

1Mbps 이하 전술통신망에서의 소프트웨어 방식 화상회의 품질향상 연구

정회원 김 권 희*

A Research on Quality Improvement of Software-based Video Teleconferencing on the Tactical Communication Networks Less Than 1Mbps

Gwon Hee Kim* *Regular Member*

요 약

본 논문은 1Mbps 이하의 전술통신망 환경에서 소프트웨어 방식의 화상회의 운용방안을 연구하였다. 전술통신망 환경은 대역폭이 제한될 뿐만 아니라 불안정한 네트워크 상태로 데이터 손실과 전송 지연 현상이 빈번히 발생한다. 또한 전술통신망을 기반으로 하는 지상전술지휘통제체계가 대역폭 사용의 우선권을 갖고 있기 때문에 화상회의가 사용할 수 있는 대역폭은 더욱 제한될 수밖에 없다. 본 논문에서는 이와 같은 전술통신망의 제한사항을 분석하고, 전술통신망 기반의 소프트웨어 방식 화상회의 품질향상 방안과 이를 적용한 실제 운용실험 결과를 함께 제시하였다. 손실패킷에 대한 재전송기법과 데이터 용량을 줄이기 위한 영상크기 축소를 우선적으로 적용하였다. 화상회의 운용을 위해서는 사용자 대역폭 보장이 최선의 해결방안이나 제한된 대역폭의 전술통신망에서는 영상 데이터 압축률 조정, 전송되는 영상 프레임 수 조정, 음성코덱 변경, 음성보정 데이터 사용 등을 최적화하여 화상회의 품질을 향상시킬 수 있다.

Key Words : 화상회의, 전술통신망, Video teleconferencing, Tactical communication networks

ABSTRACT

This paper researched the operation methods of software video teleconferencing on the tactical communication networks under 1Mbps. The tactical communication networks have limited bandwidths, frequent data losses and transmission delays due to the unstable networks. In addition, the bandwidth for video teleconferencing has to be much smaller since the Army Tactical Command Information System(ATCIS) has priority of using the bandwidth. This paper analyzed such restrictions of tactical communication networks, presented some methods to improve the quality of the software video teleconferencing on the tactical communication networks and their actual experiments as well. It is applied in the first place to re-transmit the lost packets and to reduce the image size for the data traffic. Nothing is better for the video teleconferencing than to provide the bandwidth enough for every user. However, on the tactical communication networks with the limited bandwidth, video teleconferencing can be improved by optimizing the compression rate of image data, the number of image frames, the audio codec and the usage of audio compensation data.

* 방위사업청 지휘정찰사업부 지상지휘통제감시사업팀(gwonheckim@hanmail.net)

논문번호 : KICS2011-12-606, 접수일자 : 2011년 12월 7일, 최종논문접수일자 : 2012년 1월 18일

I. 서 론

통신망의 급격한 발달로 인하여 화상회의가 우리사회의 여러 분야에서 활발히 이용되고 있다. 1964년 세계박람회에서 처음 소개되었던 화상회의 제품은 1990년대에 들어서 인터넷 IP(Internet Protocol)^[1]의 성장과 함께 활성화되어 현재는 기업에서 개개인의 삶에 까지 영향을 미치고 있다.^[23] 화상회의는 IP 기반의 네트워크 인프라에서 영상과 음성 데이터를 송수신하며 가입자 상호간 실시간 대화를 제공하는 서비스이다. 화상회의는 별도의 하드웨어를 설치해서 운영하는 하드웨어 방식과 기존의 단말기에서 추가장비 없이 소프트웨어만을 설치하여 운영하는 소프트웨어 방식으로 구분할 수 있다.그러

본 논문에서는 광대역 전용 네트워크 기반이 아닌 전송통신망에서도 운용이 가능한 소프트웨어 방식의 화상회의를 대상범위로 한다. 사용자의 요구사항과 기술의 발전을 반영하여 우리 군에서도 1Mbps 이하의 전송통신망 환경에서 화상회의를 운용하고자 많은 노력을 기울여 왔다. 실시간 대화를 위해서는 영상과 음성 데이터가 실시간으로 지속적으로 전송되어야하므로 화상회의 품질은 네트워크 대역폭, 지연시간 데이터손실 등 네트워크 품질에 의해 결정된다. 현재 우리 군에 전력화되어 있는 전송통신망인 SPIDER에서는 부대노드간 1Mbps 이하의 제한된 대역폭을 제공한다. 이렇게 제한된 네트워크를 기반으로 하는 화상회의 체계의 구현은 많은 제한사항이 발생할 수밖에 없다.

군 전송통신망에 대한 연구^{[16][17][18]}뿐만 아니라 화상회의에 대한 연구^{[19][20][21][22]}도 다양한 분야에서 활발하게 진행되어 왔지만 전송통신망을 기반으로 소프트웨어 방식 화상회의를 구현하기 위한 연구는 미흡한 실정이다. 본 논문에서는 대역폭이 제한되는 전송통신망에서 발생하는 문제점들을 분석하고 이를 극복하고 화상회의를 구현하기 위한 해결방안을 제안하였다.

화상회의에서 사용자에게 식별되는 문제점은 영상 일그러짐, 영상지연, 음성 끊어짐과 음성지연의 문제점이 발생할 수 있다. 영상 일그러짐은 영상 프레임의 손실로 인해 발생하며 손실된 영상 프레임을 R-UDP 프로토콜을 이용하여 재전송하는 방식으로 영상 프레임 손실률을 줄일 수 있다. 영상 지연은 제한된 대역폭에서 영상 데이터량 증가로 인해 발생하는 과부하 현상으로 개인전용 비디오 믹서 기능 등을 이용해 향상시킬 수 있다. 음성 패킷 손

실로 인한 음성 끊어짐은 보정 패킷을 추가하여 패킷 손실을 줄이고, 수신측에서 뒤섞인 음성 패킷의 순서를 정렬하기 위해 사용하는 지터버퍼의 용량을 변경하여 음성품질과 지연시간을 조절할 수 있다.

본 논문에서는 이렇게 제안된 여러 가지 향상방안을 적용하여 실제 우리 군의 전송통신망인 SPIDER 환경에서 소프트웨어 방식 화상회의 실험 결과를 제공함으로써 장차 전송통신망 환경에서 화상회의 운용을 위한 연구방향을 제시하고자 한다.

II. 소프트웨어 방식 화상회의

2.1. 화상회의 개요

고도의 정보통신기술의 발전에 따라 사용자들 간의 정보교환이 단순 텍스트에 국한되지 않고 음성이나 화상과 같은 멀티미디어 데이터들을 실시간으로 주고받을 수 있는 화상회의 시스템이 점차 큰 비중을 차지하고 있다. 화상회의 시스템은 서로 먼 거리에 떨어져 있는 사용자들끼리 각각의 화면에 비친 화상과 음성 등을 통하여 회의를 진행할 수 있는 시스템으로 경비절감과 시간절약이라는 경제적 이점이 큰 첨단기술이다. 한국에서는 1984년 9월 정부 세종로 청사와 정부 과천청사를 연결하는 화상회의 시스템을 설치함으로써 이 정보통신체계가 실용화 단계에 들어섰다. 1990년도에 들어서 ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunication)에서 일련의 표준규격을 권고하고 있으며 근래에는 개인용 컴퓨터상에서 화상회의 기능을 실현하는 제품이 등장하고 있다.^[24]

화상회의 시스템은 구현방식에 따라 하드웨어 방식 또는 소프트웨어 방식으로 구분할 수 있다. 하드웨어 방식의 화상회의 시스템은 별도의 다자간 접속장비를 설치하거나 충분히 높은 대역폭의 네트워크 기반을 필요로 한다. 고품질의 영상과 음성을 지원하지만 이동성이나 연동에 취약하고 사용자의 요구에 따라 수정하기도 쉽지 않은 단점을 가지고 있다. 반면, 소프트웨어 방식의 화상회의 시스템은 영상과 음성의 품질이 상대적으로 떨어지나 고가의 접속장비를 설치하지 않고 최소한의 네트워크 자원을 이용하여 멀티미디어 정보와 화면 공유 환경을 제공할 수 있다. 현재 인터넷을 통한 개인용 컴퓨터 상에서의 화상회의 등 소프트웨어 방식 화상회의는 이미 많은 사용자들에게 일반화되어 있다.

본 논문에서는 전송통신망 환경에서 별도의 장비를 설치하지 않고 소프트웨어 방식의 화상회의를

안정적으로 운용할 수 있는 접근방식을 제공함에 목적을 두고 소프트웨어 방식의 화상회의를 논문의 대상으로 한다.

