

전술통신 네트워크와 QoS 기술

김 종 철*, **, 정 중 관*, 노 병 희*(*아주대학교 대학원 NCW학과, **합동참모본부)

I. 서론

현대 전쟁의 양상은 대량 소모전을 지양하고 효과적으로 적에 대해 우위를 확보하여 전쟁의 목표를 달성하는 것을 지상 과제로 삼고 있다. 따라서 물리적 무기체계의 증강 없이도 효과적으로 전쟁을 수행할 수 있는 방법을 중요시하게 되었다. 이렇게 탄생한 개념이 네트워크 중심전(NCW, Network Centric Warfare)이다. 네트워크 중심전은 전쟁의 주체가 되는 부대가 네트워크로 무장하는 것을 전제로 한다. '네트워크 중심전'이라는 전쟁수행 개념을 탄생시킨 미국은 재빨리 자국의 군대를 네트워크화하기 위한 작업을 진행 중에 있는데 그 기반체제로 개발하고 있는 것이 바로 범세계 정보 격자망(GIG, Global Information Grid)이다. 이를 통해 기반 체계뿐만 아니라 하부 또는 세부 체계에 대한 표준과 지침을 제공하는 역할도 수행한다.

전술통신 네트워크도 바로 GIG의 표준과 지침을 따른다. 그러나 전술통신 네트워크는 열악한 전술통신 환경과 이동간 지휘통제, 상호 운용성 보장, 보안성/신뢰성 제공 등 기술적으

로 많은 도전에 직면해 있다. 최근에는 전술통신 네트워크의 제한된 대역폭과 열악한 운용환경을 개선하기 위해 QoS에 대한 관심이 확대되고 있고 새로운 연구 분야로 부상하고 있다.

본고에서는 위에서 언급한 범세계 정보 격자망, 전술통신 네트워크에 대한 소개와 기술 방향에 대해 간단히 논하고 군사 분야에서 특히 전술통신 네트워크에서 새롭게 주목 받고 있는 QoS기술동향과 연구방향에 대해 상세히 소개하고자 한다.

II. 전술통신 네트워크

1. 네트워크 중심전의 등장과 변화

네트워크 중심전(NCW)이라는 용어는 1998년 미 해군의 세브로스키 제독(Admiral Arthur K. Cebrowski)이 처음으로 사용하였고 이론적 배경을 제시하였다.¹⁾ 기본 개념은 네트워크 위주로 무장한 부대는 공유인식, 지휘 통제 속도, 작전운용 속도, 치명도 및 생존성이 증가하고 전투지원이 용이하며 상하 부대

간 효과적인 동조가 이루어짐으로써 물리적 무기체계의 증가 없이도 전투력을 상당히 증가시킬 수 있다는 것이다.¹²⁾ 기본 개념을 구현하기 위한 핵심은 정보(Information)이며 적에 대한 정보우위(Information Superiority)와 이를 기반으로 결심우위(Decision Superiority)를 달성함으로써 적을 완전히 제압하는 것이 네트워크 중심전의 기본 철학이다.

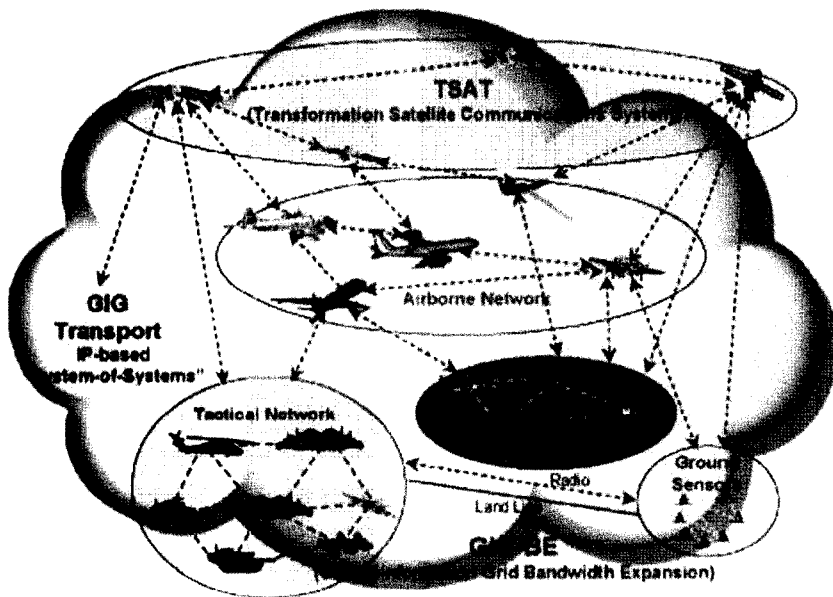
네트워크 중심전이라는 전쟁수행 개념의 등장은 대량 소모전 양상의 전쟁을 지양할 수밖에 없는 현대전의 여건과 정보통신 기술의 발전이 그 밑거름이 되었다. 군사 분야에 있어서, 누구나 언제 어디서든지 원하는 전장 정보를 요구하는 시간내에 송수신이 가능한 NCW를 지원하는 전술통신 네트워크를 구축하려는 노력이 전세계적으로 치열하게 진행되고 있다. 그러나 전장이라는 운용 환경, 네트워크 신뢰성 및 생존성 등에 대한 강한 요구 등으로

인해 상용 기술을 곧바로 접목하기에는 제한이 많고 새로운 기술적 도전이 과제로 등장하고 있다.

