

**무인 항공기 전술 이동 네트워크를 위한 클러스팅 구조 기반  
라우팅 프로토콜 연구**

**The Clustering Hierarchy Routing Protocol Study for Tactical  
Mobile Networks of Unmanned Aerial Vehicle(UAV)**

우 상 철(방송영화제작과)

Sang-Choel Woo(Dept. of Broadcasting & Video and Film)

Key words : UAV, Routing Protocol, TICN, NCW, Flooding

Abstract : In this study, we simulate the Flooding routing protocol and Cluster Hierarchy routing protocol for TICN mobile network of Unmanned Aerial Vehicles. TICN has High Capacity Trunk Radio System, Low Capacity Trunk Radio System, Tactical Internet Protocol System, Combat Network Radio System and Tactical Mobile Communication System. Also, Cluster Hierarchy routing protocol show the superior delay, packet overhead, TICN network throughput about the various case.

## 1. 서론

미래전은 전쟁상황하에서 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare)으로 비약적으로 변모하며 발전하고 있다. NCW는 적 탐지, 지휘 통제, 타격 수단 등 전장에서 발생하고 있는 여러 전투요소들을 네트워크로 상호 연결하여 전장 상황을 공유를 통한 정보우위로 지휘 속도 향상, 신속한 작전상황 전개, 결정적 타격, 생존성 향상 등 전투력을 비약적으로 향상시키는 전쟁수행 개념이다[1]. 특히, 한국군은

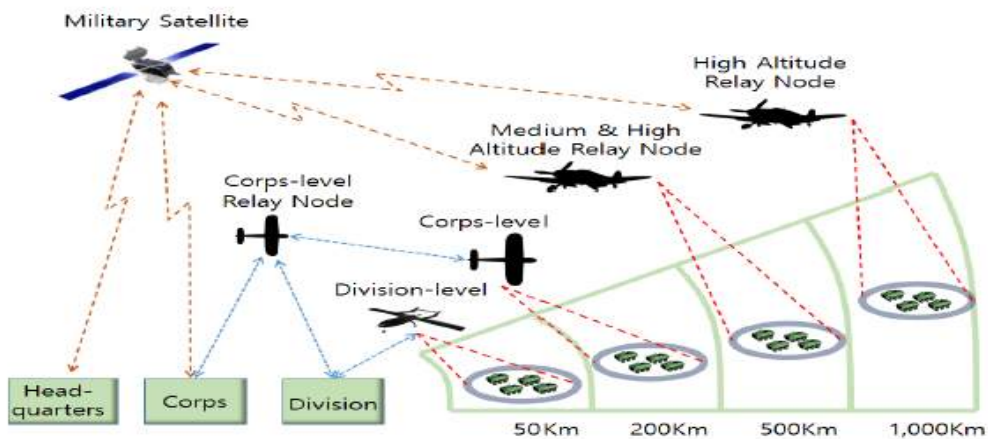
NCW의 핵심 요소인 미래형 전술통신체계로 TICN(Tactical Information Communication Network)이라는 통신체계를 구축하고 있다. TICN은 미래 네트워크 중심전에서 정찰 감시-지휘통제-정밀타격체계의 통합 전투력 발휘를 위한 고속 대용량 전술정보를 실시간으로 소통시키는 전술 통신 기반 체계로 All IP 기반의 멀티미디어 데이터를 통합으로 운용할 수 있고 다양한 이기종간의 센서와 타격체계간 상호 통신할 수 있는 격자형 네트워크로 운용된다. TICN구조는 대용량 무선 전송 체계(HTCRS, High Capacity Trunk Radio System),소용량 무선 전송 체계(LTCRS, Low Capacity Trunk Radio System),교환 접속 체계(TIPS, Tactical Internet Protocol System),전투 무선 체계(CNRS, Combat Network Radio System),전술 이동통신 체계(TMCS, Tactical Mobile Communication System), 망 제어 체계(NCS, Network Control System)등의 부체계들로 구성되어 있다. 또한, 타격체계와 연동을 위한 기능도 포함하고 있다[2]. TICN 체계가 완전히 그 기능을 발휘하기 위해서는 최전방의 전장으로부터 실시간 자료가 후방의 지휘부까지 신뢰성 있게 제공되어야 하는데 현재 전술통신체계는 일정 규모 이상 대규모의 사단급 부대만을 대상으로 한정 되고 있어 최전방의 실질적 현황이 실시간으로 전달될 수 없는 현실에 처해있다. 또한, 전술 이동통신 체계(TMCS)에서 현재 무인 항공기가 많이 개발되고 활용되고 있는 바 항공데이터링크 상에서 취득한 데이터를 다수의 무인항공기간 멀티 홉(Multi hop) 통신을 통하여 전송할 수 있는 방안이 필요하게 된다. 지상 환경이나 공중 환경에서 전술 이동 네트워크는 각 노드들이 자유롭게 이동할 수 있으며 노드들 간의 통신이 가능하고 망 구조가 잦은 변화를 수반한다. 이 방식은 중앙 제어기가 각 하위 노드들의 통신을 제어하는 것이 아니라 각 노드들의 각각 의사에 따라 통신하고 망에 참여하는 Ad-hoc방식이다. Ad-hop방식임으로 각 노드들이 한 위치에 고정되지 않고 자유롭게 이동할 수 있으며 이에 따라 네트워크 토폴로지가 수시로 변화한다. 전술 이동 네트워크는 스스로 망 토폴로지를 변경함으로 UAV 노드들이 이동하면서도 네트워크 연결성을 유지해야 하며 항공기의 경우 노드들의 이동속도가 지상의 노드들의 이동속도에 비해 현저히 빠르다는 특징이 있다[6]. 또한, 데이터 통신 거리를 확장시키고 보다 안정적으로 전송하기 위하여 데이터 패킷의 라우팅 방안이 중요하게 대두된다. 따라서 일반적으로 기존 유선 인터넷망에서 적용되고 지상의 전술 이동통신 체계(TMCS)에서 적용되고 있는 플러딩(flooding)방식의 라우팅 방법과 UAV간 그룹화하여 계층구조를 기반으로 하는 클러스팅 구조 기반 라우팅 기법을 제안하고 시뮬레이션함으로써 무인항공기간 적용되는 UAV 전술