2.2. 소프트웨어 방식 화상회의 운용을 위한 기술적 배경

소프트웨어 방식 화상회의는 데이터 송수신을 위해 IP^[1]와 함께 TCP(Transmission Control Protocol)^[2], UDP(User Datagram Protocol)^[3]을 사용한다. 표준 화상회의와 연동을 위한 규격이 TCP/IP, UDP/IP 기반의 H.323 표준규격^[5]이다. 이 절에서는 소프트웨어 방식 화상회의체계에 사용되는 IP 기반의 데이터 송수신 프로토콜인 TCP와 UDP 그리고 이를 기반으로 하는 H.323 표준규격에 대해 간략히 살펴본다.

2.2.1. 데이터 송수신 프로토콜

IP는 OSI(Open Systems Interconnection) 기본 참조모델에서 제 3계층인 네트워크 계층에서의 데이터 전송을 위한 프로토콜이다. 네트워크상의 각 컴퓨터, 즉 호스트들은 다른 컴퓨터와 구별될 수 있도록 적어도 한 개 이상의 고유한 IP 주소를 갖는다. IP는 이러한 IP 주소에 따라 전송경로를 제어함으로써 데이터 패킷의 전송을 가능하게 한다.

IP 자체는 비연결 지향적이며 신뢰할 수 없는 프로토콜이다. 데이터 패킷을 보낼 때마다 그 경로는 변할 수 있으며 전송 도중 경로상의 문제가 발생하면 다른 경로를 선택해서 우회하는 등 데이터의 전송순서나 오류발생에 대해서는 보장하지 않는다. TCP 또는 UDP는 이러한 IP를 기반으로 호스트-대-호스트가 어떻게 데이터를 주고받을 것에 대한 규약, 즉 데이터를 전송하는 방법을 정의하는 프로토콜이다. 따라서 IP는 TCP 또는 UDP와 함께 사용한다.

(1) TCP^[2]

TCP/IP는 현재 인터넷에서 사용되는 통신 프로토콜로서 인터넷에 연결된 호스트들이 통일된 TCP/IP를 사용함에 따라 세계 어느 지역의 어떤 기종의 호스트와 정보를 교환할 수 있다. 데이터 패킷이 전송되는 과정에만 중심을 두고 설계되어 신뢰성이 없는 IP를 기반으로 확인절차를 거쳐 신뢰성을 부여해 주는 것이 TCP라고 할 수 있다. TCP는 연결지향의 데이터 전송방식으로 데이터 전송 전에 세션을 설정하고 응답용 패킷을 이용해 데이터 전송을 확인 및 재전송하는 절차를 거쳐 전달된 패킷

을 재조립하여 상위계층에 제공한다. IP가 출발과 도착 IP 주소를 참조해 네트워크를 통해 데이터를 목적지에 전달하는 과정에서 데이터가 잘못 전달되거나 파손될 수도 있고, 송신된 순서대로 수신되지 못할 수도 있다. TCP는 문제가 발생했다는 것을 알리고 데이터를 알맞게 재전송하여 에러를 복구하여 제공함으로써 호스트들은 언제나 에러 없이 순서대로 데이터를 교환할 수 있다

(2) UDP^[3]

UDP는 단문 메시지 기반의 비연결지향의 프로토콜로서 세션 설정이나 전송 확인절차 없이 한 방향으로 데이터 패킷을 전송하는 방식으로 호스트들 간의 신뢰성을 보장하지 않는다. UDP는 TCP와 달리 메시지를 나누어 전송하고 수신할 때 재조립하는 기능이 없고, 패킷이 도착한 것을 확인하거나 도착하는 순서를 보장하지 않는다. TCP가 신뢰성 보장을 위해 갖는 확인절차나 오버헤드가 UDP에는 없거나 적기 때문에 UDP가 TCP보다 일반적으로 속도가 빠르고 오버헤드가 적다. 그러므로 UDP는 고속을 요구하는 점-대-점(point-to-point) 또는 지점-대-다중지점(point-to-multipoint) 통신에 유용하다.

(3) R-UDP^[4]

R-UDP(Reliable-UDP)는 UDP의 단점을 보완하여 신뢰성을 보장하고자 1999년 Bell LAB에서 설계되었으나 표준화되지 못하고 만기가 지난 IETF(Internet Engineering Task Force) 인터넷 초안으로 남아있는 프로토콜이다. UDP의 단순함을 개선하고, TCP의 복잡성을 해결하려고 기존의 UDP에 수신된 패킷에 대한 응답신호(Ack), 윈도우(windowing)와 흐름제어, 손실패킷에 대한 재전송 및 오버 버퍼링(overbuffering) 특성을 추가한 것이다.

2.2.2. H.323 표준^[5]

H.323 표준은 QoS(Quality of Service)가 보장되지 않는 LAN(Local Area Network) 환경에서의 실시간 멀티미디어(음성/비디오/오디오 등) 회의를 제공하기 위해 마련된 ITU-T 표준들을 포함한 표준 세트이다. H.323을 구성하는 요소들과 기능은 표 1에서 보는 바와 같다.

H.323 프로토콜은 H.225 표준에 준하여 RAS 채널설정과 쌍방간의 호를 연결한다. H.245 표준을 따라 음성과 비디오 등의 미디어 전달을 제어하기 위한 정보를 교환하며 RTP(Real Time Protocol)를 통해 실시간으로 미디어 트래픽을 전송하며 RTCP(RTP Control Protocol)는 미디어 전달을 모니터링

한 통계정보를 전달하여 서비스를 관리한다. 이렇게 전달되는 음성과 비디오 데이터에 대한 표준 코덱에 대해서 좀 더 살펴본다.

표 1. H.323 구성요소
Table 1. H.323 elements

구성요소	기능
H.225.0	시스템 제어 - call setup, call and RAS(Radio Access Station) control
H.245	시스템 제어 - media channel negotiation, capability exchange
G.711, G.722, G.723, G.728, G.729	음성 압축 및 인코딩/디코딩
H.261[7], H.263[8]	비디오 압축 및 인코딩/디코딩
RFC 3550[6]	미디어 전송(RTP/RTCP)
T.120	데이터 공유 및 전송
H.450.x	부가서비스(supplementary service)
H.235	암호화 정의

(1) 영상코덱

카메라를 통해 들어온 영상을 네트워크 통신에 적합하게 압축 및 복원하는 규격을 영상코덱이라고 한다. ISO/IEC(International Organization of Standardization/International Electrotechnical Commission)가 채택한 MPEG(Moving Picture Experts Group) 표준은 대부분 저장, 방송 또는 비디오 스트리밍 등에 적합하도록 디자인되었고, 영상전하나 화상회의와 같은 실시간 비디오통신은 H.261, H.263 등의 ITU-T 권고를 표준으로 사용한다. 표 2에서는 화상회의를 위한 ITU-T의 영상포맷을 보여주고 있다.

ITU-T에 의해 만들어진 국제표준인 H.261^[7]은 영상전화 및 화상회의를 위한 동영상 압축방식으로 특히 일대일 영상전화를 위한 비디오 전송을 목적으로 CIF(Common Intermediate Format)와 QCIF(Quater CIF) 영상포맷을 지원하며 $p \times 64\text{kbps}$ ($p=1, 2, 3, \dots$)의 전송률을 갖는다. H.263^[8]은 64kbps 이하의 낮은 전송률 응용을 위해 제정된 표준으로 QCIF, CIF 외에 QCIF의 약 절반의 해상도를 갖는 SQCIF(Sub Quater CIF)를 지원한다. 또한 H.263은 MPEG 표준과 같은 고전송률에 비견되는 4CIF($4 \times \text{CIF}$)와 16CIF($16 \times \text{CIF}$) 포맷도 지원한다. H.264^[9]는 ITU-T와 ISO/IEC가 함께 표준화 과정을 거쳐 영상

표 2. 화상회의를 위한 ITU-T 영상포맷
Table 2. ITU-T image format for video conferencing

영상포맷	영상크기(pixel)
SQCIF	128×96
QCIF	176×144
CIF	352×288
4CIF	702×576
16CIF	1,408×1,152

압축효율을 극대화시킨 비디오 코덱으로 비디오 응용의 모든 영역(DVD, 디지털영화, 저전송을 무선 응용 등)에의 적용이 가능한 상당 수준의 성능 개선이 이루어진 표준이다. H.264는 H.263과 비교했을 경우 동일 조건에서 50%이상의 비디오 압축효율 향상과 영상품질, 에러복원, 비디오 이식성 등이 개선된 표준규격이다.