2. 범세계 정보 격자망 (Global Information Grid)

GIG는 미 국방부가 1999년에 비전을 제시하고 2002년에 구체적인 지침을 발표한 군사 정보 네트워크 구축 프로젝트로서, 전투원, 정책결정자, 지원조직과 인원에 의해 요구된 정보를 수집, 처리, 저장, 분배 및 관리할 수 있는 정보능력과 절차 및 인력으로 구성되며 end-to-end로 전 세계 어디서나 연결할 수 있는 체계를 말한다. 특히 NCW기반의 작전을 수행할 수 있는 기반 체계라고 할 수 있다.

GIG는 단순한 통신 네트워크를 의미하는 것은 아니다. 핵심 전사적 서비스(Core Enterprise



〈그림 1〉 GIG 네트워크 구조

〈표 1〉 GIG 네트워크의 주요 특성

특 성	내 용
All-IP기반	모든 전송 방식의 IP 기반 수렴
보안성	암호화 등의 투명성
신뢰성	통신 자원 절약
스마트 검색	필요 데이터 신속히 검색
맞춤형 데이터	사용자 요구 시간/형태로 데이터 제공
데이터 중심	어플리케이션 독립적 데이터 구축
어플리케이션 다변화	사용할 어플리케이션의 선택
동적 접속제어	사용자와 가용성에 따른 접속 제어
QoS	적시성, 정확성, 완전성

Services) 및 컴퓨팅 그리고 IP기반의 통신 전송 기반체계 등으로 구성되어 있는 복잡하고 종합적인 정보 유통 체계이다. <그림 1>은 네트워크와 관련한 GIG의 아키텍처를 보여준다.

그림 1과 같은 GIG 네트워크를 구성함에 있어 목표로 하고 있는 주요 특성은 아래 표 1과 같다.

처음 GIG를 계획할 때에는 전술통신 네트워크의 중요성이 크게 부각되지 않았다. 그러나 결국 정보를 수집하고 이를 활용하는 대부분의 사용자는 전술통신 네트워크에 연결되어 있고 그 환경이 열악하기 때문에 이에 대한 관심이 증폭되었고 Tactical Edge Network (GIG의 일부로서 전술통신 네트워크)로 명명하면서 그 중요성이 더욱 부각되고 있다.

군사적 의미에서 '전술(tactic)'이란 '전역(campaign)', '작전(operation)'과 구분되는 개념으로 이보다 적은 규모 또는 지역에서의 군사적 충돌을 의미한다. 특히 '전술통신'의 범주는 그 대상으로 사단 또는 그 이하 부대를, 지원해야 할 지역을 기준으로 120×120Km 이내 공간에서의 통신을 말한다.¹³⁾ 해군 및 공

군의 기준은 좀 상이할 수 있으나 규모의 차원으로 본다면 대체로 의미는 상통한다.

이런 분류에 의해 미군의 전술통신 네트워크를 나열하면 합동작전 차원에서는 JTRS (Joint Tactical Radio System), 육군은 WIN-T (Warfighter Information Network-Tactical), 해군은 Tactical Data Network, 공군은 Airborne Network로 제시할 수 있고 현재 활발히 연구 중이며 구축 중에 있다. 이들을 GIG 관점에서 보면 Tactical Edge Network라고 할 수 있다.

3. 미 육군 전술통신 네트워크 WIN-T

전술통신 네트워크 구현을 선도하고 있는 것이 미 육군의 WIN-T(Warfighter Information Network-Tactical)이다. WIN-T는 이동 간 지휘 통제와 초고속/대용량 통신을 보장할 수 있고 지상부대 전투원간의 통신을 제공하며 GIG와 연동을 제공하기 위해 1999년부터 개발을 시작하여 2008년도에 야전 부대에 첫 배치하는 것을 목표로 하고 있는 전술통신 백본 네트워크이다. 미군은 1980년도부터 전술통신 체계로 TRI-TAC/MSE (Tri-Services Tactical Communication / Mobile Subscriber Equipment) 체계를 사용 중에 있었다. 지휘통제통신 분야에서 모듈화된 부대의 작전속도를 기존의 MSE 체계로 지원하기 어렵다는 문제점과 한계를 식별하고 1998년 최초 작전요구성능을 확정하고 획득 전략을 수립하여 WIN-T라는 프로젝트명으로 개발 사업이 시작하였으며 2002년도 General Dynamics C4 Systems Corporation와 BAE Systems, Lockheed Martin Mission Systems와 Cisco, Harris의 2개의 컨소시엄으로 개발 계약이 체결되었다. 동년도에

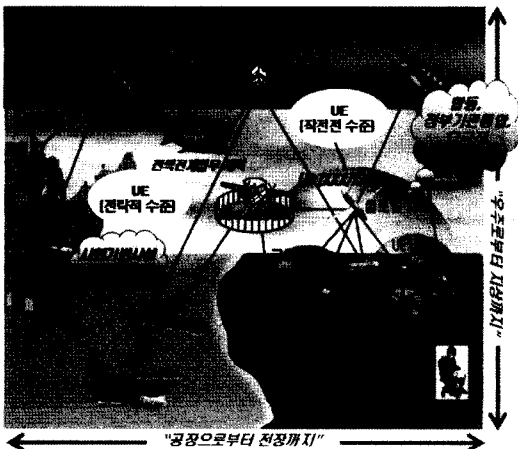
수정된 요구성능이 승인되었고 2008년도 처음으로 야전에 배치하여 전력화하고 이후 진화적 방법론으로 목표 체계로 계속 개발이 추진되고 있다.

