. Geolocation 프로토콜 Flow chart와 센싱 예

3.5 각 프로토콜의 채널 설정 시간 비교

그림 5와 같이 유효주파수 내에 빈 채널이 있는 경우 채널 설정 시간을 비교해보면, 전체 구간에서 빈 채널이 어떻게 분포하느냐에 따라 Exhaustive 프로토콜과 Geolocation 프로토콜의 채널 설정 시간은 달라지게 된다. 그리고 f_e 가 선택되어지는 지형의 특성에 의해서도 변화하게 된다. 그것은 앞에서 제시된 식을 통해 Exhaustive는 $N^2 \cdot T_s$ 만큼의 최대 시간을 소모하게 되겠지만 Geolocation은 $f_e/2 \cdot T_s$ 이므로 지형에 의해 f_e 가 어떻게 선택되느냐에 따라 채널 설정 시간이 단축된다. 그러므로 지형이 나빠질

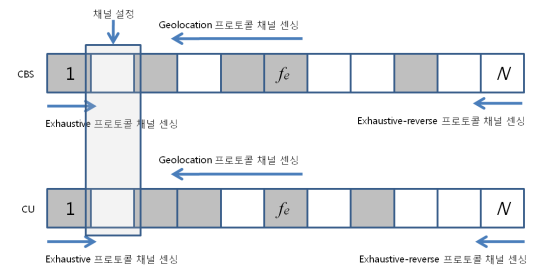


그림 5. fe내에 빈 채널이 있는 경우의 채널 센싱과 설정 예

수록 f_e 가 작아져 설정 시간이 단축되겠지만 가용 채널이 없을 가능성이 높아진다. 그림 6과 같이 1부터 f_e 까지 빈 채널이 없다면 Geolocation 프로토콜은 채널 f_e 에서 1까지 센싱후 망 설정을 포기하게 되는 반면, Exhaustive 프로토콜은 f_e 보다 높은 채널들, 즉 f_e+1 에서 N까지 센싱을 하므로 시간을 더 낭비하게 된다.

Exhaustive-reverse 프로토콜은 그림 5와 같이 N부터 채널 센싱을 시작하면서 채널 설정 절차를 진행할 것이다. 따라서 N부터 f_e+1 까지 불필요한 채널 센싱과 설정절차에 시간을 소모하게 된다. 즉 $N \sim f_e+1$ 까지의 빈 채널의 존재 확률에 따라 채널 설정 시간이 달라지게 된다. N부터 f_e+1 까지의 빈 채널이 많으면 많을수록 낭비되는 시간은 증가하게 되고 빈 채널 수가 줄어들어 0이 되면 채널설정 시간은 단일 망에서는 Exhaustive와 유사하게 된다. 그림 7은 Exhaustive-reverse 프로토콜이 불필요하게 채널을 설정하고자 시간을 낭비하는 예를 보여 준다. 이는 Exhaustive 프로토콜이 갖는 단점과 같은 문제이다.

그림 5와 같은 상황에서 Random 프로토콜의 채널 설정 시간은 Random 수 선택 패턴에 따라 달라지게 된다. [3]에서 단일 망에서 가용 채널 수를 알고 있을 때 Random 프로토콜의 채널 설정 시간이 Exhaustive보다 나쁘다는 것을 제시하였다.

지금까지 단일 망의 채널 설정을 예로 들어 Geolocation 프로토콜의 성능을 타 프로토콜들과 비교하였다. 대체적으로 Geolocation 프로토콜은 다른 프로토콜에 비해 적은 채널 설정 시간을 갖는다.

특히, 지형이 나빠져 유효채널이 1과 가까워질 수록 채널 설정 시간은 더 줄어드는 것을 알 수 있다.