(2) 음성코덱

음성코덱은 음성장치로 들어온 아날로그 신호를 디지털 신호로 부호화하는 것을 말하며 300~3,400Hz를 음성대역으로 하고 보호대역 감안하여 8kHz로 표본화한다. 표 3은 H.323 프로토콜을 지원하는 주요 음성코덱을 비교한 것이다. 표에서 보는 바와 같이 G.723.1 표준은 화상회의를 위해 음성신호를 아주 낮은 전송속도로 압축하는 방식을 사용할 수 있다.

표 3. 음성코덱 비교
Table 3. Comparison of audio codec

표준	G.711	G.723.1		G.729
		CELP	MPMLQ	CS-ACELP
압축 방식	PCM	CELP	MPMLQ	CS-ACELP
전송 속도	64kbps	5.3kbps	6.3kbps	8kbps
ET	10ms	30ms		10ms
MOS	4.1	3.9		3.9
응용	PSTN 통화음질, 전화국간 디지털전송	넷미팅 기본 코덱		가장 일반적인 VoIP, 화상회의 단말

* ET(Encoding Time) : 코덱을 사용해 음성이 압축된 결과를 얻는 시간으로 짧을수록 좋음

* MOS(Mean Opinion Score) : 코덱 사용에 의한 음성 품질을 점수화, 1~5 범위에서 높을수록 품질이 좋음

* PCM(Pulse Code Modulation), CELP(Code Excited Linear Prediction), MPMLQ(Multi-Pulse Maximum Likelihood Quantization), CS-ACELP(Conjugate Structure-Algebraic CELP), PSTN(Public Switched Telephone Network), VoIP(Voice over IP)

화상회의는 네트워크 품질에 많은 영향을 받는다. 영상과 음성 데이터를 실시간 그리고 지속적으로 요구하는 화상회의는 일정 수준의 네트워크 대역폭, 데이터 손실률, 데이터 전송 지연시간을 보장해야 하는 것이다. 이러한 화상회의 서비스를 상용망에 이용하는 것은 이미 일반화 되었지만, 제한된 네트워크 품질의 군 전술통신망 환경에서 화상회의를 구현하는 것은 아직까지 쉽지 않은 게 사실이다. 다음 절에서는 우리 군의 전술통신망인 SPIDER와 이를 기반으로 하는 ATCIS(Army Tactical Command Information System)에 대해 간단히 살펴본다.

III. ATCIS와 SPIDER

3.1. ATCIS

전쟁양상은 정보기술의 발전에 따라 종전의 플랫폼 중심전(PCW: Platform Centric Warfare)에서 네트워크 중심전(NCW: Network Centric Warfare)으로 변화하였다. NCW는 다수의 전투체계가 실시간으로 정보를 공유하는 네트워크로 구성함으로써 전투력 발휘를 극대화시키는 전투수행개념이다. 이러한 NCW에서 C4I(Command, Control, Communication, Computer and Intelligence) 체계가 핵심적인 역할을 수행함은 분명한 사실이다.

C4I체계는 제대별 지휘관, 참모 및 전투원들과 각종 무기체계들을 컴퓨터와 네트워크를 기반으로 유기적으로 연결하여 운영하는 대규모의 복합체계(System of systems)이다. 즉 C4I체계는 전장에서 분산되어 있는 감시 및 타격체계 등의 제 전투요소들을 수직적, 수평적으로 결합하여 전장정보를 공유하고 군사력을 적시에 통합함으로써 획기적인 정보우위와 전투력 상승효과를 창출하는 NCW의 필수 불가결한 체계이다^{[13][14]}.

ATCIS는 육군 군단급 이하 전술제대의 전투수행 절차를 자동화하여 전투력의 상승효과를 최대한 발휘할 수 있도록 C4I의 각 요소를 유기적으로 통합, 연결하여 실시간에 분석, 결심, 전파를 가능하게 하는 지휘통제체계로서, 각종 수집수단과 다양한 타격수단을 C4I체계와 연동하여 수집된 첩보 및 정보를 해당 제대 및 부서에 전파함으로써 감시정찰 → 지휘통제 → 정밀타격에 이르는 중심체계 역할을 수행한다^[15].

ATCIS는 군단에서부터 연대까지의 전술제대에 배치하고 전술통신망의 데이터 통신망을 이용하여 제대 및 기능별로 상호 연동하여 통합전투수행을

지원하는 수단이다. C4I체계의 중심적인 역할을 하는 ATCIS는 당연히 전술통신망의 데이터 통신망 사용에 우선권을 갖고 있으며, 별도의 장비를 설치하지 않고 기존의 전술통신망을 이용하는 소프트웨어 방식의 화상회의는 ATCIS 운용에 방해가 되지 않는 범위의 더욱 제한된 대역폭만을 사용할 수 있는 실정이다.

3.2. SPIDER

SPIDER는 우리 군의 전술통신망으로 하나의 공용통신망에 각 제대와 전장 기능별 실시간 자유로운 정보유통을 보장하고 격자망을 이용한 우회경로를 제공함으로써 신뢰성과 생존성을 보장하는 육군의 기본 전술기동 통신체계이다. 현대전은 군의 기동성, 무기체계의 정확성 및 파괴력이 과거에 비해 상상할 수 없을 정도로 발달함에 따라 적의 동태를 신속히 탐지하고 지휘통제에 필요한 방대한 정보량을 신속하고 정확하게 처리하는 것이 전쟁의 승패를 좌우하게 되었다. 그러한 의미에서 SPIDER는 단순한 전투지원이 아닌 전장에서 전투능력을 극대화하기 위한 감시정찰-지휘통제-타격체계들을 유기적으로 연결하는 체계로서 전술환경에서 요구되는 다양한 정보를 적시적소에 제공하는 NCW의 핵심 기반체계의 역할을 하고 있다.

전술통신망은 장비의 소형/경량화 및 차량화로 기동성을 보장하고 다양한 전술상황 하에서 신속하고 융통성 있게 운용할 수 있다. 통신소는 지역지원 통신소(노드)와 대대급 이상의 부대통신소로 구분되며 통신소간에는 유선 또는 VHF(Very High Frequency) 다중채널 무선망을 구성한다. 노드를 지역별 공유개념에 의해 격자형으로 구성하고 각 부대는 최기지역에 위치한 노드 또는 연대급 이상의 부대통신소에 가입해서 지휘통신망을 유지한다.

SPIDER는 C4I체계의 전송매체로서 전장 환경변화에 따라 음성이나 간단한 전문의 송·수신에 그치지 않고, 실시간 정보유통, 고속의 대용량 정보교환 및 화상회의 등 멀티미디어 응용까지 지원할 수 있도록 요구되고 있으나 SPIDER는 이러한 요구조건을 충분히 만족하지 못하고 있으며 다음과 같은 제한사항을 가지고 있다.

표 4. ATCIS을 운용하는 SPIDER 가용 대역폭
Table 4. Available bandwidth of SPIDER with ATCIS

구분	할 당 내 용	대역폭	
음성통신 대역폭		1Mbps	
데이터 통신 대역폭 (1Mbps)	예비 대역폭	300kbps	
	자료 암호화	49kbps	
	ATCIS 점유 대역폭	서버 동기화	150kbps
		망상태 관리	100kbps
		프로토콜 등 기타 점유대역폭	150kbps
가용 대역폭	251kbps		

3.3. SPIDER의 제한사항

3.3.1. SPIDER의 네트워크 대역폭

이전의 기술적 통신환경은 일반사회의 통신환경과 달리 충분한 대역폭을 제공하기 어렵다. 상용통신망은 광 전송선로 등의 인프라를 갖추고 있는 반면 기술통신환경은 대부분 무선구간을 기반으로 대역폭이 상대적으로 매우 제한될 뿐 아니라 주파수 간섭, 재밍, 지형과 기상 영향 등으로 네트워크 상태도 불안정한 실정이다.

네트워크 대역폭은 소프트웨어 방식 화상회의의 영상품질과 초당 재생 프레임수를 결정한다. 사용자가 요구하는 고해상도, 고품질의 영상을 자연스러운 움직임으로 서비스 받기 위해서는 충분한 네트워크 대역폭과 품질이 요구된다. 일반적으로 400~800kbps의 대역폭을 갖는 동영상이 인터넷 상에서 사용되고 있다.