WIN-T는 미 육군 Vision 2020 구현의 일환으로 진행되고 있고 통합된 미래 전술통신 네트워크 역할을 수행하는 것을 목표로 하고 있다. 합동작전 뿐만 아니라 타 정부기관간의 통합, 다국적 작전을 위한 상호운용성도 고려하고 있다. 미래 미 육군은 모듈화된 부대 구조를 목표로 하고 있다. 언제든지 세계 어디든 전력을 융통성 있고 적응성 있게 투사하기 위해 평소에 고정된 지휘구조를 버리고 전략적, 작전적 수준의 지휘통제부대(Unit of Employment)와 전투부대(Unit of Action)를 별도로 유지하여 분쟁 시 필요한 부대를 모듈식으로 운용하여 신속히 분쟁 지역으로 전력을 투사한다는 개념이다. 따라서 WIN-T는 GIG의 Tactical Edge Network 이면서 그 자체로도 합동작전, 정부기관 임무 통합, 다국적 작전 지원 등의 상호운용성을 보장하여야 하며 위성, UAV 등을 활용한 우주/항공 통신으로부터 지상 통신까지 다양

한 다계층 통신 지원을 보장하도록 하고 있다. 이와 같은 운용개념을 그림 2에 표현하였다.

WIN-T의 운용개념 목표를 좀 더 구체적으로 살펴보면 첫째, 미 육군이 궁극적으로 지향하고 있는 통합목표군에 부합하는 즉, 공격작전에 최적화되어 있고 충분한 통달 거리를 가진 통신 네트워크로서 표준과 프로토콜을 제공하여야 한다. 둘째, 합동, 동맹/연합, 범세계 상업망 등과 상호 운용이 가능하여야 한다. 셋째 확장성, 융통성, 임무/과업/목표에 따른 적응성을 보장하여야 하고 넷째 높은 성능의 신뢰성 있는 네트워크를 제공하여야 한다. 다섯째 지상, UAV, 위성 단말 등 다양한 다층 미디어를 제공하여야 하며 마지막으로 음성, 영상 및 데이터의 QoS 를 보장하여야 한다.

위와 같은 운용개념상의 목표를 달성하기 위해 일반적인 핵심성능요소(Key Performance Parameter)를 정의하고 있는데 앞서 설명한 바와 같이 WIN-T는 진화적 방법론으로 개발이 진행되고 있기 때문에 목표 성능을 기준으로 연도별 목표 성능을 제시하고 있고 그 내용을 정리하면 <표 2>와 같다.



<그림 2> WIN-T 운용 개념도

<표 2> 미 육군 WIN-T 핵심 성능요소

성능요소	Block1	Block2	Block3	최종목표
	~2008	~2012	~2014	
상호운용성	핵심 정보교환			모든 정보교환
이동간 네트워크신뢰성	90%	93%	95%	97%
네트워크 관리	책임지역내 관리		책임지역 외 포함 관리	
정보전파	≤ 5 sec	< 2 sec		< 0.5 sec
정보보장	95%	98%		99%
이동간 지원 대역폭	256 Kbps /25 mph	512 Kbps /35 mph	1.54 Mbps /40 mph	4 Mbps /45 mph

4. 유럽의 전술통신 네트워크

전술통신 네트워크는 군사용이기 때문에 이와 관련된 자료를 확보하기가 쉽지 않다. 현재 일반에 공개된 수준에서 연구해 볼만한 국가의 전술통신 네트워크는 프랑스의 RITA 2000과 유럽 NATO군에서 추진하고 있는 TCD-2000 정도가 되겠다.

RITA(Reseau Integrede Transmission Automatis)는 1980년도 중반부터 프랑스 육군에 의해 사용되고 있는 전술통신체계인데 ATM에서 패킷 방식을 적용하고 2000년도에 전력화된 RITA-2000이 최초의 전술통신 네트워크라고 할 수 있다.

1990년대의 ATM 기반으로 개발된 RITA-2000은 프랑스 육군이 지향하는 미래 청사진을 구현할 수 없다고 판단하여 2006년부터 2010년 전력화를 목표로 Post RITA-2000 프로젝트를 진행하고 있다. All-IP 기반, 이동 지휘통제 지원, 개별 병사까지의 보안과 인증 시스템, 음성, 이메일, 웹, 파일전송, 화상회의 등 다양한 어플리케이션 지원, QoS 지원 등 그 특성은 WIN-T와 크게 다르지 않다. 단지 WIN-T가 백본 네트워크로서의 역할을 담당하고, 개별 병사 및 장비 등의 통신수단 즉 전투무선망인 JTRS에 의해 제공하도록 하는 미국과는 달리, RITA-2000에서는 이 둘을 단일 체계내에서 공존하도록 두 가지 프로젝트가 동시에 진행되고 있다.

NATO군은 다국적의 동맹군으로 구성되면서 단일 지휘체계를 요구하는 특수한 구성을 가지기 때문에 각국의 기존 무기체계 또는 통신체계를 유지하면서 참여국간의 상호운용성을 위한 표준과 지침을 제공할 수 있는 아키텍

처를 제공하는 것을 목표로 하고 있다. 1990년대 초반부터 이러한 필요성에 의해 전술통신 체계의 상호운용성 보장을 위한 프로젝트 그룹을 재정하여 연구를 진행중에 있고 현재 진행되고 있는 프로젝트명이 TACOMS(Tactical Communications) Post-2000이다. 구체적인 요구를 식별하는 것은 제한이 되나 TACOMS Post-2000은 주로 상호운용성과 QoS를 보장하기 위해 일반적인 전술통신 네트워크에 요구되는 All-IP 기반, 우선순위 기반의 정보 보장 등에 대한 표준과 지침 개발에 중점을 두고 있다.