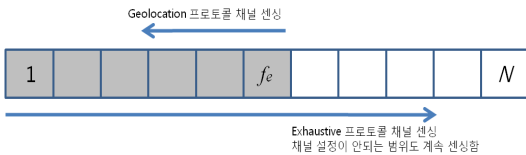


그림 6. Exhaustive 프로토콜의 불필요 센싱 예

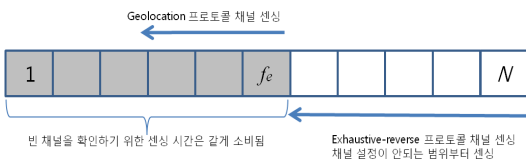


그림 7. Exhaustive-reverse 프로토콜의 불필요 센싱 예

IV. 모의실험 결과 및 분석

지금까지 CBS와 CU간의 단일 망 상황에서 채널 설정에 관하여 살펴보았다. 이 장에서는 전장상황을 고려하여 24개의 노드와 각 노드에서 4개의 부대노드를 갖는 망 환경에서 CR기술을 적용하였을 때 Geolocation 프로토콜의 채널 설정 시간과 망 설정 성공률이 기존 프로토콜에 비해 얼마나 개선되는지 모의실험 결과를 제시하고자 한다.

토폴로지는 표 1에 주어진 바와 같이 노드와 노드 간 거리 및 노드와 부대노드간 거리를 임의로 설정하여 거리에 따른 다양한 채널 환경을 고려하였다. 모든 노드는 지향성 안테나를 사용하고 유효 주파수는 표 1과 같이 주어진 경로손실을 고려하여 BER 조건을 만족시키는 주파수로 계산하였다. 여기서 망 설정 성공은 노드와 노드, 노드와 부대노드간 자신의 지형 조건에 맞는 하나의 빈 채널을 찾아내어 망을 구성할 수 있는가를 말한다. 지형조건에서 LOS가 보장되지 않는 망의 수가 증가함에 따라 채널 선택의 폭이 떨어지므로 망 설정 성공률은 낮아질 것이다. 단, 노드와 노드, 노드와 부대노드는 중계 없이 연결되는 것으로 가정한다. 모의실험 환경 설정은 표 1과 같다.

표 1. 모의실험 파라미터

대역폭	6MHz
f_e 범위	200-900Mz
데이터 Rate	45Mbps
노드와 노드간 거리	10~50Km
노드와 부대노드간 거리	5~25Km
채널 노이즈	10.5dB
전송전력	50W
경로손실	2.2
안테나 지향각	10°
BER	10 ⁻⁶

4.1 Exhaustive 프로토콜 결과

Exhaustive 프로토콜은 1부터 N까지 채널을 센싱하면서 각 노드에 특성이 좋은 주파수를 먼저 할당하므로 채널 개수가 늘어날수록 채널을 설정하기 위해 f_e 보다 높은 채널에서 센싱에 소모되는 시간이 늘어난다. 그림 8은 가용 채널 수가 적은 경우, 채널 감소에 따라 필요한 최소 채널 수와 시간을 보여주고 그림 9는 가용 채널 수가 많을 때 채널

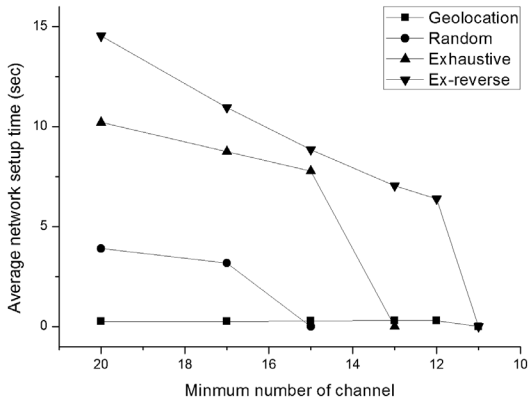


그림 8. 가용 채널 수가 적을 때 필요한 최소 채널 수와 망 설정 시간

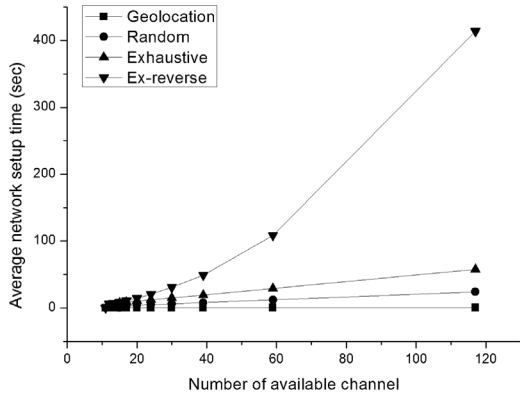


그림 9. 가용 채널 수가 많을 때 채널 수 증가에 따른 망 설정 시간

설정 평균 시간의 변화를 보여준다.

