

Legacy Radio 기반의 전술데이터 통신 효율성 향상 위한 데이터 압축 기법

The Data Compression Method for increase of Efficiency in Tactical Data Communication over Legacy Radios

심 동 섭* 신 응 희** 김 기 형***
Dong-Sub Sim Ung-Hee Shin Ki-Hyung Kim

Abstract

The Military Tactical Communication technology for effective network-centric warfare is developing. Targeting broadband wireless transmission, core technology for connection, and Transmission technology that secure survivability under High-speed Movement environment. On the one hand, Tactical data communication system that reflects military characteristic is developing on the base of Legacy communication equipment which is used in the field. Because almost every military units in the field have used voice to communicate which lower efficiency of operation, they have made effort to Substitute voice communication which delays military Operation Tempo to digital communication. The Communications environment of troops in Forward edge of battle field area is very poor. Especially in terms of limited frequency allocation and bandwidth. Therefore, improving the efficiency of frequency is essential for Military Tactical Communication. This paper is about The Data Compression Method for increase of Efficiency in Tactical Data Communication over Legacy Radios which are UHF, VHF, HF Radio. I proposed and proved the most efficient Data Compression Method that reflects military characteristic, after analyzing the experimentation, which simulate CAS(Close Air Support mission) data transmission between Pilot and TACP.

Keywords : Tactical Air Control Party(TACP, 전술항공통제반), Air Support Operation Center(ASOC, 항공지원작전본부), Network Centric Warfare(NCW, 네트워크중심전), Closed Air Support(근접항공지원작전)^[1]

† 2010년 3월 3일 접수~2010년 6월 10일 게재승인

* 공군 공지합동작전학교(Air Ground Operation School of ROKAF)

** 공군 작전정보통신단(Operation Information and Communications Wing of ROKAF)

*** 아주대학교(Ajou University)

책임저자 : 심동섭(sim319@hanmail.net)

1. 서 론

전술 데이터 통신 기술은 미래 네트워크 중심전을 효과적으로 수행하기 위하여 고속 이동환경을 고려한 광대역 무선전송 및 접속 핵심 기술과 생존성 확보를 위한 전송기술에 목표를 두고 발전하고 있다. 또 한편

으로는 현재 야전의 전술 단위 부대는 기 배치된 통신장비를 기반으로 군 특성에 맞는 전술 데이터 통신 체계를 발전시키고 있다. 음성위주의 통신은 작전 템포를 지연시키는 문제점이 있어 이를 극복하고자 음성위주의 통신을 디지털 통신으로 대체하기 위한 노력을 진행 중에 있다. 현재 군에서 사용하고 있는 무선 장비는 주로 UHF, VHF, HF이며, 전투를 수행하고 있는 전술 제대의 통신 환경은 더욱 열악하다. 주파수 운용측면에서 주파수 할당과 대역폭 등이 아주 제한적인 상태에서 작전이 수행된다. 이렇듯 전술 데이터를 무선 환경에서 운용하면서 발생하는 여러 제약조건들이 야전에서 발생하고 있고 이를 극복하기 위한 방법들이 절실히 필요한 상태이다.

본 논문의 연구배경은 다음과 같다.

첫째, 군은 모든 공중 플랫폼에서 운용되고 있는 협대역의 UHF, VHF, HF 통신 장비를 활용하여 모든 공중 플랫폼에 공통적으로 적용 및 장착 가능한 Legacy Radio 기반의 전술데이터 링크 체계 구축을 추진하고 있다.

둘째, 플랫폼이나 전투원은 기존의 부피가 크고, 이동성이 없는 시스템을 기동성 및 이동성이 보장된 Handheld, 태블릿, 노트북, 휴대가 가능한 초소형 컴퓨터로 대체를 원하고 있다.

셋째, 공중 플랫폼을 포함한 전술제대의 군 MANET 요구사항은 25KHz 이하의 좁은 주파수 영역 안에서 음성통신과 데이터 통신의 보장을 요구함에 따라 주파수의 효율성을 높일 수 있는 기술이 필요하다.

따라서, 본 논문의 목적은 25KHz 이하 Legacy Radio 주파수의 효율성 향상과 기동성, 이동성 있는 Handheld, 태블릿, 노트북, UMPC 등 휴대가 가능한 시스템에서도 신속하게 전술데이터를 송수신 할 수 있는 전술데이터 압축 기법에 대한 연구이다.