현재의 SPIDER에서 소프트웨어 방식 화상회의 프로그램이 사용가능한 대역폭은 1Mbps로 제한되어 있다. 즉, 8명의 사용자가 화상회의에 참석할 경우, 사용자별 128kbps로 제한된다. 또한 SPIDER 기반에서 ATCIS 운용이 어느 서비스 보다 우선하여 적용되므로 화상회의 시스템은 최소한의 대역폭 내에서 제한적인 서비스를 제공할 수밖에 없다.

(1) SPIDER 가용 대역폭 분석

여기에서는 지상전술C4I체계 네트워크 중심 분석 결과^[12]에서 판단한 SPIDER의 가용 대역폭을 분석한 결과이다. 이 분석은 2004년 야전부대 훈련간 수집한 자료를 토대로 ATCIS 운용을 위한 가용 대역폭을 판단한 것이다. ATCIS 운용이 화상회의에 우선하여 대역폭이 할당되므로 이 분석결과에 따라 ATCIS 운용을 위한 대역폭을 제외한 잔여 대역폭이 화상회의가 실제 사용할 수 있는 대역폭이라고

표 5. SPIDER 전송에러율(BER)에 따른 음성패킷 손실률
Table 5. loss rate of audio packet according to BER of SPIDER

SPIDER 전송에러율 (BER)	1bit 에러 발생주기 (byte)	음성패킷 크기 (byte)	음성패킷 손실률 (%)
10 ⁻⁴	1,250	102	8.16
		142	11.36
2*10 ⁻⁵	6,250	102	1.63
		142	2.27
10 ⁻⁵	12,500	102	0.82
		142	1.14
10 ⁻⁶	125,000	102	0.08
		142	0.11

할 수 있겠다.

SPIDER는 2Mbps의 대역폭을 제공하고 있으며 음성통신과 데이터통신을 위해 각각 1Mbps를 분할하여 사용하고 있다. 데이터통신을 위한 SPIDER의 대역폭 1Mbps 가운데 네트워크의 안정적 운영을 위한 예비 대역폭 30%, 자료 암호화를 위해 7%를 제외하면 ATCIS가 사용할 수 있는 최대 대역폭은 651kbps이다. 수집된 자료를 분석한 결과 ATCIS 특성상 서버간 자료일치를 위해 평균 100kbps(최대 150kbps)를 사용하고, 네트워크 상태 관리를 위해 약 100kbps, 프로토콜 등이 기타 업무로 평균 150kbps를 사용하고 있어서 ATCIS 운용을 위해 고정적으로 점유하는 대역폭은 최대 400kbps로 파악되었다.

표 4의 가용 대역폭 판단은 SPIDER가 제공하는 대역폭 가운데 실제 사용자가 사용할 수 있는 대역폭이 1Mbps에 훨씬 못 미친다는 것을 보여준다. 이 대역폭은 수집한 자료를 분석한 결과 ATCIS를 이용하여 군단 내 유통되는 자료 즉, 전문과 전자우편을 처리하기에는 충분하다. 그러나 실제 ATCIS 운용시험 평가간 화상회의 기능을 실험 가동한 적이 있으나 대역폭의 50% 이상을 차지해서 다른 업무에 지장을 초래하는 등의 문제가 발생하여 화상회의 기능을 중지해야 했다. 그 만큼 SPIDER 환경에서의 소프트웨어 방식 화상회의 운용은 네트워크 대역폭의 제한을 받는다고 말할 수 있다.

3.3.2. 데이터 손실

SPIDER는 일반 LAN과는 상대적으로 빈번한 패킷 손실을 발생시키며, 각 클라이언트에 동일한 수준의 품질을 보장하지 않는다. 전송 데이터의 손실

표 6. SPIDER 전송에러율(BER)에 따른 영상패킷 손실률
Table 6. loss rate of video packet according to BER of SPIDER

SPIDER 전송에러율 (BER)	1bit 에러 발생주기 (byte)	영상패킷 크기 (byte)	영상패킷 손실률 (%)
10 ⁻⁴	1,250	1,086	86.88
2*10 ⁻⁵	6,250	1,086	17.38
10 ⁻⁵	12,500	1,086	8.69
10 ⁻⁶	125,000	1,086	0.87

은 음성의 끊어짐 현상과 영상 일그러짐 및 정지현상을 발생시킨다.

음성패킷을 손실했을 경우에는 음성 끊김 현상이 발생한다. 음성 데이터가 60ms 간격으로 패킷화되어 전송된다면 음성패킷 하나를 손실할 경우 60ms 동안 음성이 끊어지게 된다. 영상패킷을 손실했을 경우 영상은 다음 i-프레임이 전송될 때까지 정지된다. 영상 프레임은 1kbyte 크기의 패킷으로 단편화되어 전송되며 영상패킷들을 수신하여 재조립해야만 영상 프레임을 만들 수 있다. 손실패킷이 하나라도 포함된 영상 프레임은 재조립될 수 없다. 또한 손실된 영상 프레임을 참조하는 다음 영상 프레임을 재생할 경우 영상의 일그러짐 현상이 발생한다. 이러한 영상 일그러짐 현상을 막기 위해서 다음 i-프레임이 전송될 때까지 영상을 재생할 수 없기 때문에 영상 정지 현상이 발생한다.

(1) SPIDER 전송에러율에 따른 음성패킷손실률

음성 데이터를 G.723 6.3k로 인코딩하면 60ms의 음성은 40byte, 120ms의 음성은 80byte이다. 전송을 위한 프로그램 헤더(20byte)와 통신(UDP, IP, 이더넷) 헤더(42byte)를 포함한 음성패킷의 크기는 각각 102byte(40+20+42), 142byte(80+20+42)이다. 그러면 SPIDER의 전송 비트에러율을 이용하여 음성패킷의 손실률을 다음 식 (1)과 같이 계산할 수 있다. 예를 들어, SPIDER의 BER(Bit Error rate)이 10⁻⁵이면 에러발생주기는 12,500byte이고 음성패킷 손실률은 60ms의 음성은 0.82%, 120ms의 음성은 1.14%가 된다. 표 5는 이와 같은 SPIDER 전송 에러율에 따른 음성패킷 손실률을 계산한 것이다.

$$\text{음성패킷 손실률} = \frac{\text{음성패킷 크기}}{\text{비트에러발생주기}} \quad (1)$$

(2) SPIDER 전송에러율에 따른 영상패킷손실률

영상 프레임은 1,024byte 단위로 단편화되어 패킷화된다. 즉, 영상 패킷의 크기는 프로그램 헤더(20byte)와 통신(UDP, IP, 이더넷) 헤더(42byte)를

표 7. 대역폭에 따른 영상 프레임(8kbyte) 전송 지연시간
Table 7. transfer delay time of a video frame(8kbyte) according to bandwidth

대역폭 (kbps)	전송단위 (byte)	전송간격 (ms)	전송패킷 (EA)	지연시간 (sec)
32	1,024	250	8	2
64	1,024	125	8	1
128	1,024	63	8	0.5
256	1,024	31	8	0.25
512	1,024	16	8	0.125
1,024	1,024	8	8	0.063
2,048	1,024	4	8	0.031

포함하여 1,086byte(1,024+20+42)이다. 앞의 절에서와 같은 방식으로 영상패킷의 손실률은 다음 식 (2)에 의해 계산할 수 있다. 예를 들어, SPIDER의 BER이 10⁻⁵이면 에러발생주기는 12,500byte이고 영상패킷 손실률은 8.69%이다. 표 6은 이와 같은 SPIDER 전송 에러율에 따른 영상패킷 손실률을 계산한 것이다.

$$\text{영상패킷 손실률} = \frac{\text{영상패킷 크기}}{\text{비트에러발생주기}} \quad (2)$$

3.3.3. 데이터 전송 지연

SPIDER의 네트워크 지연시간은 최소 40ms에서 400ms이며, 네트워크 상태가 안정적인 경우 평균 150ms로 측정되었으며 각 클라이언트 상호간의 송수신시에 균일한 네트워크 지연시간을 보장하지 않는다. ITU-T 권고 G.114에 따르면 일반적인 네트워크 계획에서 단방향 지연시간이 25~300ms의 경우 허용가능하며, 400ms를 최대 지연시간의 한계로 제시하고 있다¹⁰⁾. 그러므로 사용자가 만족할 만한 음성과 영상의 지연시간 400ms 이하를 유지하기 위해서는 네트워크 지연시간이 200ms이하가 되어야한다.