이동 통신에 적용 가능 효율성을 비교하고 검증해 본다.

## 2. UAV 전술이동네트워크 및 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜

### 2.1 UAV 전술이동네트워크

무인항공기(UAV) 전술이동네트워크는 전술이동네트워크에서 UAV용 항공데이터 링크로 범위를 축소한 네트워크이다. 무인항공기(UAV) 전술이동네트워크는 OSI 7-Layer 계층 구조에서 네트워크 계층으로서 항공 네트워크로 데이터 패킷의 라우팅(routing) 경로를 생성하고 유지하는 기능을 수행한다. 항공데이터 링크는 각 노드들의 속도가 빠르고 망 토폴로지가 잦은 변화를 가진다는 특징이 있다. 다음 그림 2.1은 한국형 UAV 운용개념도를 나타내며 중앙 제어가 각 하위 노드들의 통신을 제어하는 것이 아니라 각 노드들의 각각 의사에 따라 통신하고 망에 참여하는 Ad-hoc방식이다. 또한, 송신 노드가 전송하는 데이터는 수신 노드에게 도달하기 까지 여러 노드를 통하여 멀티 호핑(multi-hopping)하게 되어 데이터 보안에 대한 연구가 필요하며 송신 노드와 수신 노드 사이에 최적의 경로를 찾아 데이터 전송 비용을 최소화하는 라우팅 기법 연구가 필요하다.