현재 운용중인 Legacy Radio의 HF는 2~20대 MHz 대역이며, VHF-FM은 20~80대 MHz 대역, VHF-AM은 100~150대 MHz 대역이고 UHF는 200~300대 대역의 주파수를 운용한다. 특히, 항공기와 지상 간에는 UHF를 주로 운용하고 있는데 음성통신과 데이터 통신이 공유하면서 전술통신하는 개념을 도입하고 있다. 음성통신이 주파수를 사용 하지 않을 경우 데이터 통신이 이루어는 형태이다.

논문의 구성은 군에서 적용하고 있는 Legacy Radio 기반의 전술 데이터 통신 현황과 상용에서 전송 효율을 향상시키기 위해 주로 사용하고 있는 일반적인 데

이터 압축 기법 고찰, 군의 여러가지 임무 형태 중의 하나인 근접항공지원임무를 선정하여 시나리오를 작성하고 그 시나리오 상에서 운용되는 전술 메시지의 식별 및 세부 데이터 유형을 분석하여 그 전술데이터에 맞는 압축 기법 제안, 제안된 전술 데이터 압축 기법을 상용의 일반적인 압축기법과의 비교 실험, 그리고 결론 및 향후 연구과제로 순으로 구성되어 있다.

2. 관련연구

가. Legacy Radio 전술 통신

미래전의 수행개념은 네트워크로 모든 부대와 인원들을 연결함으로써 정보를 효과적으로 전파하고 공유를 하며, 전투원으로 하여금 상황인식을 증가시켜, 신속하고 정밀하게 표적을 공격하는 형태로 전투가 수행될 것이다. 현재 항공기에 견고하고 융통성 있는 데이터 통신 능력을 부여하기 위하여 노력중이다. 특히 주파수 할당의 제한으로 인한 기존 주파수의 효율성 향상과 기 배치된 전술 통신 장비의 개조 없이 단기간 저비용의 전술 데이터 통신체계를 구축하고 있다.

현재 일반적으로 운용되고 있는 Legacy Radio 장비는 주로 HF, VHF, UHF이며 위성의 발달과 함께 장비 및 주파수 운영 대역은 그에 맞게 변화하고 있다. 공중 플랫폼에서 주로 사용하고 있는 UHF 장비는 200대 MHz대역에서 300대 MHz 대역을 사용하고 있으며, 0.025MHz 간격으로 7000여개의 채널이 운영 되고 있다. UHF 채널 변경 시간은 최대 0.25초이며 Primary Power는 24-33 Vdc에서 35W Rcv, 110W Xmt 이다^[2]. 데이터 통신은 모뎀을 통하여 전술데이터를 운용하고 있으며 이로 인해 조종사에게 항법 보조, 상황인식 증가, 신속한 표적식별 및 공격에 필요한 데이터들을 제공한다. 데이터 전송은 300~1200bps 수준이며 1회 전송량은 장비의 제한으로 인하여 호핑 모드일 때는 64바이트 일반 통신 모드일 때는 256바이트 크기로 전송이 가능하다. 이로 인해 전송효율 및 주파수 효율성을 향상시키기 위한 전술 데이터의 압축 기법 필요하다.

나. 전송효율 향상위한 일반적 압축 기법

일반적으로, 압축 기법들은 데이터 복원력에 따라, 손실 압축과 무 손실 압축으로 구분된다.

손실 압축은 데이터의 일부 정보를 제거하여 압축하는 것으로 압축된 데이터를 복원한 결과는 본래 데

이더와 다르다. 반면, 무 손실 압축에는 정해 놓은 통계치를 사용하거나 전혀 사용하지 않는 정적방식, 데이터의 통계치를 먼저 추출하고 추출한 통계치를 사용하여 압축하는 준 적응 방식, 그리고, 데이터를 압축하면서 통계치를 추출하는 적응방식이 있다^{3,4)}.

본 연구에서는 무 손실 압축 기법을 다룬다.

1) RLE 압축 기법

압축의 원리는 중복되는 코드를 줄이는 것으로 현재 사용되는 압축 방법 중 일반적으로 사용되는 기법은 RLE 기법, 허프만 기법, LZW 압축 기법 등 있다.