음성패킷은 상대적으로 그 크기가 작아서 대역폭 제한에 따른 전송지연으로 음성이 끊기는 현상 보다는 각각의 음성패킷에 대한 전송시간이 달라서 뒤바뀐 음성패킷으로 인해 음성이 찌그러지는 현상이 발생한다. 영상패킷 전송이 지연될 경우에는 영상 프레임을 재조립할 수 있는 모든 패킷을 수신할 때까지 영상이 멈추는 현상이 발생하게 된다.

(1) 대역폭 제한에 따른 영상전송 지연

영상 프레임은 1,024byte 단위로 단편화되어 전송된다. 단편화된 영상패킷은 전송시 전송간격을 조절해 설정된 대역폭을 맞춘다. 설정된 대역폭에 따

표 8. 대역폭 64kbps, 영상프레임 크기 8kbps를 가정한 SPIDER 전송에러율(BER)에 따른 영상프레임 전송지연시간 Table 8. transfer delay time of a video frame according to BER of SPIDER, assuming a video frame size and bandwidth are 8kbyte and 64kbyte respectively.

SPIDER 전송 에러율 (BER)	영상 패킷 손실률 (%)	전송 패킷 수 (EA)	전송 간격 (ms)	전송 회수	영상프레임 전송 지연시간 (sec)
10^{-4}	86.88	8	125	61	7.625
2×10^{-5}	17.38	8	125	10	1.250
10^{-5}	8.69	8	125	9	1.125
10^{-6}	0.87	8	125	8	1

라 8kbyte의 영상 프레임 하나를 전송할 때 발생하는 지연시간은 표 7과 같다.

(2) 영상패킷 손실에 따른 전송 지연

UDP는 신뢰성보다는 고속성을 요구하는 멀티미디어 응용을 위해서 고속으로 상대의 주소로 데이터를 송출하지만 세션을 설정하거나 오류정정 및 재송신의 기능은 없다. 그러나 TCP 또는 R-UDP는 송신한 데이터에 대한 수신여부를 확인하여 손실된 패킷을 재전송하는 과정이 있으므로 패킷 손실에 따른 지연시간이 발생하게 된다.

여기에서는 앞서 계산한 바 있는 SPIDER 전송 에러율에 따른 영상패킷 전송 손실률을 이용하여, SPIDER 전송 에러율에 따른 영상 프레임 전송 지연시간을 예측해 보고자 한다. 64kbps 대역폭의 SPIDER를 기반으로 8kbyte의 영상 프레임을 전송한다는 가정하면, 영상 프레임은 1,024byte 단위로 단편화되고 8개의 패킷은 표 5에서 보는 바와 같이 125ms 간격으로 전송된다. SPIDER 전송 에러율에 따라 8개의 영상패킷으로 구성된 하나의 영상 프레임을 전송하기 위한 패킷 전송회수는 다음 식(3)과 같다. 영상 프레임 전송 지연시간은 이렇게 계산된 패킷 전송회수와 패킷 전송간격의 곱으로 계산할 수 있다. 표 6은 64kbps의 대역폭에 8kbps의 영상 프레임 전송을 가정한 SPIDER 전송 에러율에 따른 전송 지연시간을 계산 것이다. (기호 []는 천장(ceiling)함수로 [a]는 a보다 크거나 같으면서 가장 작은 정수를 의미한다.)

$$\text{패킷 전송회수} = \left\lceil \frac{\text{전송할 영상패킷 개수}}{1 - \text{영상패킷 전송손실률}} \right\rceil \quad (3)$$

(3) 기본적인 영상전송 지연요소

네트워크 대역폭 제한 또는 패킷 손실로 인한 전

표 9. 패킷통신을 성공적으로 구현하기위한 서비스 품질 파라미터의 허용범위^[11] Table 9. Acceptable range for QoS parameters to successfully implement packet telephony

결정적 서비스 품질 파라미터	허용범위
종단에서 종단 지연(End-to-End delay)	$\leq 120\text{ms}$
패킷 전송률(delivery rate)	$\geq 95\%$
패킷 드롭률(drop rate)	$\leq 5\%$
패킷 손실률(loss rate)	$\leq 5\%$

송 지연현상 외에 음성과 영상 데이터를 전송하는 과정에서 발생하는 기본적인 지연요소가 존재한다. 이는 아날로그 신호를 디지털화하고 코덱을 이용하여 압축하고 이것을 패킷화하여 무선망과 네트워크를 통하여 송·수신하는 과정에서 반복적으로 발생하는 불가피한 지연을 말한다. 본 논문에서는 제한된 대역폭의 전송통신망 환경에서의 데이터 전송을 대상으로 하고 있으므로, 상용통신망 또는 전송통신망의 환경 조건에 상관없이 공통적으로 발생하는 이러한 기본적인 전송 지연요소는 더 언급하지 않겠다.

IV. 전송통신망 환경에서 소프트웨어 방식 화상회의 품질향상을 위한 방안과 실험결과

앞 장에서 우리는 SPIDER 환경의 1Mbps 이하의 대역폭, 데이터 손실과 지연 등의 제한사항에 대하여 살펴보았다. 이 장에서는 이러한 제한사항을 극복하고 소프트웨어 방식 화상회의 품질향상을 위한 여러 가지 방안과 이를 적용한 실험결과를 제시하고자 한다. 제시되는 실험결과들은 아전부대에서 우리 군의 전송통신망인 SPIDER를 기반으로 운용 시험평가에서 사용된 동일한 소프트웨어 방식 화상회의 프로그램 Curix를 사용하여 직접 측정된 결과이다. 일부의 실험결과는 객관적인 수치 데이터를 제공하지 못하고 다소 주관적이라고 할 수 있는 실험 참가자들의 검증의견을 토대로 했음을 밝힌다.

4.1. SPIDER의 네트워크 상태

먼저 이 절에서는 실험을 실시한 아전부대에서 측정된 SPIDER의 네트워크 상태를 살펴본다. SPIDER는 각각의 노드가 VHF구간으로 연결되어 있으며 ping 측정결과 네트워크 상태가 좋지 않은 경우에는 "request timed out"이 빈번하게 발생하여 화상회의 운용시 영상 일그러짐, 영상 지연, 음성 끊김 또는 음성 지연이 발생하는 것으로 확인되었다.

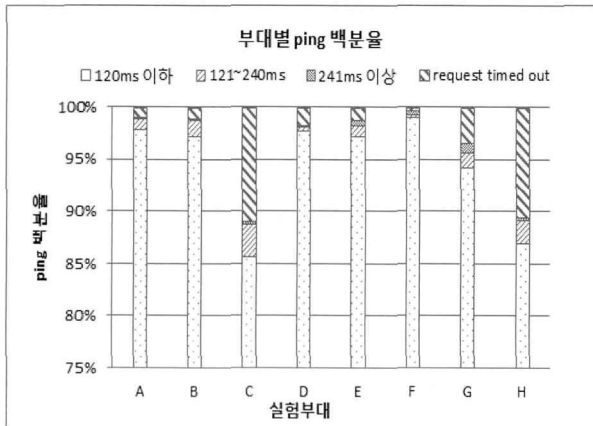


그림 1. 야전부대 ping 백분율
Fig. 1. Ping percentage of field forces

표 9는 일반적으로 사용되는 패킷통신의 서비스 품질 파라미터(QoS parameter)를 나타낸 것이다^[11]. 이에 따르면 종단에서 종단간 지연시간(End-to-End Delay)은 120ms 이하, 패킷손실률은 5% 이하가 성공적인 패킷통신 구현을 위한 허용범위이다. 그림 1은 야전부대별 ping 실험결과를 백분율로 나타낸 것이다. 서비스 품질 파라미터를 만족하는 120ms이하의 비율이 2개 부대가 90%에 못 미치는 것을 볼 수 있다. 또한 “request timed out”의 비율은 패킷 손실률과 밀접한 관련이 있다. 마찬가지로 동일한 2개 부대의 “request timed out”의 비율이 5%를 훨씬 초과하고 있다. 이러한 실험결과는 실제 SPDIER이 불안정하고 서비스 품질을 보장받기 힘들다는 것을 보여준다.

4.2. 전송통신망의 제한사항 극복 방안과 실험 결과

앞서 확인한 바와 같이 네트워크가 불안정한 전송통신망에서는 데이터 손실과 지연이 빈번히 발생할 수 있다. 여기에서는 이러한 제한사항을 극복하고 소프트웨어 방식 화상회의 품질을 향상하기 위한 방안과 실험결과를 제시한다.