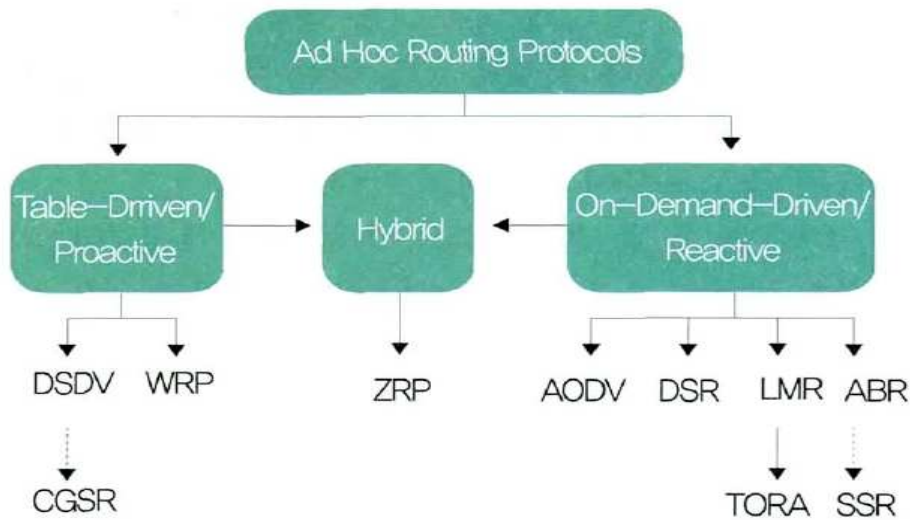


(그림 2.1) 한국형 UAV운용개념도

## 2.2 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜

현재 Ad-Hoc 네트워크에서 가장 일반적이고 필수적으로 중요한 것은 무작위로 이동하는 노드들로 인해서 계속적으로 변화하는 네트워크 토폴로지를 어떻게 현실적으로 모델링할 수 있으며 어떻게 효과적으로 라우팅 경로를 설정하여 데이터 패킷을 원활히 전달할 수 있을 것인가이다. 현재까지 연구된 라우팅 방법은 크게 Bellman-Ford 알고리즘을 사용하는 Pro-Active 방식과 모든 단말의 노드가 이동하는 Ad-Hoc 환경을 고려한 Re-Active 방식, 그리고 이 두 방식의 장점을 혼합한 Hybrid 방식과 기타 대역폭(Bandwidth), 전력(Power), 지연시간(Delay) 등 라우팅 Metric에 따라 멀티 홉 경로를 설정하는 라우팅 방식이 있다.

Pro-Active 방식은 기본적으로 Ad-Hoc 네트워크내의 각 노드가 자신을 중심으로 하여 도착 가능한 모든 노드들의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 항상 저장하고 유지하는 방식이다. 따라서 모든 노드들은 주기적으로 라우팅 정보를 다른 노드들에게 전달하고 라우팅 경로의 변경시에는 자신의 라우팅 정보를 브로드캐스팅(broadcasting)하여 이웃의 다른 노드들에게 라우팅 테이블의 갱신을 유도한다. 또한, Pro-Active 라우팅 프로토콜은 다른 노드들에 대한 주기적인 라우팅 정보를 유지함으로써 전송 필요시 별도의 경로 획득 절차가 필요없이 자신의 라우팅 테이블 정보를 이용하여 즉시 전송함으로써 망에서 경로 획득 지연시간이 짧은 장점이 있다. 그러나 열악한 Ad-Hoc 무선 환경에서 무선 대역의 주기적인 라우팅 정보 교환은 사용할 수 있는 무선 주파수 대역의 불필요한 낭비를 더욱 가중시켜 망 효율을 저하시킨다. 또한, 노드들의 이동에 따른 빈번한 위치 변화는 Ad-Hoc 네트워크에서 다른 노드들의 라우팅 테이블 갱신을 위한 라우팅 정보도 역시 교환하여야 함으로 라우팅 패킷으로 인한 오버헤드(overhead)의 증가로 인해서 성능저하를 발생시키는 단점이 있다. 따라서 Pro-Active 방식은 망에서 노드의 숫자가 적고 이동성이 많지 않은 소규모의 Ad-Hoc 네트워크에 적합하다. 그림 2.2는 Ad-Hoc 라우팅 프로토콜 분류를 나타내었다.