5. 한국군 전술통신 네트워크 구축과 방향

한국군은 기존의 SPIDER 체계를 개선한 전술종합정보통신체계 (Tactical Information Communication Network, TICN)를 2012년을 목표로 전술통신 네트워크 구축사업을 진행중에 있다. TICN도 지금까지 살펴본 각국의 일반적인 전술통신 네트워크 특성과 기술방향을 지향하고 있다.

그러나 한국군의 경우 다른 나라와 전술통신 네트워크 구축에 있어 좀 다른 환경을 가지고 있다. 이렇게 상이한 환경을 장단점으로 구분하여 요구되는 기술적 고려요소를 제시하면 <표 3>과 같다. 연합작전을 수행해야 하는 환경에서 연합군의 다양한 전술통신 네트워크 구축 개념과 기술을 공유할 수 있다는 차원에서는 장점일 수 있으나 항상 연합군과 공유할 수 있도록 인터페이스를 구축해야 하는 차원에서는 단점일 수도 있다.

〈표 3〉 한국군 전술통신 네트워크 구축환경과 기술적 고려요소

구분	구축환경	기술적 고려요소
장점	IT 인프라 풍부	- 상용기술 활용 - 상용망과 상호운용성 유지
	한반도로 작전영역 제한	- 고정 통신망/시설 - 상용 기반체계 활용
단점	연합작전 소요	- 동맹군 표준 지침 - 통합 네트워크 인터페이스
	산악위주 지형	- 위성통신, 공중 네트워크 - Mesh 네트워크 - MANET - QoS 등

〈표 4〉 군사적 특성으로 인한 상용 QoS 구현 제한사항

주요 성능요구	내용
실시간 서비스	- 우선순위/선점 적용 제한 - 대역폭의 동적 변화에 따른 적응성 있는 QoS 제한
보안성 확보	- 비화-비비화 간 장벽 통과에 따른 지속적인 QoS 보장 제한
중요임무 처리	- 어플리케이션이 아닌 임무의 우선순위에 따른 처리 제한
IP기반 수렴	- 자원 경쟁 심화 - 우선순위 분류 복잡

III. 전술통신 네트워크를 위한 QoS 기술

1. 임무중심 QoS의 필요성

전술통신 네트워크 구축을 위해서는 상용 통신망에서는 대체로 요구되지 않는 일반적이지 않은 요구와 지형, 기상, 적의 위협 등 전술통신 환경을 열악하게 만드는 요소들로 인해 안정적인 전술통신 네트워크 구축 기술을 발전시키는 것이 많은 제한을 받고 있다. 이런 제한 요인들을 Sherry Wang 등은 네트워크 구축 차원에서 아래와 같이 정리하였다⁶⁾.

- 노드의 잦은 이동
- 네트워크 토폴로지의 동적 변화
- 페이딩 효과
- 대역폭의 변화
- 비표준 네트워크 프로토콜 사용
- 플랫폼 취약 (크기, 무게, 전력 문제 등)

전술통신 네트워크는 이러한 열악한 전술통신 환경과 일반적이지 않은 요구로 인해 대역폭 사용에 있어 많은 제한을 받게 된다. 열악

한 전술통신 환경에서 제한된 대역폭을 효율적이고 효과적으로 사용할 수 있도록 하는 QoS 기술의 접목은 군사용 통신 운용에 큰 도움이 된다. 그러나 현재 상용에서 적용하고 있는 QoS 기술은 군사적 활용을 위한 운용 요구에 적합하지 않고 특히 전술통신 네트워크 운용 환경에서 적절히 지원하기 위해서는 기술적 도전이 많다. <표 4>에는 군사적 특성에 의하여 상용 QoS 기술의 적용이 제한되는 사항을 정리하여 나타내었다.

미군의 경우 군사용 QoS에 대한 방향과 지침을 제공하는 역할을 수행하는 문서가 NCID (Net-Centric Implementation Documentation) QoS T300인데 현재 version 3까지 갱신되어 발간되었으나 아쉽게도 이 문서는 일반에 공개되지 않아 QoS에 대한 군사 요구를 정확하게 알 수는 없지만 다양한 연구 논문들로부터 유추해 보면, 다음의 2가지 요구사항을 배경으로 하고 있음을 알 수 있다. 첫째, 성능기반, 어플리케이션 기반의 최소 성능을 정의한다. 즉 데이터, 영상, 음성, 이미지별 소통율, 지연, 지터 등에 대한 최소 사양을 제시한다. 둘째,

군사적 운용 특수성에 의해 발생하는 우선순위에 대한 요구이다. 구체적인 요구는 아직 제시되지 않았고 단지 우선순위 기반의 서비스 보장 (Precedence-Based Assured Service) 방식을 제시하고 있다. GIG QoS에 대한 관리와 주도는 현재 미 국방 정보체계청(DISA, Defense Information Systems Agency)에서 수행하고 있다.

2. Precedence-Based Assured Service (PBAS)

상용 QoS 기술은 end-to-end QoS 보장을 위한 성능향상에 초점이 맞추어져 왔다. 즉 특정 어플리케이션에 대해 전송율, 손실, 지연, 지터 등의 성능을 보장해 주는 것이 QoS의 목적이었다. 전술한 바와같이, 군 전술 통신환경에서는 이러한 일반적인 QoS 요구 사항외에 임무의 우선순위에 따른 차별화된 QoS 보장이 이루어져야 한다. 특히, 긴급이나 전장상황에서는 후자의 요구조건이 더 필수적인 요소가 될 수 있다. 전술한 바와 같이, 미 국방성의 NCID QoS T300에서는 이러한 통신의 특성을 PBAS로 정의하고 있다. 즉 네트워크에 부하가 걸린 상황이면, 우선순위가 높은 트래픽이 우선순위가 낮은 클래스를 희생해서라도 QoS를 보장받는다라는 것을 의미한다.