지형적 요소가 크게 제한되지 않는 환경이나 가용 채널의 수가 많은 경우에는 채널 설정 실패는 발생되지 않았다. 그러나 LOS가 보장되지 않는 환경이 많아지게 되면 망에서 각 노드와 부대노드에 대한 채널 할당 효율은 나빠진다. 왜냐하면 채널 특성이 좋은 주파수(본 논문에서 1로 표시된 채널)부터 할당됨에 따라 다른 노드가 그 채널을 필요로 할 때 채널 할당을 할 수 없기 때문이다. 그림 10에서는 본 모의 실험 환경에서 모든 링크들이 성공적인 채널 설정을 위해 필요한 최소 채널 수를 비교하고 있다.

4.2 Exhaustive-reverse 프로토콜 결과

Exhaustive-reverse 프로토콜은 N부터 1까지 순서대로 채널 할당을 시도하기 때문에 많은 채널 수를 가진 경우, 채널 설정에 소요되는 시간은 그림 9

에서 볼 수 있듯이 가장 길었다. 이는 모의실험 환경에서 임의로 부여된 환경에서 채널 설정이 될 수 없는 N부터 fe+1까지 센싱과 설정을 위한 절차를 불필요하게 시도함에 따른 것이다.

하지만 그림 8에서 보듯이 성공적인 채널 설정을 위해 필요한 최소 채널의 수는 Geolocation 프로토콜과 같은 결과를 보여주었다. 이는 채널을 N부터 1까지, 채널 특성이 나쁜 영역에서 좋은 영역으로 내려가는 특성이 Geolocation 프로토콜과 같아 유효 주파수부터 망에 할당되기 때문이다. 그림 10에서도 확인되는 바와 같이, 망 설정에 필요한 최소 채널 수는 Geolocation과 같지만, 불필요 센싱 구간에서 시간을 낭비함에 따라 망 설정 시간은 높아졌음을 알 수 있다.

4.3 Random 프로토콜 결과

Random 프로토콜은 1부터 N까지 채널을 무작위로 센싱하면서 각 노드에서 채널 할당을 시도하기 때문에 Random 수 선택 결과에 따라 지형에 맞는 주파수와 그렇지 않은 주파수가 할당될 수 있다. 따라서 그림 9를 보면 가용 채널 수가 많은 경우에는 단일 망에서 비교한 것과는 다르게 오히려 Exhaustive, Exhaustive-reverse보다 좋은 결과를 보여주었다. 그러나 그림 8, 10에서 보듯이 성공적인 망 설정을 위해 필요한 최소 채널 수에서는 역시 타 프로토콜보다 많이 필요하다는 것을 알 수 있었다.

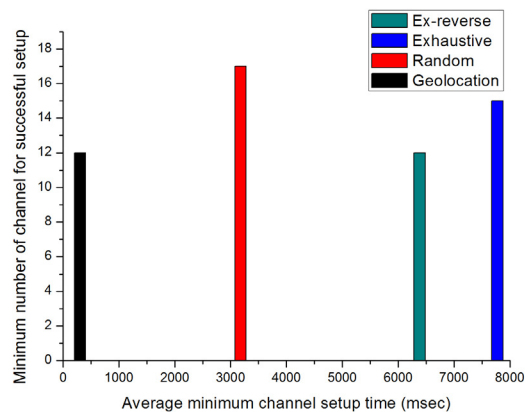


그림 10. 최소 채널 수에서 채널 설정 시간

4.4 Geolocation 프로토콜 결과

주어진 지형조건에 의해 계산된 fe로부터 센싱을 하여 지형조건에 가장 적합한 채널을 할당함으로써 망을 구성하게 된다. 그림 8, 9에서 보듯이 채널 설정 시간이 타 프로토콜보다 낮았다. 또한 그림 10

에서는 성공적인 망 설정을 위한 최소 채널 수가 낮으면서 빨리 망 설정이 가능함을 알 수 있었다. 그림 11은 이 프로토콜에서 가용한 채널 수와 망 설정 시간의 관계를 보여주는데 가용채널이 증가함에 따라 망 설정에 소요되는 시간이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

이는 Geolocation 프로토콜이 해당 지형에서 망 설정을 위해 사용 가능한 채널 중 가장 높은 주파수(유효주파수)를 센싱하여 각 노드에 할당하기 때문이다. 다시 말해 이것은 효율적인 주파수를 사용함으로써 특성이 좋은 주파수를 확보할 수 있다는 것이다.