(그림2.2) Ad-Hoc 라우팅 프로토콜 분류

Re-Active방식은 Bellman-Ford 알고리즘을 사용하지만 Pro-Active방식의 단점을 해결하기 위하여 모든 노드가 빈번하게 위치 이동하는 Ad-Hoc 무선 환경에 적합하도록 제안된 프로토콜이다. Re-Active방식은 데이터를 전송하고자 하는 필요시에만 라우팅 경로 획득 절차를 수행하고 주기적인 라우팅 정보 교환과 이동시 변경된 라우팅 정보를 교환할 필요가 없으므로 라우팅 패킷의 Overhead를 줄이는 장점이 있다. 그러나 데이터 패킷의 전송 시 경로 획득 절차 후에 획득된 경로로 데이터를 전송하기 때문에 경로 획득 시간이 길어져 실시간 통신에 부적합한 단점도 가지고 있다. Re-Active방식은 현재까지 연구된 Ad-Hoc 라우팅 방식 중에서 노드가 빈번하게 이동하는 MANET(Mobile Ad-Hoc Network)에는 가장 적합한 방식으로 평가받고 있다.

Hybrid 방식은 Pro-Active방식과 Re-Active방식의 장점을 혼합한 방식으로 ZRP(Zone Routing Protocol)이 있다. 각 노드는 미리 정해진 홉(hop) 수 범위의 Routing Zone를 유지하여 Routing Zone 내부에서는 Table-driven방식을 사용하고 Routing Zone 외부영역에 위치한 노드들의 데이터 패킷 전송을 위한 경로설정은 On-demand방식을 사용하는 방식이다. 이밖에도 라우팅 경로 설정의 성능 향상을 위해서 GPS(Global Position System)를 이용해 목적지가 위치한 방향으로 최적화된 경로를 선택하는 LAR(Location-Aided Routing)과 Geo-back(Geographical Back-off),DREAM(Distance Routing Effect Algorithm for Mobility)방식이 있다

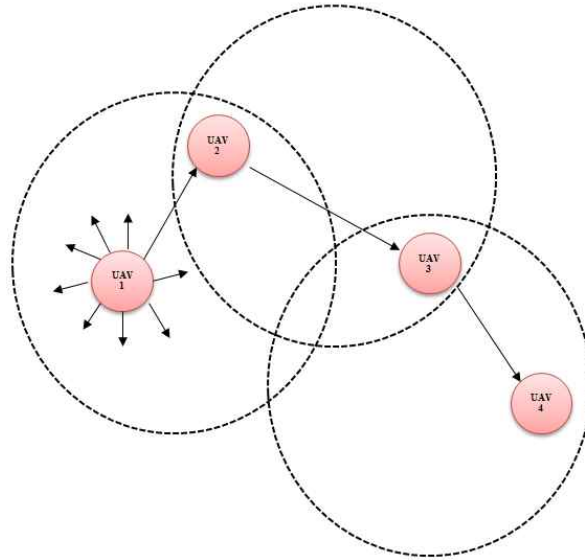
[7].그리고 Energy가 제한되는 Ad-Hoc 무선 환경 특성상 노드의 잔여 배터리 량으로 라우팅 경로를 설정하는 PAR(Power-Aware Routing), QOS(Quality of Service)를 보장하기 위해 링크의 대역폭을 바탕으로 경로를 설정하는 CEDAR(Core Extraction Distributed Ad-Hoc Routing), 그룹 이동성을 가지는 환경에서 라우팅 업데이트 주기를 변경하는 알고리즘 등 수많은 라우팅 프로토콜이 제안되었다.