RLE(Run Length Encoding, 실행 길이 부호화)는 압축 기법 중에서 가장 간단한 방법이다. RLE는 파일내부를 검색하여 같은 문자가 반복되면 몇 개가 반복되는지 세어서 줄이는 방법을 사용한다. 즉, 연속되는 문자가 있을 경우 이를 한꺼번에 하나로 줄이는 방법이다⁵⁾.

예를 들면 ‘WWWWBWWWWBBWWBWWWWWW’와 같은 연속되는 문자 데이터가 있다고 할 때 이 데이터를 ‘5WB4W2B3WB6W’로 압축하여 간단히 나타낼 수 있다. 이 경우 22글자였으나 단지 12글자만으로 표현할 수 있다.

RLE 압축 기법의 장점은 압축과 압축을 푸는 속도가 매우 빠르며, 특히 같은 문자가 계속 반복되는 자료를 압축할 때 높은 압축률을 나타낸다.

2) 허프만 압축기법

허프만 압축기법은 데이터 문자의 등장 빈도에 따라서 다른 길이의 부호를 사용하는 알고리즘이다. 원리는 문자들이 적게 나오는 문자일수록 더 긴 부호를 쓰고 많이 나올수록 더 짧은 부호를 쓴다.

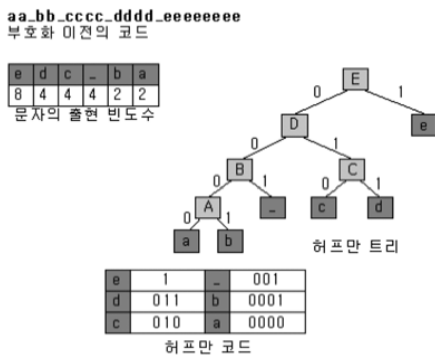


Fig. 1. 허프만 압축기법의 예⁵⁾

Fig. 1은 허프만 압축기법의 예이다.

허프만 코딩은 첫째, 압축할 파일을 읽어서 각 문자들의 출현 빈도수를 구한다. 둘째, 이들 중에서 가장 빈도수가 적은 문자들을 연결시켜서 기억 장소 내에서 이진 트리를 만든다. 셋째, 이진트리에서 각각의 문자를 대표하는 값을 얻는다. 넷째, 파일의 문자들을 대표 값으로 변환시켜서 압축 파일을 생성한다. 허프만 압축 기법은 가변 길이 압축 기법이다. 허프만 압축 기법은 빈도수의 계산을 위해서 파일을 한번 미리 읽어야 하고, 다음에 실제 압축을 위해서 파일을 한 번 더 읽어야 하는 부담이 있다.

3) LZW 압축 기법

LZW 압축기법은 기억장소 내에 연속된 문자열들에 대한 표를 만들고 파일에서 연속된 두 문자를 읽어 해당 문자열이 기억장소 내의 작성된 표에 존재하는지 검사한다. 문자열이 존재하지 않으면 문자열에 대한 정보를 보관하고 출력파일(압축파일)에는 해당 문자가 위치하는 주소를 기록한다. 문자열이 이미 기억

(a) 입력 파일

84	104	105	115	32	105	115	32	97	32	108	105	110	101	46	13	10
----	-----	-----	-----	----	-----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

T h i s <32> i s <32> a <32> l i n e . <13> <10>

(b) 기억 장소 내부에 저장된 테이블

코드	문자열	
	prefix	suffix
257	T	h
258	h	i
259	i	s
260	s	<32>
261	<32>	i
262	259[is]	<32>
263	<32>	a
264	a	<32>
265	<32>	l
266	l	i
267	i	n
268	n	e
269	e	.
270	.	<13>
271	<13>	<10>

(c) 압축 파일

84	104	105	115	32	259	32	97	32	108	105	110	101	46	13	10
----	-----	-----	-----	----	-----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	----	----	----

T h i s <32> i s <32> a <32> l i n e . <13> <10>

Fig. 2. LZW 압축기법의 예⁶⁾

장소 내에 존재한다면 출력파일에 그 문자열의 주소를 기록한다.