회선교환망을 기반으로 하는 미군의 전술네트워크 환경에서의 PBAS는 Multi-Level Precedence and Preemption(MLPP)로 정의되어 적용되어 왔다. MLPP에서는 <표 5>와 같이 5개의 PL (Precedence Level)로 구분하여 우선 처리의 개념을 적용하고 있다⁶⁾. ROUTINE - PRIORITY - IMMEDIATE - FLASH -

FLASH OVERRIDE의 순으로 우선순위가 높아진다. DoD에서는 여기에 FLASH OVERRIDE를 추가하여 규정하고 있다. MLPP는 회선교환망을 기반으로 하고 있으므로, PL은 회선을 사용하는 사람에게 지정된다. 사용자들은 PL에 부여된 권한에 맞게 메시지 세션을 맺어 통신을 수행한다.

GIG에서는 회선교환체계를 All-IP기반의 패킷교환체제로 전환하는 계획을 수립하여 전환 절차를 진행하여 오고 있는데, 이러한 패킷 교환망에서의 PBAS의 구현은 복잡한 문제로 인식되고 있다. 이는 패킷교환망이 데이터그램 방식과 자원공유방식을 기반으로 하고 있으므로, 회선교환망에서와 같은 차별화된 서비스를 제공하는데에 제한이 되고 있기 때

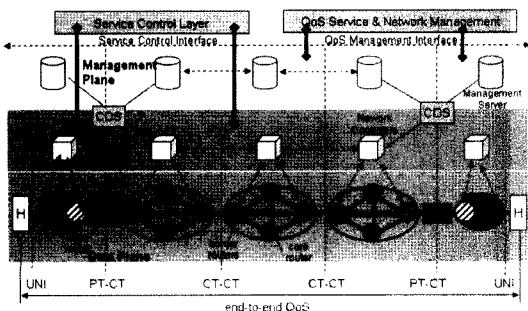
<표 5> MLPP에서의 우선순위 레벨

레벨	적용환경(예)
ROUTINE	- 우선적인 핸들링을 요구하지는 않지만 전 화수단에 의해 빠른 전송이 요구되는 공식적인 미군정부 통신에 적용되는 것
PRIORITY	- 필수적인 정보를 제공하기 위해 전화 콜을 위한 Precedence
IMMEDIATE	- 국가보안에 영향을 주는 상황 - 주둔지공격동안 재구성 - 국가보안에 필수적인 정보 - 전쟁위험을 제한하거나 줄이기 위한 외교 협상의 행동 - 국가존속에 필수적인 연방정부의 행동 - 항공기, 우주선, 미사일작전에 즉각적인 영향을 주는 중요한 정보
FLASH	- 방어와 공격에 필수적인 군 C2 (Command & Control) - 국가 존속에 필수적인 중대한 정보 - 전쟁(교전)을 제한 또는 중지시키는 중대한 외교적 협상
FLASH OVERRIDE	- 미 대통령, 국방장관, 합참의장 - defence가 선언된 상황에서 전투지휘관 - FLASH OVERRIDE는 다른 PL등에 의해 선점(Preemption)되지 않음

문이다. NCID T300 버전3에서는 IP기반의 패킷교환체계에서도 P&P(Precedence and Preemption)을 기반으로 하는 PBAS를 지원하는 것으로 지침만을 정하여 놓은 것으로 보고 되어 있다. 구체적인 방법론에 대하여는 다음 버전에서 제시될 가능성이 있어 보인다. 다음 절에서 이러한 PBAS를 패킷교환체계에서 적용하기 위하여 제시된 문헌들에서의 기본 개념을 정리하기로 한다.

3. GIG QoS 프레임워크

그림3은 PBAS를 제공하기 위한 GIG QoS 참조 프레임워크를 보여준다^[5]. QoS의 기능적 요소들과 이들간의 관계로 구성되며 ITU-T standard Y.1291을 기초로 하여 개발되었다. 일반 네트워크와 달리 미군 네트워크는 전달되는 정보의 암호화(encryption) 여부에 의해 두 부분으로 구분된다. PT(Plaintext Network) 구간은 비암호화된 데이터가 전송되며, CT(Ciphertext Network)구간에서는 암호화된 데이터의 전송이 이루어진다. 암호기능은 PT-CT를 연결하는 곳에서 암호화 디바이스인 CDS(Cross Domain Solution)가 담당한다.



〈그림 3〉 GIG QoS 참조 프레임워크

데이터 평면(Data Plane)에서는 DiffServ에 기반한 버퍼와 큐 관리정책을 사용한 QoS 메커니즘들이 적용된다. 혼잡회피를 위한 ECN(Explicit Congestion Notification), 스케줄링, 트래픽 구분, 트래픽 셰이핑, 패킷 마킹등의 QoS 메커니즘들이 적용된다. 제어 평면 (Control Plane)에서는 자원예약, QoS 라우팅, 수락제어를 위한 시그널링 메커니즘들이 적용된다. GIG 서비스클래스, 우선순위에벨의 정보가 이 평면에서 교환된다. RSVP와 같은 시그널링 메시지는 CT 구간에서 사용에 제한을 받게 되므로, PT-CT사이에 위치한 CDS 를 사용하여 중재하고 있다. 관리평면 (Management Plane)에서는 SLA 관리, 성능 모니터링, QoS 정책관리, 에러 처리를 수행한다. Service Control Layer(SCL)을 두어 호수락제어를 지원하고, 사용자 사이에서 전화, 비디오 요청등의 연결을 지원한다. 특히, 우선순위가 낮은 call에 대한 선점(preemption)을 수행한다.