### 3. Flooding 및 Clustering Hierarchy 라우팅 방식 및 시뮬레이션 분석

#### 3.1 Flooding 및 Clustering Hierarchy 라우팅 방식

UAV 전술이동네트워크에 먼저 일반적인 플러딩(Flooding) 라우팅 방식을 적용해 보고 그 유효성을 분석해본다. UAV 전술이동네트워크 Ad-Hoc망에서 플러딩(Flooding) 라우팅 방식은 기본적으로 각 UAV 노드가 자신을 중심으로 하여 도착 가능한 모든 UAV 노드들의 라우팅 정보를 라우팅 테이블에 항상 저장하고 유지하는 방식이다. 따라서 모든 UAV 노드들은 주기적으로 라우팅 정보를 다른 UAV 노드들에게 전달하고 라우팅 경로의 변경시에는 자신의 라우팅 정보를 브로드캐스팅(broadcasting)하여 이웃의 다른 UAV 노드들에게 라우팅 테이블의 갱신을 유도한다. 플러딩(Flooding) 라우팅 방식은 현존하는 가장 간단한 형태의 라우팅 프로토콜로서 특별한 경로 없이 네트워크에 있는 모든 노드가 패킷을 포워딩한다. 소스 노드는 먼저 생성된 패킷을 주변 노드들에게 브로드캐스트 형태로 전송하고 패킷을 받은 노드는 다시 브로드캐스트 형태로 자신의 이웃노드에게 그 패킷을 전달하여 전체 노드들에게 퍼져나가는 방식이다. 하지만 패킷을 계속해서 무작정 전달만 하다 보면 같은 패킷을 다시 전송하는 문제가 발생할 수 있는 단점이 있다. 즉, 패킷 전송의 무한 루프가 생성되어 필요 이상의 데이터가 네트워크에서 끊임없이 전달되는 문제가 발생한다. 따라서 플러딩(Flooding) 라우팅 방식은 이러한 패킷의 무한 루프를 방지하기 위하여 데이터 패킷마다 특정 시퀀스(sequence) 번호를 부여하고 한번 받은 데이터 패킷은 두 번 다시 전송하지 않도록 설계한다. (그림3.1)은 UAV 전술이동네트워크에서의 플러딩(Flooding) 라우팅 방식에 따른 멀티 홉 통신을 나타내었다. 이 방식은 많은 노드들이 전송에 참가함으로써 데이터 충돌 확률이 크게 증가하며 많은 전력 소모로 인하여 네트워크 사이클이 짧아진다. 그리고 여러 노드가 전송한 데이터 패킷이 목적지 노드로 집중되면서 목적지 노드의 병목현상이 발생할

수 있으며 데이터패킷은 브로드캐스트 형식으로 전파됨으로 한 노드에 같은 패킷을 두 번 이상 수신할 수 있는 Overlap 현상이 나타날 수 있다.



(그림3.1) UAV 전술이동네트워크에서의 플러딩(Flooding) 라우팅 방식

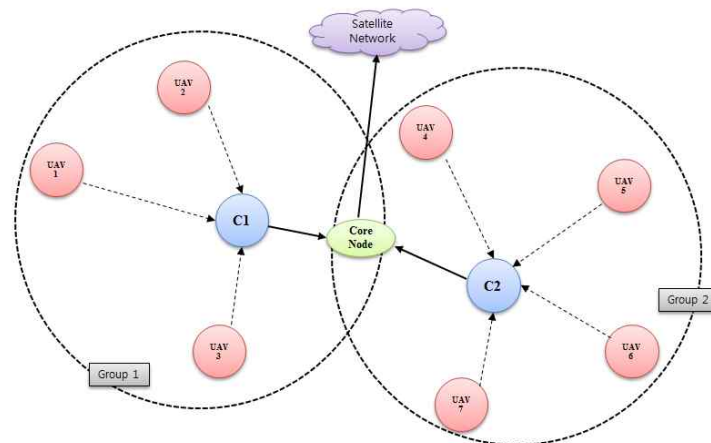
위의 UAV 전술이동네트워크에서의 플러딩(Flooding) 라우팅 방식의 문제점을 해결하기 위하여 클러스터 기반 구조 라우팅 프로토콜(Clustering Hierarchy Routing Protocol)을 제안하고 적용하여 마찬가지로 유효성을 분석한다. 클러스터 기반 구조 라우팅 프로토콜은 인접한 UAV 노드들끼리 그룹을 형성하여 그룹을 대표할 Coordinator(대표자)를 선출한다. 다음 표3.1은 일반적인 Ad-Hoc망과 전술 Ad-Hoc망 차이점을 나타내었다.