LZW 압축 기법은 동일한 문자의 나열을 압축할 뿐 아니라, 동일한 패턴까지 압축하기 때문에 대부분의 경우에서 압축률이 뛰어나다. 그러나 패턴 검색 방법이 최적화되지 않으면 성능이 떨어진다. 실제 상용 압축 프로그램들은 여러 가지 방법을 사용한다. 허프만 압축 기법을 개량하거나, LZW 압축 기법을 개량해 사용하기도 하며, 혹은 이 둘과 RLE 압축 기법까지 총 동원해서 최대 압축률과 최소의 실행시간을 보이도록 최적화 한다.

Fig. 2는 LZW 압축기법은 나타낸 것이다.

3. 전술데이터 압축

전술 데이터 압축은 군의 여러가지 임무 형태 중의 하나인 근접항공지원임무를 선정하여 시나리오를 작성하고 그 시나리오 상에서 운용되는 전술 메시지의 식별 및 세부 데이터 유형을 분석하여 그 전술데이터에 맞는 압축 기법을 제안 한다.

가. 시나리오 및 메시지

시나리오는 지상군과 대치하고 있는 적의 목표물을 전투기로 공중 공격하는 근접항공지원작전 상황을 설정하였다. 근접항공지원은 우군과 근접해 있는 적 표적에 대하여 고정익 및 회전익 항공기에 의한 항공 작전이다.

Fig. 3은 근접항공지원작전 수행상황을 묘사한 것으로 시나리오는 다음과 같다.

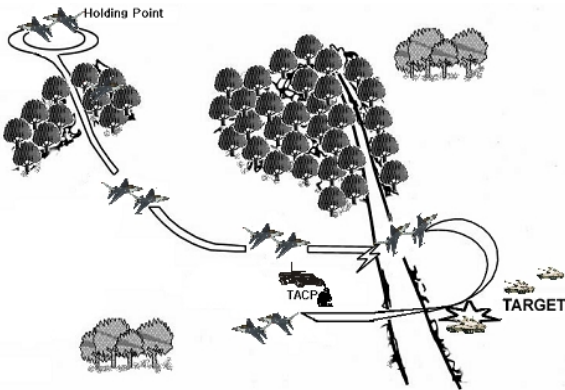


Fig. 3. 근접항공지원임무 수행도

지상 통제요원인 TACP는 항공지원 작전본부로 전투기 출동을 요청하고, 요청에 의해 긴급 출동한 전투기는 선회대기 지점에 대기한다.

선회대기 지점에서 대기하고 있던 전투기는 TACP 통제하에 임무지역에 진입한다. 임무지역에 진입하면서 전투기는 디지털 데이터 통신(UHF)으로 표적정보 등 임무에 대한 데이터를 상호간 송수신 한다. 전투기와 TACP간 임무 정보 교환 후 전투기는 목표를 공격한다. 공격 후 전투기는 기지로 귀환 한다.

시나리오 상에서 송수신하는 메시지는 Cell 정보, CAS Check-in, 60-8 Briefing, 9-Line Briefing, CAS 요청서 이다. 이러한 메시지는 송신자가 작성하여 실시간으로 UHF를 통하여 임무 중 수신자에게 전달 되도록 한다. 메시지 작성시 사용자들은 정해진 표준 양식을 사용 하도록 하며, 전술데이터들은 이와 같이 정해진 틀 속에서 운용 되도록 한다.

Fig. 4는 CAS Check-in Briefing 표준 양식이며, Fig. 5는 9-Line Briefing 표준 양식이다. 이것을 임무 컴퓨터의 사용자 인터페이스로 프로그래밍 한다.

CAS CHECK-IN BRIEFING	
Aircraft Transmits to Controller	
Aircraft: " _____ this is _____ "	(Controller Call Sign) (Aircraft Call Sign)
Note: Authentication and appropriate response suggested here. The brief may be abbreviated for brevity or security ("as fragged" or "with exception").	
Identification/Mission Number: " _____ "	
Number and Type of Aircraft: " _____ "	
Position and Altitude: " _____ "	
Ordnance: " _____ "	
Play Time: " _____ "	
Abort Code: " _____ "(If applicable)	
*Remarks: " _____ (NVG, LST, Special Mission Items) "	
*Optional Entry	

Fig. 4. CAS Check-In Briefing^[7]

임무 중 사용자 인터페이스를 통하여 송수신되는 메시지에 대한 세부 설명은 Table 1과 같다.