따라서 부가적으로 Geolocation 프로토콜은 적으로부터의 EA (Electronic Attack)에도 대비가 가능하며, PU의 등장과 다른 CBS/CU의 간섭에도 효과적으로 대처할 수 있게 된다.

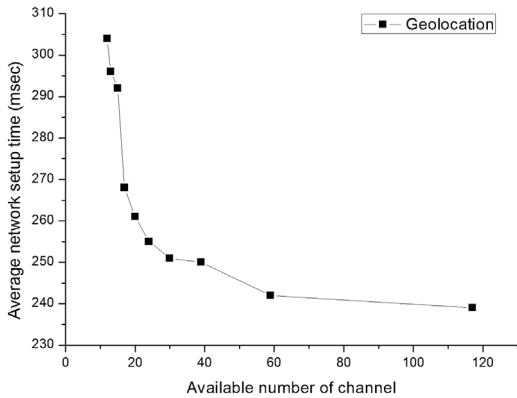


그림 11. Geolocation 프로토콜에서 가용한 채널 수와 망 설정 시간의 관계

V. 결 론

본 논문은 미래 군의 NCW 환경을 고려하여 그 핵심이 될 장비인 전술 트럭 장비에 CR기술을 적용하고자 효율적인 망 설정을 위한 Geolocation 프로토콜 방법을 제안하였다. 실 전장 환경은 일반적으로 양호한 통신 환경을 제공받지 못하기 때문에 보다 효율적인 망 설정이 필요하다.

본 논문에서 제안된 Geolocation 프로토콜은 기존에 제안된 프로토콜에 비해 전장 환경에 적합함을 모의실험을 통해 확인하였다. 주파수 특성을 고려한 모의실험을 통해 Geolocation 프로토콜은 LOS가 확보되지 않은 지형에서의 채널센싱 범위를 줄

여 채널 설정 시간이 감소하고 특성이 좋은 주파수를 확보하여 효율적인 주파수 자원 관리가 가능함을 보였다.

추후에는 실 지형데이터와 결합한 실험을 통해 실제로 전장에서 적용할 수 있도록 하여, 군 통신의 발전에 기여할 수 있도록 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] 윤형노, “선진국 군 주파수 관리 현황 및 시사점”, 월간국방논평 제 1099호, pp.1-10, 2006년 5월 15일.
- [2] Ian F. Akyildiz, Won-yeol lee, Mehmet C. Vuran, shantidev Mohanty, “NeXt generation / dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks : A survey”, Computer Networks, pp. 2127-2159, Sep 2006.
- [3] Yogesh R Kondareddy, Prathima Agrawal, Krishna Sivalingam, “Cognitive Radio Network Setup without a Common Control Channel”, MILCOM IEEE, pp.1-6, 16-19 Nov. 2008.
- [4] Michael J.Ryan, Michael R. Frater, “Tactical Communications for the Digitized Battlefield”, Artech House, pp.187-216, 2009.
- [5] Bruce A. Fette, “Cognitive Radio Technology”, Elsevier, pp.635-644, 2009.

최 기 운 (Ki-woon Choi)

정회원



2000년 2월 호서대학교 정보통신공학과
 2010년 1월 아주대학교 NCW학과 석사과정
 <관심분야> TICN, Cognitive Radio, OFDMA

박 우 길 (Wooguik Pak)

정회원



2000년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 학사

2002년 2월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사

2009년 1월 삼성 시큐어이닷컴 연구소 과장

2009년 8월 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사

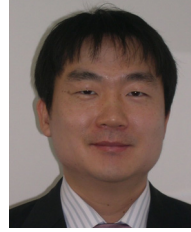
2010년 1월 서울대학교 뉴미디어 연구소 연구원

2010년 2월~현재 아주대학교 장위 국방 연구소 국방전술 네트워크 연구 교수

<관심분야> 전술네트워크, 4세대 이동통신망, 네트워크 보안, 무선 센서 네트워크

최 영 준 (Young-June Choi)

중신회원



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 아주대학교 정보컴퓨터공학부 조교수

<관심분야> 전술네트워크, 4세대 이동통신망, 무선자원관리, 인지무선