		Common Ad-Hoc	Tactical Ad-Hoc
Purpose		- Create profits - Profitability	- Tactical communication - Survivability
Design goal		- Performance Enhancement - Network throughput	- Network connectivity - Reliability - Real time information
Network Environments & Characteristics	Mobility	- Low speed	- High speed
	Data type	- Sensing Data	- Multimedia Data
	Node type	- static & mobile node	- mobile node
	Energy	- Limited energy	- Can be recharged

(표3.1) 일반적인 Ad-Hoc망과 전술 Ad-Hoc망 차이점

하나의 그룹에 속한 다른 노드들은 UAV가 측정한 군사 정보 데이터를 오직 Coordinator에게만 전송하고 Coordinator는 그 데이터를 코어 노드(Core Node)에게 바로 전송함으로써 데이터 패킷 전송에 참여하는 UAV 노드 숫자를 효과적으로 줄일 수 있는 방법이다. 또한 데이터 패킷의 브로드캐스팅에 의한 동작이 없으므로 망의 오버헤드가 줄고 효율이 높아진다. UAV 전술이동네트워크에서 코어 노드(Core Node)는 위성망과 항상 연결되어 작전 통제소로 데이터 패킷을 실시간 전송한다. 일반적인 Ad-Hoc망과 전술 Ad-Hoc망 차이점 중에서 전술 Ad-Hoc망은 일반적인 Ad-Hoc망과 달리 에너지 소모를 고려하지 않는다. 전술 환경의 특성상 통신 장치는 길어야 단지 작전상 수일 정도만 사용하거나 노드 이동성으로 인해 언제든지 에너지원을 교체할 수 있다. 또한, 코어 노드(Core Node)는 H/W와 S/W가 강화된 UAV를 운용함으로써 위성망과의 연동이 가능하게 설계될 수 있다.

다음의 그림3.2는 UAV 전술이동네트워크에서의 클러스터 기반 구조 라우팅 프로토콜(Clustering Hierarchy Routing Protocol)의 개념도이다.



(그림3.2) UAV 전술이동네트워크에서의 클러스터 기반 구조 라우팅 프로토콜  
(Clustering Hierarchy Routing Protocol)

먼저 UAV 1,2,3,C1는 그들끼리 하나의 그룹을 형성하고 C1을 Coordinator로 선택한다. 마찬가지로 UAV 4,5,6,7,C2는 또 다른 하나의 그룹을 형성하고 C2를 Coordinator로 선택한다. 일반적인 UAV 노드들은 자신이 수집하고 센싱한 정보들을 자신의 Coordinator인 C1,C2로 전송한다. 그리고 C1,C2는 위성망과 연동된 코어 노드(Core Node)에 전달한다. 혹시 UAV의 그룹에서 Coordinator로 선택된 UAV는 다른 일반적인 노드들에 비해서 많은 통신을 할 수도 있으므로 먼저 전력이 소모될