사용자 인터페이스를 통하여 Table 1의 각 메시지 내용은 숫자, 문자, 위·경도, 방위, 색 등을 조합하여 입력한다. Cell 정보의 필드에는 숫자, 텍스트, 색으로

CAS BRIEFING FORM (9 Line)	
(Omit data not required, do not transmit line numbers. Units of measure are standard unless otherwise specified. * Denotes minimum essential in limited communications environment. Bold denotes readback items when requested.)	
Terminal controller: " _____, this is _____" (aircraft call sign) (terminal controller)	
*1. IP/BP: " _____ "	
*2. Heading: " _____ " (magnetic). (IP/BP to target)	
Offset: " _____ " (left/right)	
*3. Distance: " _____ " (IP-to-target in nautical miles / BP-to-target in meters)	
*4. Target elevation: " _____ " (in feet MSL)	
*5. Target description: " _____ "	
*6. Target location: " _____ " (latitude/longitude or grid coordinates or offsets or visual)	
7. Type mark: " _____ " Code: " _____ " (WP, laser, IR, beacon) (actual code)	
Laser to target line: " _____ " degrees	
*8. Location of friendlies: " _____ "	
Position marked by: " _____ "	
9. Egress: " _____ " In the event of a beacon bombing request, insert beacon bombing chart line numbers here.	
Remarks (As appropriate): " _____ " (threats, restrictions, danger close, attack clearance, SEAD, abort codes, hazards)	
NOTE: for AC-130 employment, lines 5, 6, and 8 are mandatory briefing items. Remarks should also include detailed threat description, marking method of friendly locations (including magnetic bearing and distance in meters from the friendly position to the target, if available) identifiable ground features, danger close acceptance.	
Time on target (TOT): " _____ " OR	
Time to target (TTT): "Stand by _____ plus _____ Hack"	

Fig. 5. 9-Line Briefing 표준양식^[8]

Table 1. 송수신 메시지 설명서

Message Type	Sender	Sender Activity	Destination	Destination Activity	통신 매체	내 용
Cell	TACP	Cell 정보 작성/송신	Fighter	Cell 정보 수신	UHF	Cell 위치, 크기, 색
CAS Check-in	Fighter	전투기 정보 작성/송신	TACP	전투기 정보 수신	UHF	임무ID, 항공기, 위치, 중지코드, 무장, 임무시간
60-8 Briefing	TACP	60-8 작성/송신	Fighter	60-8 수신	UHF	위험지역, 비상통신 절차
9-Line Briefing	TACP	임무정보 작성/송신	Fighter	임무정보 수신	UHF	IP, 표적, 방향, 거리, 이탈정보, 고도, 우군위치,
CAS 요청서	TACP	CAS 요청서 작성/송신	ASOC	CAS 요청서 수신	HF	표적, 공격요망시간 등

CAS Check-in은 숫자, 영문자, 복합, 텍스트로, 60-8 Briefing은 숫자, 소수, 복합, 텍스트로 조합 입력한다. 그리고 9-Line Briefing은 숫자, 위·경도, 방위, 텍스트를 조합하여 전술데이터를 입력한다.

나. 전술 데이터 압축 기법

군 환경에서 송수신되는 전술데이터들을 상용에서 이루어지는 일반적인 압축기법을 사용하여 처리하기에는 주파수 대역폭 제한, 실시간 처리 등 여러 가지 제한으로 인하여 바로 적용하기에는 제한이 많다. 군 특성상 모든 전술 데이터들은 약속된 양식과 약속된 동작으로 전술 데이터들을 처리하여야 한다. 따라서 본 논문은 이에 착안하여 각 메시지의 모든 필드를 운용되는 전술 데이터를 크기를 고려하여 모두 수용할 수 있도록 정규화(데이터의 크기, 숫자/영문자/색 등 필드 데이터의 조합 구조, 처리규칙을 미리 정의)하여 전술데이터를 처리 하도록 하였다.

1) 전술 데이터 정규화

전술데이터를 빠르게 처리하기 위해서는 컴퓨터가 데이터를 바이트 단위로 처리하는 것을 비트단위로 처리 할 수 있도록 하여야 한다. 즉 각 메시지 필드에 대한 데이터 유형과 데이터 유형이 차지하는 비트 크기를 정규화하여야 한다.