4.2.1. 화상회의 운용실험을 위한 사전 적용사항

(1) 손실된 영상패킷 재전송

영상 프레임은 동영상 화면 중 하나의 정지영상을 말한다. 하나의 영상패킷을 손실하면 그 패킷이 구성하는 하나의 프레임을 사용할 수 없게 되고 화면이 일그러지는 현상이 발생하게 된다. UDP는 영상패킷의 손실을 무시하고 일방적인 전송방식으로 영상의 일그러짐을 해결할 수 없다. 이러한 문제점을 해소하기 위해서는 손실된 영상 프레임을 재전

송하는 TCP 또는 R-UDP 방식을 사용해야한다.

손실패킷에 대한 재전송기법을 이용한 영상 프레임 전송과정은 그림 2에서 보는 바와 같다. 그림 2는 전송 대역폭이 64kbps, 패킷전송 손실률이 50%인 SPIDER 환경에서 8kbyte 크기의 영상 프레임 하나를 전송하는 과정을 나타낸 것이다.

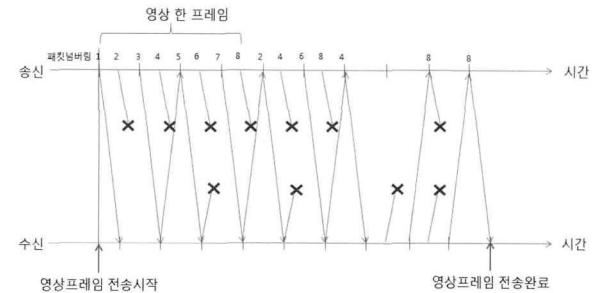


그림 2. 50%의 패킷 손실에서 하나의 영상 프레임 전송과정
Fig. 2. transfer process of one video frame with a loss rate of 50%

여기에서 우리가 간과하지 말 것은 손실된 패킷을 재전송함으로써 영상 일그러짐 현상은 해소할 수 있으나 이러한 재전송 과정으로 인해 영상지연 현상이 발생한다는 것이다. 그림 2에서 영상 프레임 하나를 전송하기 위해 18번의 패킷 전송간격이 소요된다. 표 4에서 보는 바와 같이 패킷전송 간격이 125ms이므로 그림 2의 과정을 통해 한 개의 영상 프레임을 전송하기 위한 지연시간이 2.25초인 것을 알 수 있다. 당연히 네트워크 상태가 불안정하여 패킷전송 손실률이 커지면 이에 따른 전송 지연시간도 증가하게 된다.

(2) 영상크기 축소

제한된 대역폭의 전송통신망에서 영상의 일그러짐을 극복하기 위해 전송되는 영상크기를 축소하는 방법이 있다. 이는 표 2에서 보인 영상포맷 가운데 CIF를 대신하여 QCIF 포맷을 이용하는 방식이다. SQCIF 포맷은 화면이 너무 작아 사용하지 않았고, 4CIF와 16QCIF 포맷은 네트워크 대역폭이 2Mbps 이상의 환경에서 사용하기 때문에 실험대상에서 제외하였다. CIF 영상을 QCIF로 변경 운용하면 전송되는 데이터용량이 그만큼 축소되므로 확실히 영상 일그러짐 현상이 줄어들고 더 자연스러운 움직임은 볼 수 있다.

4.4.2. 영상품질 향상을 위한 화상회의 운용방안과 실험결과

앞 절에서 언급한 바와 같이 UDP 방식이 아니라 TCP 또는 R-UDP 방식을 사용하여 손실된 영

상패킷을 재전송하면 영상의 일그러짐을 막을 수 있다. 또한 CIF 포맷 대신 QCIF 포맷을 사용하여 영상크기를 축소하면 데이터 전송용량을 줄일 수 있는 간단한 방법이다. 이 절의 화상회의 실험결과

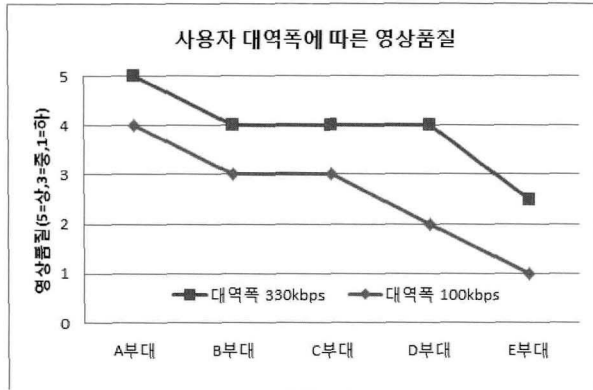


그림 3. 사용자 대역폭에 따른 영상품질
Fig. 3. Video quality to user bandwidth

는 실시간 전송이 뛰어난 R-UDP방식과 QCIF 포맷을 기본적으로 적용하였다. 또한 영상코덱은 H.263, 지터버퍼는 180ms, 사용자수는 9명, 대역폭은 개인별로 제한하여 100kbps 또는 330kbps로 설정하였다. 이러한 값들은 별도의 언급이 없을 경우 모든 실험에 고정값으로 적용하였다.

(1) 사용자 대역폭 보장

전송통신망에서 화상회의를 운용하는데 가장 문제가 되는 것이 제한된 대역폭이다. 그림 3은 화상회의 운용실험에서 사용자 대역폭을 100kbps와 330kbps로 설정했을 때 각각의 영상품질을 측정하였다. 그림 3의 운용실험에서 고정값으로 영상코덱은 H.263, 지터버퍼는 180ms, 사용자수는 9명과 함께 영상정보의 압축률은 4, 프레임 수는 10로 설정하였다. 영상품질은 실험 참가자들의 판정에 의해 상(5), 중(3), 하(1)로 구분하여 평균값을 적용하였다. 실험결과에서 보는 바와 같이 당연히 사용자 대역폭이 큰 화상회의 영상품질이 더 좋은 것으로 나타났다. 그렇지만 현재의 군 전송통신망인 SPIDER에서 ATCIS와 함께 운용되는 화상회의가 충분한 대역폭을 사용할 수는 없다.

(2) 압축률 조정

제한된 대역폭에서 네트워크 성능향상 방법은 데이터 용량을 줄이는 것이고, 데이터 용량은 압축률에 영향을 받는다. 압축률을 향상시키는 것은 많은 양의 데이터가 일정한 수의 패킷 또는 블록단위로 전송되는 것을 의미한다. 그렇지만 전송통신망은 네트워크 상태가 불안정하여 데이터 손실 또는 지연

을 피할 수 없다. 그림 4는 다른 고정값과 함께 사용자 대역폭 100kbps, 프레임 수 10으로 설정하고, 압축률을 4, 10, 15 등으로 변경하며 화상회의 영상

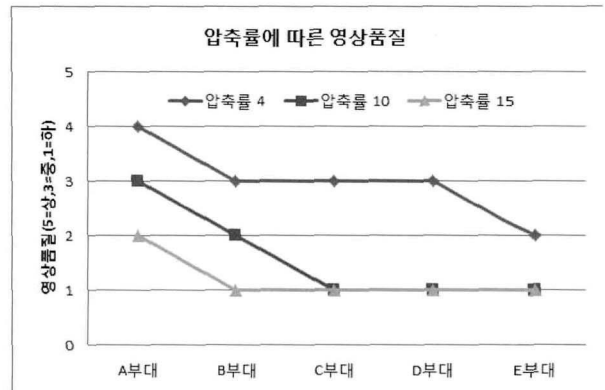


그림 4. 압축률에 따른 영상품질
Fig. 4. Video quality to compression rate

품질을 판정한 결과이다. 실험결과에 따르면 사용자들이 만족할 만한 고품질의 화상회의를 위한 압축률은 4로 나타났다. 압축률이 높으면 전송통신망에서 발생하는 패킷 손실 또는 지연으로 인한 영상정보의 손실이 그만큼 많아지고 영상품질이 저하되는 것이다. 저품질의 화상회의로 단지 형상을 식별할 정도의 목적으로 운용된다면 압축률은 15 이상으로 설정하여 대역폭을 효과적으로 사용할 수도 있을 것이다. 사용자 대역폭을 330kbps로 설정한 운용실험에서도 영상품질이 향상되기는 했지만 그림 4와 비슷하게 압축률이 4일 때 가장 좋은 결과를 보였다.