현재까지 발전된 QoS 프레임워크 기술로는 군사적 요구를 완전히 충족할 수 없다. 그것은 군사용으로 적용할 때의 다양한 상황에 대한 대처와 복잡한 운용 요구에 그 원인이 있다. 이러한 이유로, 기존의 전술환경에서의 근본적인 요구와 환경에 합당한 QoS 아키텍처를 제시하려는 연구 노력이 지속적으로 이루어지고 있다. Richard C. Bernhardt 등은 MANET 프로토콜에서 크로스 레이어를 통한 QoS 적용에 대한 아키텍처 프레임틀을 제시하였고^[6] 군사 임무 우선순위를 고려하여 QoS 개념을 확장한 우선순위 기반의 통신 보장 아키텍처에 대해 Yong Xue 등이 제시한 것^[7]들이 대표적이라고 할수 있다. 이와같이, 군사적 특성을 반영한 QoS 아키텍처 프레임틀은 전술통신 네

트위크의 제한과 장애를 극복하고 군사적 요구를 적극적으로 반영하기 위해 점차 연구 영역이 확대되고 있는 추세이다.

4. PBAS 지원을 위한 QoS 기술들

PBAS는 다른 의미로 P&P(Precedence and Preemption)으로 정의된다. Precedence는 우선순위에 따른 처리에 대한 일반적인 요구이고, preemption은 임무의 중요도에 따른 메시지의 긴급한 선점 처리 요구를 의미한다. 이러한 요구를 반영하기 위하여 우선순위에 따른 요구를 반영하기 위하여는 DiffServ기술을, 중요도에 따른 메시지의 선점 처리를 위하여는 메시지나 플로우 단위의 시그널링 기술을 접목하는 것을 기반으로 하는 것이 핵심 전략으로 보여진다.

가. Differentiated Service (DiffServ)

QoS 보장을 위하여는 응용의 형태, 생성 트래픽, 정보의 특성 및 중요도, 그리고 기타 정책적인 요소에 의하여 클래스(class)를 구분하고, 클래스에 따른 차별화된 서비스를 제공할 필요가 있다. 차별화 기반의 QoS 제공을 위한 방법으로서 DiffServ(Differentiated Services)가 제안되었다. DiffServ는 상용 환경에서 요구되는 end-to-end QoS를 보장할 수 있을 뿐만 아니라, 군 전술 통신환경에서 요구되는 우선순위에 따른 차별화된 QoS를 보장 가능하므로, GIG에서는 회선교환망에서의 PBAS 전략을 IP 기반의 패킷망 구조에서도 지원하기 위하여 DiffServ를 사용하는 것을 기본으로 하고 있다.

DiffServ에서는 홉 단위에서의 PHB (Per Hop Behavior)를 위하여 패킷에 DSCP 필드를

〈표 6〉 GIG에서 제시한 DSCP 할당

Service	Class	DSCP	Example
CBR	EF	101111, 101110, 101101, 101011, 101001, 101000	Interactive voice
	VBR	AF41	100010
	AF42	100100	
	AF43	100110, 100000	
Multimedia	AF31	011010	Streaming multimedia and multicast
	AF32	011100	
	AF33	011110	
Mission Critical	AF11	001010	Long blocks of bulk data
	AF12	001100	
	AF13	001110	
Best effort	Default	000000, 001000, 010000, 011000	everything else
Control & Management	CS7	111000	Network control
	CS6	110000	Internetwork control

사용한다. GIG 자체가 다양한 네트워크와 서비스의 확장된 시스템이기 때문에 DiffServ 기반의 QoS에 대한 연구가 가장 활발하게 이루어지고 있다. 특히 군사 특성에 맞는 DSCP에 할당을 위한 가이드라인을 <표 6>과 같이 제시하고 있다⁶⁾.

전술통신 환경은 전장 환경과 무선 환경이라는 특수성 때문에 기존의 고정된 유선 환경보다는 훨씬 어려운 환경에서 QoS보장을 해야 하는 어려움이 있다. 이를 해결하기 위한 여러 가지 대안들이 제시되고 있다. 패킷 헤더에 상태 정보를 추가하고 이를 계속 갱신하여 적용함으로써 사전에 QoS수준을 정의하는 등의 관리요구가 필요 없고 DiffServ에서 가장 적합하게 적용할 수 있는 Dynamic Packet State(DPS) 방식이 다시 주목받고 있다. 하지

만 원래가 부족한 자원에 다시 상태 정보를 처리하기 위해 자원을 추가 할당해야 하는 오버헤드가 발생하는 문제를 해결하여야 한다. 또한, Adaptive Per Hop Behavior(A-PHB) 통해 네트워크의 상태에 따라 적응성 있게 변화가 가능한 PHB 정책 결정 알고리즘이 예전에 제시되었지만, 고정, 유선 환경에서는 불필요하여 주목을 받지 못하다가 전송통신 네트워크 QoS 보장에 기여할 수 있는 대안으로 다시 부각되고 있다.