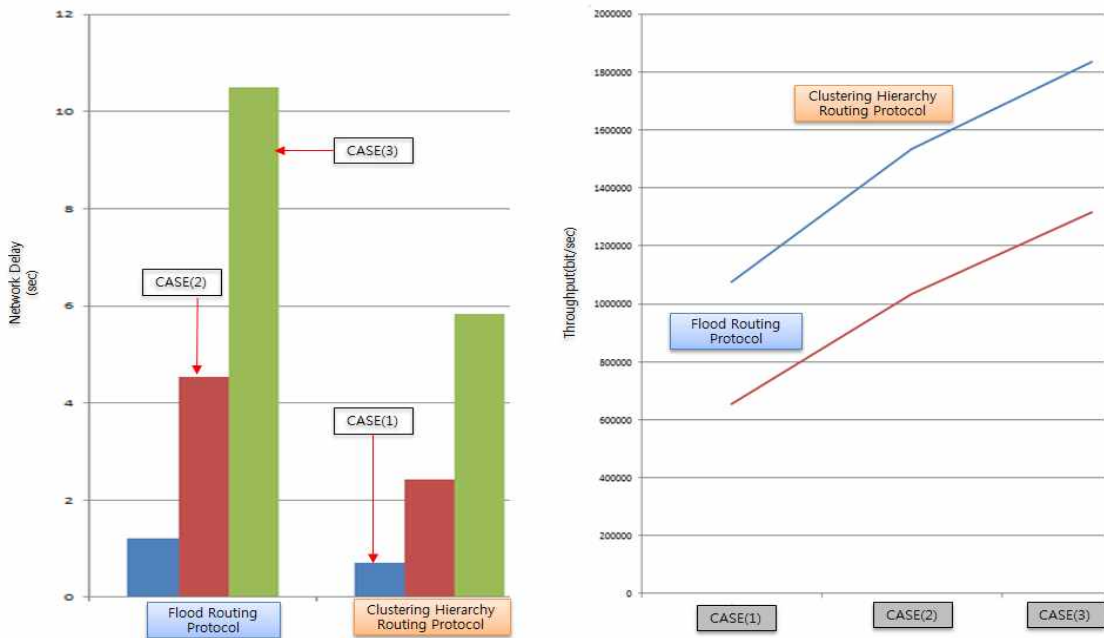


수 있다. 따라서 이런 상황을 보완하기 위하여 전체 네트워크에 균등한 에너지 소모를 달성하기 위하여 주기적으로 Coordinator를 재선출하는 하는 알고리즘을 적용한다. 각 UAV 노드들의 남은 에너지 잔량과 Coordinator로 일하지 않은 시간을 근거로 선출하는 매커니즘을 가진다.

### 3.2 시뮬레이션 및 성능 분석

UAV 전술이동네트워크의 기본적으로 통신 거리 확장을 위하여 멀티홉 통신을 필요로 한다. UAV 전술이동네트워크에서 무선 전송의 도달거리는 제한적이기 때문에 센싱을 통해 획득한 정보를 전송하기 위해서 소스노드와 목적지 노드간 직접적인 통신을 할 수 없음으로 이를 해결하기 위하여 중간에 UAV 노드를 경유하여 멀티홉 방식으로 통신하게 된다. 그러나 멀티 홉 통신은 통신 범위를 확장하는 순기능적인 측면이 있으나 네트워크의 망 효율을 저하시키는 일이 발생한다. UAV 전술이동네트워크에서 라우팅 프로토콜을 시뮬레이션 및 성능 분석을 위해 다음과 같이 설정하여 프로세스를 진행한다. TICN 환경에서 UAV 노드수는 200개(50Km×50Km), UAV 이동성은 8~20m/s, Data rate는 1Mbps, 브로드캐스팅 메시지는 매 1초마다 발생한다. 그리고 클러스터 구성을 위해서 그룹은 10~40개로 한정하여 시뮬레이션을 수행한다. Case(1)는 클러스터 기반 구조를 위해서 그룹을 10개, Case(2)는 20개, Case(3)는 40개로 하여 전체 Flooding과 비교한다.

Topology	Parameters	Flooding Routing Protocol	Clustering Hierarchy Routing Protocol
Case(1)	Delay(sec)	1.2063	0.7063
	Routing Overhead(bit/sec)	9251.476	3516.332
	Throughput(bit/sec)	653212	1075232
Case(2)	Delay(sec)	4.5339	2.4317
	Routing Overhead(bit/sec)	10451.566	5432.769
	Throughput(bit/sec)	1032518	1534522
Case(3)	Delay(sec)	10.4871	5.8274
	Routing Overhead(bit/sec)	15482.469	9612.521
	Throughput(bit/sec)	1314369	1835317



(그림 3.3) UAV 전술이동네트워크 라우팅 프로토콜 시뮬레이션 결과

Flooding 라우팅 프로토콜에 비해서 전체적으로 클러스트 기반 구조 라우팅 프로토콜이 지연시간, 라우팅 오버헤드 및 망 처리율에서 다소 우수하다. Flooding 방식은 망 전체에 대해서 획득한 정보를 주기적으로 이웃 UAV에게 브로드캐스팅 하여야 함으로 획득 정보를 전술 통제소에 전송하기 까지 지연시간이 다소 많이 걸리고 각각의 UAV 노드에서의 데이터 패킷의 오버헤드가 커진다. 상대적으로 클러스트 기반 구조 라우팅 프로토콜은 각각의 UAV가 1 Hop 거리에 있으며 Coordinator가 위성망과 연동되어져 있음으로 망 처리율 및 지연시간이 감소한다. 여기서 그룹내에서의 Coordinator는 확률적으로 랜덤하게 선택되어지지 않고 고정된 것으로 시뮬레이션 하였다. 또한, 망 토폴로지에서 UAV의 개수가 점차 증가함에 따라 지연시간, 라우팅 오버헤드 및 망 효율 등 각 파라메타가 증가함을 보인다.