(3) 프레임 수 조정

제한된 대역폭에서 데이터 용량을 결정하는 다른 하나는 전송 프레임 수이다. 전송 프레임 수가 많은 수록 당연히 데이터 용량이 많아지고 영상품질은 향상될 것이다. 실제 화상회의 운용실험 결과에 따르면 사용자 대역폭이 100kbps로 제한된 SPIDER에서는 프레임 수의 변화가 중요한 영향을 미치지 않았다. 프레임 수가 적으면 영상정보의 전달이 그만큼 제한되고, 프레임 수가 많으면 데이터 분실 또는 지연으로 화상회의 품질이 저하되기 때문이다. 그림 5는 다른 고정값과 함께 사용자 대역폭을 330kbps, 압축률은 7로 설정하고, 프레임 수를 1, 5, 10, 20 등으로 변경하며 영상품질을 판정한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 네트워크 대역폭이 높아지는 경우에는 프레임 수가 많아지면, 특히 20으로 설정할 때 사용자가 영상품질에 만족하는 것으로 나타났다.

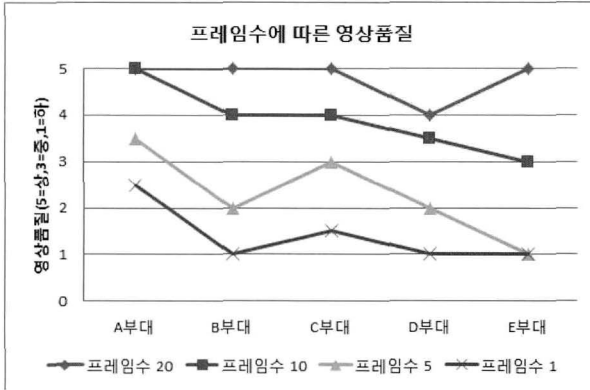


그림 5. 프레임 수에 따른 영상품질
Fig. 5. Video quality to number of frames

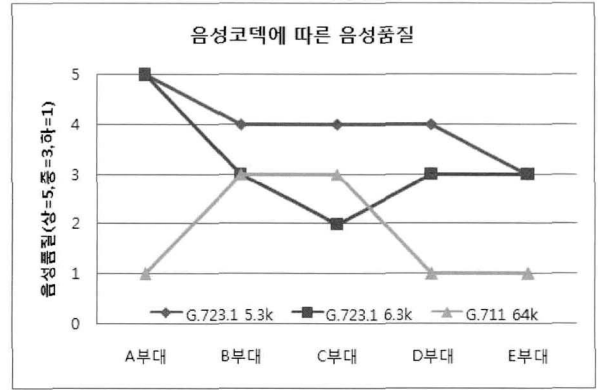


그림 6. 음성코덱에 따른 음성품질
Fig. 6. Audio quality to audio codec

(4) 영상품질 향상을 위한 다른 방안들

여기에서는 화상회의 운용간 영상품질 향상을 위한 다른 두 가지 방안을 제안한다. 이들은 운용실험 결과자료가 부족하거나 관련된 다른 고려사항으로 추가적인 연구분석과 검증이 필요할 수 있으므로 간단히 언급할 뿐이다.

첫째는 개인별 대역폭의 할당이다. 전송통신망 환경에서 여러 가입자가 참여하는 화상회의는 특정 가입자의 움직임이 증대되거나 자료공유를 하는 경우 데이터의 유동성이 증가하여 가입자별 영상지연 개인차이가 발생한다. 이것은 이러한 개인차현상은 대역폭을 가입자별로 균등하게 할당하여 최소화할 수 있다. 그렇지만 가입자별로 네트워크 상태가 동일할 수 없기 때문에 대역폭 설정만으로 가입자별 영상지연 차이를 없앨 수는 없다.

둘째는 영상 데이터량이 많은 i-프레임을 줄이고 데이터량이 적은 p-프레임을 늘리는 방법이다. 기존의 영상 전송방식은 16개의 p-프레임마다 1개의 i-프레임을 전송하면서 한 개의 믹싱화면을 공유하였다. 이것을 사용자 개인별 믹싱화면을 사용하여 영상크기를 줄이고 1개의 i-프레임 전송 후 지속적으로 p-프레임을 전송함으로써 영상 지연현상을 최소화하여 운용할 수 있다. 그렇지만 1개의 i-프레임을 손실했을 때 야기되는 영상단절 또는 지연현상이 그만큼 커질 수 있다.

4.2.3. 음성품질 향상을 위한 화상회의 운용방안과 실험결과

음성정보는 영상정보에 비해 상대적으로 데이터량이 적고 송수신 방식도 훨씬 간단하다. 화상회의는 영상과 음성통화가 동시에 진행되므로 음성이 끊어지거나 지연되어 전체 시스템에 영향을 미칠

수도 있다. 이 절에서는 전송통신망 환경에서 보다 안정적이고 효과적으로 음성품질을 향상시킬 수 있는 방안을 살펴본다. 음성품질에 대한 운용실험을 위해 통신방식은 R-UDP, 사용자 수는 9, 지터버퍼는 180ms, 사용자 개인별 대역폭은 100kbps로 설정 값을 고정하고, 음성통화와 함께 영상통화를 적용한 상태에서 변경하는 설정 값에 대한 실험결과를 비교분석한다.

(1) 음성코덱의 조정

영상정보와 동시에 송수신되는 음성정보의 데이터량도 당연히 네트워크 대역폭의 영향을 받는다. 전송통신망의 제한된 대역폭에서 용량이 큰 영상 데이터와 동시에 전송되는 음성 데이터는 적은 네트워크 대역폭을 차지하는 음성코덱이 더 효과적이다. 그림 6은 다른 고정값과 함께 음성보정 패킷 수를 1개로 설정하고, G.723.1 5.3k, G.723.1 6.3k, G.711 64k 등 사용하는 대역폭이 서로 다른 음성코덱에 대한 음성품질을 실험참가자들이 상(5), 중(3), 하(1)로 판정한 결과의 평균값을 나타낸 것이다. 실험결과에서 보는 바와 같이 G.723.1 5.3k 코덱을 사용할 때 더 좋은 음성품질을 제공하고 있다. 부대에 따라서는 G.723.1 5.3k와 6.3k의 음성품질에도 큰 차이를 보이고 있다. 이러한 음성코덱의 조정에 따른 음성품질의 변화는 전송통신망에서 화상회의 운용을 위해 가용한 대역폭이 그만큼 제한적이라는 사실의 반증이라고 할 수 있다. 전송통신망일지라도 네트워크 상태가 양호한 경우에는 이러한 음성코덱의 조정이 화상회의 운용에 영향을 미치지 않을 것이다.

(2) 음성보정 데이터

전송통신망의 연결이 끊어지는 등의 이유로 음성패킷이 손실되면 해당 음절이 끊어지는 현상이 발

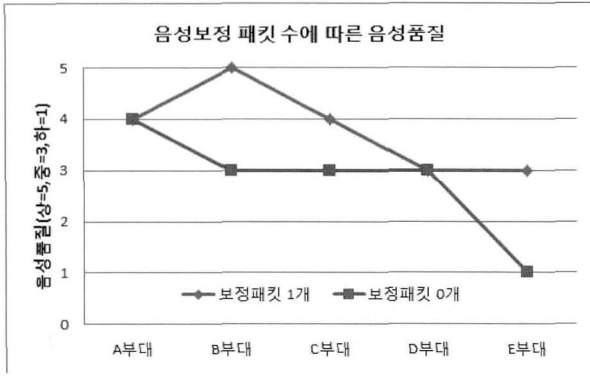


그림 7. 음성보정 패킷 수에 따른 음성품질
Fig. 7. Audio quality to number of compensation packets

생한다. 음성패킷의 손실에 대비하여 음성 데이터 전송시 현재 데이터와 그 이전의 데이터를 같이 전송하여 손실된 데이터를 복구해주는 음성보정 기법을 사용하여 손실된 음성패킷을 복원할 수 있다. 그렇지만 음성보정 데이터 개수를 늘리면 그만큼 음성 데이터량이 늘어난다. 운용실험 결과에 따르면 1~2개가 최적인 것으로 나타났다. 그림 7은 다른 고정값과 함께 음성코덱은 G.723.1 5.3k로 설정하고 음성보정 패킷 수를 0과 1로 변경하여 음성품질을 판정한 결과이다. 그림에서 보는 바와 같이 음성보정 패킷을 1개 사용할 때 더 좋은 음성품질은 나타난다.