나. 플로우 기반의 시그널링

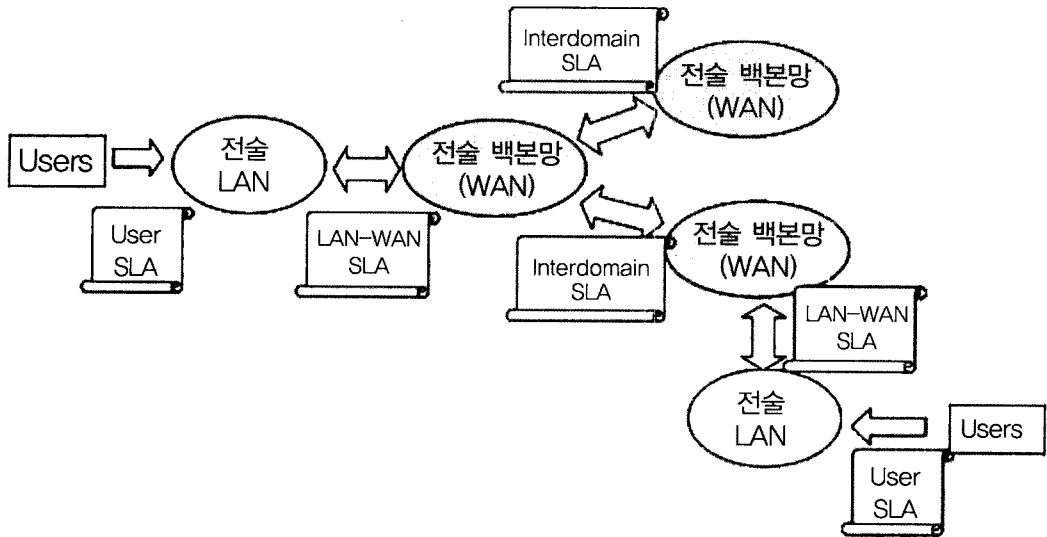
DiffServ는 어플리케이션에 대하여 우선순위에 따른 차별화된 QoS 보장 서비스를 제공할 수 있다. 그러나, 군작전의 특성상 전송 어플리케이션의 우선순위는 동적으로 변할 수 있고, 어플리케이션내의 메시지에 따라 우선순위가 달라질 수도 있다. 좀 더 구체적으로 살펴보면 일반적인 QoS 기술은 실시간 음성, 동영상 지원에 있어 해당 어플리케이션에 우선순위를 할당하는 등 어플리케이션별 QoS 충족을 목표로 하고 있다. 그러나 군사용으로 사용될 경우 지휘관은 음성통신, 화상회의보다 무인항공기가 촬영한 이미지 또는 동영상 파일을 전송받아 그 결과를 분석, 신속히 결심을 하고자 할 경우가 있을 수 있는데 이러한 경우 파일 전송이 실시간 음성, 영상 지원보다 우선순위가 높을 수 있다. 또 기존의 우선순위/선점 방식은 낮은 우선순위의 사용자 또는 어플리케이션에 할당된 서비스를 회수하여 순위가 높은 사용자에게 통신 품질을 보장해 주는 방식이나 전장의 불확실성으로 인해 우선순위가 낮을 것이라고 판단되는 사용자나 어플리케이션이 중대한 정보

를 전달할 수도 있으므로 정보의 품질과 지연을 감수해서라도 송수신이 가능하도록 희망할 수도 있다.

이와 같은 전송환경에서의 동적인 우선순위 변화를 지원하기 위하여는 DiffServ에 RSVP와 같은 시그널링을 결합한 방법이 많이 제시되고 있다¹⁰⁾. RSVP는 PT-CT 경계에서 변경을 요구하며, 매우 많은 중요 정보의 전달이 필요한 전장 환경에서 RSVP 적용시에는 각 플로우에 대한 시그널링 과부하가 대역폭이 좁은 네트워크에서는 문제를 야기시킬 수 있다. 특히, 전송통신 네트워크는 에지의 최종 사용자로 다가갈수록 대역폭의 제한을 받는 무선 환경에 접하게 되므로, 이러한 과부하는 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 이를 위하여, ARSVP(Aggregated RSVP, RFC3175)가 제안되었다. ARSVP는 개별 플로우 단위가 아니라 플로우들의 집합으로 차등화된 서비스를 제공함으로써, RSVP의 문제점을 최소화 시키면서 DiffServ와의 연동이 가능하다. ARSVP를 통하여 플로우들을 구분할 수 있고 우선순위가 낮은 플로우들에 대하여 선점(preemption)하는 MLPP의 지원이 가능하다.

5. 이종 전송통신망간의 QoS 연동

다양한 네트워크와 서비스로 구성되어 있는 DiffServ에서 각 네트워크별로 자원을 적절히 관리하고 예비하지 않으면 DSCP를 통해 사전에 약속한 자원을 요청하더라도 지원해 줄 수 없는 상황이 발생할 수 있다. 이를 대비하기 위해 각 네트워크 도메인을 관리하고 도메인 간 시스템의 부하를 추적하여 연결수락제어와



〈그림 4〉 End-to-end SLA/SLS 관리

자원예약을 수행함으로써 QoS를 보장해 줄수 있는 도메인간 QoS 연동 기능이 필요하다.

NATO가 주도하는 TACOMS Post 2000 프로젝트는 서로 다른 (연합군간의) 전술통신 네트워크들간의 연동을 위한 기술과 표준을 개발하고 있다. 이러한 연동 환경에서는 SLA/SLS(Service Level Agreement/Service Level Specification)를 효율적으로 관리 운용하는 것이 매우 중요하다. SLA/SLS 기반의 이중 전술통신망간의 end-to-end 사용자 연동을 위한 구조를 그림 4에 나타내었다¹¹⁾. 종단 사용자는 어플리케이션과 임무에 따른 QoS요구를 포함하는 SLA를 접속망과 공유하며, 이 접속망이 타 망들과의 연동을 위하여 망간 SLA를 협상하여 공유하게 된다. WIN-T에서는 망간 SLA의 협상과 지원을 위하여 BB (Bandwidth Broker)를 사용하는 것으로 정의하고 있다.