#### 4. 결론

현대전에서 전술 이동통신 체계(TMCS)의 환경하에서는 현재 무인 항공기가 많이 개발되고 활용되고 있는 바 항공데이터링크 상에서 취득한 데이터를 다수의 무인항

공기간 멀티 홉(Multi hop) 통신을 통하여 전송할 수 있는 방안이 필요하게 된다. 지상 환경이나 공중 환경에서 전술 이동 네트워크는 각 노드들이 자유롭게 이동할 수 있으며 노드들간의 통신이 가능하고 망 구조가 잡은 변화를 수반하는 Ad-hoc 방식을 가진다. 전술 이동 네트워크는 스스로 망 토폴로지를 변경함으로써 UAV노드들이 이동하면서도 네트워크 연결성을 유지해야 하며 항공기의 경우 노드들의 이동 속도가 지상의 노드들의 이동속도에 비해 현저히 빠르다는 특징이 있다. 또한, 데이터 통신 거리를 확장시키고 보다 안정적으로 전송하기 위하여 데이터 패킷의 라우팅 방안이 중요하게 대두된다. 따라서 일반적으로 기존 유선 인터넷망에서 적용되고 지상의 전술 이동통신 체계(TMCS)에서 적용되고 있는 플러딩(flooding)방식의 라우팅 방법과 UAV간 그룹화하여 계층구조를 기반으로 하는 클러스팅 구조 기반 라우팅 기법을 제안하고 시뮬레이션함으로써 무인항공기간 적용되는 UAV 전술 이동 통신에 적용 가능 효율성을 비교하고 검증한다. 결과적으로 Flooding 라우팅 프로토콜에 비해서 전체적으로 클러스트 기반 구조 라우팅 프로토콜이 지연시간, 라우팅 오버헤드 및 망 처리율에서 다소 우수하다. Flooding 방식은 망 전체에 대해서 획득한 정보를 주기적으로 이웃 UAV에게 브로드캐스팅 하여야 함으로 획득 정보를 전술 통제소에 전송하기 까지 지연시간이 다소 많이 걸리고 각각의 UAV 노드에서의 데이터 패킷의 오버헤드가 커진다. 상대적으로 클러스트 기반 구조 라우팅 프로토콜은 각각의 UAV가 1 Hop 거리에 있으며 Coordinator가 위성망과 연동되어져 있음으로 망 처리율 및 지연시간이 감소한다. 여기서 그룹내에서의 Coordinator는 확률적으로 랜덤하게 선택되어지지 않고 고정된 것으로 시뮬레이션 하였다. 또한, 망 토폴로지에서 UAV의 개수가 점차 증가함에 따라 지연시간, 라우팅 오버헤드 및 망 효율 등 각 파라메타가 증가함을 보인다. 향후 연구로는 에너지 균등 소비 측면에서 클러스트 기반 구조의 Coordinator를 확률적으로 균등하게 선정하는 알고리즘 연구가 필요하며 GPS 활용한 해석 방안이 검토되어야 한다.

## 5. 참고문헌

1. 신재욱, 권혜연, 남상우, 임선애, "이동 Ad-Hoc 네트워크 실현을 위한 무선 접속 기술", Telecom Review, 제12권 3호, 2002, pp322~335.
2. H.J Son "Research of MANET Protocol usage in the Tactical Information Communication Network" M.S Thesis Korea Defense University, Dec 2008.
3. Y.Zeng and T.J.Lim, "Wireless communications with unmanned aerial vehicle : opportunities and challenges" IEEE Comm pp36-42 May 2016
4. I.Berkmezei and S.Temei "Flying ad-hoc networks(FANETS): a survey" Ad-Hoc Net. pp1254-1270, Jun. 2014
5. T.D.Ho and J. Park "QoS Constraint with prioritized frame selections CDMA MAC protocol for WSN employing UAV" IEEE GC, Dec 2010.
6. A.I.Alsbata and L.Dong "Adaptive MAC protocol for uav communication networks using directional antennas" Proc IEEE ICNSC 2010.
7. H.Jang, H.Noh and J.Kim " Airborne TDMA for high throughput and fast weather conditions notifications" Net Comm. pp206-220, May 2011.
8. NASA, NASA CNPC System Waveform Trade Studies, NASA/CR-2116673, 2014