(3) 지터버퍼 크기 조정

네트워크 지연에 따라 전송된 음성패킷의 순서가 뒤섞이는 현상이 발생한다. 뒤섞인 음성패킷의 순서를 다시 정상적으로 정렬하기 위해 사용하는 것이 지터버퍼(Jitter buffer)이다. 지터버퍼의 크기는 네트워크의 평균 지연시간에 맞추어 결정한다. 네트워크의 평균 지연시간이 길수록 지터버퍼의 크기가 커지고 그만큼 음성 지연시간은 길어질 것이다. 음성품질과 네트워크 상태에 따라 적절한 크기를 결정할 수밖에 없는데 근본적으로 네트워크 지연시간을 줄이는 게 최선일 것이다.

지금까지 전송통신망 기반의 제한된 대역폭과 불안정한 네트워크 상태를 극복하고 소프트웨어 방식 화상회의 운용을 구현하기 위한 영상품질 및 음성품질 향상방안과 운용실험 결과를 제시하였다. 먼저 R-UDP방식을 이용한 손실패킷에 대한 재전송기법과 데이터 용량을 줄이기 위한 영상크기 축소는 운용실험을 위해 우선적으로 적용하였다. 화상회의 운용을 위해서는 사용자 대역폭 보장이 최선의 해결방안이나 1Mbps이하의 제한된 대역폭이 가용한 전송통신망 환경에서는 영상 데이터 압축률 조정, 전

송되는 영상 프레임 수 조정 등으로 영상품질을 향상시킬 수 있으며, 음성코덱 변경, 음성보정 데이터 사용 등으로 음성품질을 향상시킬 수 있다.

이번 연구에서 각각의 운용실험은 동일한 조건 아래 하나의 변경값에 따른 화상회의 성능을 비교하기 위하여 다른 요소들에 대해서는 임의의 고정값을 설정하였으며, 전송통신망에서 화상회의 품질을 향상시킬 수 있는 몇 가지 방안을 제시하였다. 화상회의 성능에 영향을 미치는 각각의 요소에 대한 비교분석은 방대한 운용실험과 분석을 요구하므로 차후 연구과제로 남겨두었다.

VI. 결 론

본 논문은 전송통신망 기반의 소프트웨어 방식 화상회의 운용방안에 대한 연구이다. 군 전송부대가 음성과 데이터통신을 위한 기반체제로 사용되는 전송통신망은 1Mbps 이하의 제한된 대역폭을 나누어 지상전술 C4I체계(ATCIS), 화상회의 등을 운용하고 있다. 전송통신망의 대역폭은 네트워크중심전(NCW)의 핵심인 ATCIS 운용을 위해 우선적으로 사용하기 때문에 화상회의가 실제 사용할 수 있는 대역폭은 더욱 줄어들게 된다. 또한 전송통신망을 구성하는 각각의 구간은 네트워크 상태가 불안정하여 데이터 손실과 전송지연 현상이 빈번히 발생한다.

이러한 전송통신망의 제한사항을 극복하고 소프트웨어 방식의 화상회의 품질을 향상시키기 위한 방안과 이를 적용한 실제 실험결과를 살펴보았다. 제시된 실험결과는 다른 요소들에 대해 임의의 고정값을 동일조건으로 설정하고 압축률이나 프레임 수 또는 음성코덱 등의 변경에 따른 화상회의 성능을 비교하였다. 손실패킷을 복원하기 위한 재전송기법과 데이터 용량을 줄이는 영상크기 축소는 화상회의 운용실험을 위해 우선적으로 적용하였다. 고품질의 화상회의 운용을 위해서는 충분한 대역폭을 확보하는 것이 바람직하지만, 제한된 대역폭의 전송통신망 환경에서는 데이터 압축률 조정, 전송 프레임의 수 조정, 음성코덱의 변경과 음성보정 패킷 적용 등을 최적화함으로써 향상된 영상과 음성품질의 화상회의 운용이 가능하다.

화상회의 운용에 대한 사용자 요구가 급증하는 현재에 이르러 무엇보다 충분한 대역폭을 보장하고 안정된 네트워크 상태를 구비하는 것이 근본적인 해결대책이다. 그러나 이러한 통신기반을 확보하기 위한 비용과 시간이 결코 적지 않을 것이며, 앞으로

도 고속의 대용량 대역폭의 기반 네트워크가 제공 될 수 없는 다양한 분야가 존재할 것이다. 그러므로 전송통신망 기반의 화상회의 품질향상에 대한 연구는 계속될 것이며 그 응용분야가 적지 않을 것이다. 본 논문에서 제안된 방안들이 장차 이러한 연구를 하는데 방향을 제시하고 도움이 되길 기대한다.

참 고 문 헌

[1] Postel, J., "Internet Protocol - DARPA Internet Program Protocol Specification", STD5, RFC 791, September 1981.

[2] Nefsis, "Video Conferencing History" (<http://www.nefsis.com/Best-Video-Conferencing-Software/video-conferencing-history.html>)

[3] 하승우, "전술 C4I 체계 지원을 위한 VoIP의 군 전송 통신망 적용 방안에 관한 연구," 석사논문, 대전대 산업정보대학원, 2003.

[4] 정영권, "IP 기반의 차기 군 전송통신망 설계 및 성능에 관한 연구," 석사논문, 한국과학기술원, 2006.

[5] 권동호, "전술통신체계(spider) 기반의 데이터 통신 구축 모델에 관한 연구," 석사논문, 중앙대 정보대학원, 2004.

[6] 박일환, 차호정, "H.263과 G.723.1에 기반한 인터넷 화상회의 시스템," 한국정보과학회논문집, 제26권, 제2호(Ⅲ), 1999.

[7] 고광산, 장정수, 정회경, "멀티미디어 데이터 및 화면 공유 기법을 활용한 화상회의 시스템," 한국해양정보통신학회논문지, 제9권, 제5호, pp.1012-1018, 8월, 2005.

[8] 이성득, 강상길, "화상회의 시스템의 유연성 개선을 위한 에이전트 내 QoS 자동 튜닝법," 한국퍼지밍지능시스템학회 논문집, 제15권, 제2호, 2005.

[9] 김용호, 김형균, 오근택, 이윤배, "안전한 화상회의를 위한 영상암호화에 관한 연구," 제22회 한국정보처리학회 추계학술발표대회, 11권, 2호, 2004.

[10] NAVER 백과사전, "화상회의시스템" (<http://100.naver.com/100.nhn?docid=172800>)

[11] Postel, J., "Transmission Control Protocol", RFC 793, September 1981.

[12] Postel, J., "User Datagram Protocol", RFC 768, August 1980.

[13] ITU-T Rec. H.323, "Packet-based multi-media communications systems," Dec. 2009.

[14] Bova, T. and Krivoruchka, T., "reliable UDP protocol", expired internet draft, Feb. 1999.

[15] ITU-T Rec. H.261, "Codec for audiovisual services at n×384kbit/s," Nov. 1988.

[16] ITU-T Rec. H.263, "Video coding for low bit rate communication," Jan. 2005.

[17] Schulzrinne, H., Casner, S., Frederick, R. and Jacobson, V., "RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications", RFC 3550, July 2003.

[18] ITU-T Rec. H.264, "Advanced video coding for generic audiovisual services," Mar. 2010.

[19] 김권희, "C4I 체계 구축 현황 및 향후 과제," 합참, 28호, pp.60-63, 2006.

[20] 김권희, "NCW 구현을 위한 한국군 C4I 전력 발전방향," 원광 군사논단, 제6호, pp.457 -542, 2010.

[21] 국방과학연구소, 국방과학기술조사서, 2003.

[22] 박현규, "지상전술C4I 체계 네트워크 중심 분석 결과," 국방과 기술, 5월-7월, 2006.

[23] ITU-T Rec. G.114, "One-way transmission time," May 2003.

[24] Paolo Giacomazzi et. al., "Quality of Service for Packet Telephony over Mobile Ad Hoc Network," *IEEE Network*, Vol. 20, Issue 1, pp.12-20, Jan.-Feb. 2006.

김 권 희 (Gwon Hee Kim)

정회원



1985년 Boston Univ. MBA/경제학 석사
1990년 Univ. of Wisconsin-Madison 경영학 박사
2008년 아주대학교 정보통신공학 석사(IT/C4I)
<주요경력>

1995년 대통령비서실 외교안보상황반장
1998년 27사단 포병대대장
2003년 65사단 포병연대장
2005년 육군 포병학교 교육연대장
2006년~현재 방위사업청 지휘통제통신전자분야 팀장
2010년 한국통신학회 군사분야 지휘통신논문 심사위원
<관심분야> C4I, NCW, 정보통신, 경영학, 경제학