IV. 결론

군사 분야의 선진 각국은 미래전에서 지휘통제의 기반이 되는 전술통신체계의 구축을 위하여 막대한 인력과 비용을 들여 추진하여 오고 있다. 전술통신체계를 위한 인프라로서의 전술통신 네트워크에서의 QoS보장은 NCW의 성패를 보장하는 핵심 요소들 중의 하나이다. 상용기술에서 QoS기술 성숙도는 높은 편이다. 그러나 전술환경에서의 QoS기술은 그 운용 환경과 요구의 특수성으로 인해 개념부터 새롭게 정립해야 할 만큼 미개척 분야라고 할 수 있다. GIG에서는 QoS의 중요성을 인식하여 현재 버전-3 단계의 QoS 지침서를 작성하였으며, 다음 버전을 위한 작업을 진행 중이다.

우리군에 구축중인 전술통신 네트워크인 TICN은 통신체계에 초점이 맞추어져 있으나, 전술운용환경에서의 정보들의 적시 전달 보

장을 위한 QoS에 대한 지침의 마련이 필요하다고 보여진다. 성능, 어플리케이션 위주의 QoS보다는 임무의 긴급성, 중요성, 적시성 등에 따른 우선순위 기반의 QoS지원에 대한 연구가 필요하다. 이를 위해서는 군의 요구와 운용 환경을 면밀히 분석하여 군사용 QoS아키텍처 프레임워크를 마련하여야 할 것으로 보인다. 또한, 이미 상용기술에서 타당성이 입증된 다양한 기술을 전술통신 네트워크 운용 환경과 요구에 부합하도록 개별 기술을 발전시켜 나가야 할 것이다.

「감사의 글」

본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (IITA-2008-C1090-0801-0003)과 IT원천기술개발사업 (2008-S001-01, 차세대 전술 국방통신 원천기술 개발)의 일환으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] A. Cebrowski and J. Gartska, "Network-Centric Warfare: Its Origins and Future," Naval Institute Proceedings, Jan 1998.
- [2] David S. Alberts, John J. Garstka and Frederick P. Stein, Network-Centric Warfare: Developing and Leveraging Information Superiority, 2nd ed., CCRP Publication Series, Aug 1999
- [3] Michael J. Ryan and Michael R. Frater, "Tactical Communications for the Digitalized Battlefield", Artech House, 2002
- [4] Sherry Wang, Harold Zheng, "QoS Management In Disadvantaged Tactical Environments," MILCOM 2007, pp. 1-7, Oct. 2007
- [5] B.S. Farroha, Liebowitz, A. DeSimone, "Requirements and Architectural Analysis for Precedence Capabilities in the Global Information Grid" Milcom 2006.
- [6] CJCSI 6215.01C "Policy for Department of Defense (DoD) Voice Networks with Real Time Services (RTS)," 2007.
- [7] Richard C. Bernhardt, J. Bibb Cain, William A. Windham, "QoS Architecture for a Mobile Ad-hoc Network," MILCOM 2007. pp. 1-6, 2007
- [8] Yong Xue, Chris Gedo, Chris Christou, Burt Liebowitz, " A Framework for Military Precedence-based Assured Services in GIG IP Networks," MILCOM 2007, pp. 1-7, Oct. 2007
- [9] M. Marchese, QoS over Heterogeneous Networks, John Wiley & Sons Ltd., 2007
- [10] A. Kantawala, D. Voce, D. Gokhale, "QoS Architecture for Session Oriented GIG

Applications," IEEE Aerospace'2006, 2006

- [11] I. Sorteberg, O. Kure, "The Use of Service Level Agreements in Tactical Military Coalition Force Networks," IEEE Commun. Magazine, Vol.43, No.11, pp.107-114, Nov. 2005

저자소개



정 종 관

1997년 3월 육군사관학교 정보공학과 (학사)
 2004년 2월 한국과학기술원 전산학과 (석사)
 2008년 3월-현재 아주대학교 대학원 NCW학과 박사
 과정
 1999년 3월-2000년 11월 사단 전산장교
 2004년 3월-2005년 10월 보병중대장
 2005년 10월-2007년 10월 정보체계과장
 주관심 분야 : 국방전술통신네트워크, 이동 멀티미디어
 통신 및 네트워크

저자소개



김 종 철

1993년 3월 육군사관학교 전산학과 (학사)
 2001년 3월 고려대학교 대학원 재료공학과 (석사)
 2007년 9월-현재 아주대학교 대학원 NCW학과 박사
 과정
 1997년 6월-1998년 10월 포병포대장
 2001년 3월-2005년 12월 과학화전투훈련단
 2006년 12월-현재 합동참모본부
 주관심 분야 : 국방전술통신네트워크 QoS



노 병 희

1987년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
 1989년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 (석사)
 1998년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 (박사)
 1989년 3월-1994년 2월 한국통신 통신망 연구소
 1998년 2월-2000년 3월 삼성전자
 2000년 3월-현재 아주대학교 정보통신전문대학원
 부교수
 주관심 분야 : 모바일 멀티미디어 네트워크 및 응용,
 BcN QoS 및 트래픽 엔지니어링, 유비
 쿼터스 센서 네트워크(RFID/USN), 인터
 넷 보안, 국방전술통신네트워크