Table 2. Message 필드 정규화 예

Message Number	U00.3		
Message Title	CAS Check In		
Message Purpose	Transfer the fighter information to TACP		
Field Index No.	Data Field Name	Packing Rules	# Bits
1.	Mission Number	NNNNE	24
2.	Call Sign	EENN	17
3.	Number of Aircraft Type	NEENNE	26
4.	Ordnance	TXT	Var
5.	Play Time	NNE	12
6.	Abort Code	EEE	15
7.1.	Over OP	NN	10
7.2.	Base Over	NN	7
7.3.	Base Number	N	4
7.4.	Altitude	NN	7
Message Number	U00.4		
Message Title	9-Line Briefing		
Message Purpose	Transfer the mission information to Fighters		
Field Index No.	Data Field Name	Packing Rules	# Bits
1.1.	IP Latitude	NN.NNNNN	25
1.2.	IP Longitude	NN.NNNNN	26
2.	Target Elevation	NNNN	14
3.	Target Description	TXT	Var
4.1.	Target Latitude	NN.NNNNN	25
4.2.	Target Longitude	NN.NNNNN	26
5.	Target Marks	TXT	Var
5.1.	Laser Code	NNNNN	17
6.1.	From IP to Target Heading	NNN	10
6.2.	From IP to Target Distance	NN.NN	18
7.1.	Friendly Location	N8	4
7.2.	Friendly Distance	NN	7
8.	Egress	TXT	Var
9.	Remarks	TXT	Var

임무 중 사용할 표준양식에 근거해서 필드에 입력되는 숫자, 영문자, 소수, 텍스트, 기타, 복합형 등 모든 데이터 유형을 정규화 한다. 이는 전송데이터 처리시 메시지 유형별 해당 필드 구조를 빠르게 읽고, 비트처리 공간을 미리 할당하기 위한 것이다.

실제 입력된 데이터의 비트 처리는 데이터의 빠른 처리를 위하여 유형별 별도의 프로세싱 과정을 거치도록 알고리즘을 구성한다.

Table 2는 메시지 필드별 유형과 비트 크기를 정규화한 예이다.

2) 전송 데이터 압축(패킹)

전송데이터 처리시 컴퓨터가 데이터를 바이트 단위로 처리하는 것을 비트 단위로 처리하도록 하여 효율성을 향상시키고자 하는 것이다. Fig. 6은 데이터 압축의 기본 개념을 나타낸 것으로 11과 12라는 숫자를 예로 들어 설명한 것이다.

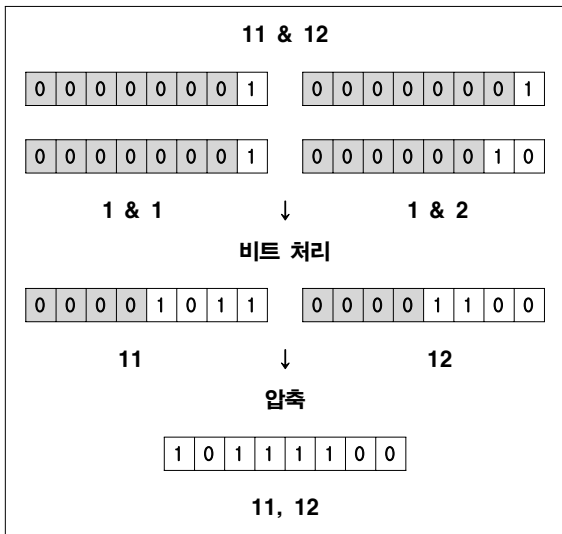


Fig. 6. 데이터 압축의 기본 개념

11과 12를 문자로 보면 4바이트의 공간을 차지한다. 그러나 이것을 숫자로 보아 비트처리 하면 2바이트로도 표현이 가능하다. 그리고 비트 처리 된 값들의 사용하지 않는 부분을 다시 줄여서 1바이트 표현이 가능하다. 이로 인하여 데이터의 압축 효과가 발생하는 것이다.

Fig. 7은 CAS Check-in 메시지 양식의 Mission Number 필드에 “1234AB” 입력한 것을 나타낸 것으로

6바이트의 입력 값을 Fig. 6의 압축 개념 적용 후 3바이트로 감소한다는 것을 표현 한 것이다.

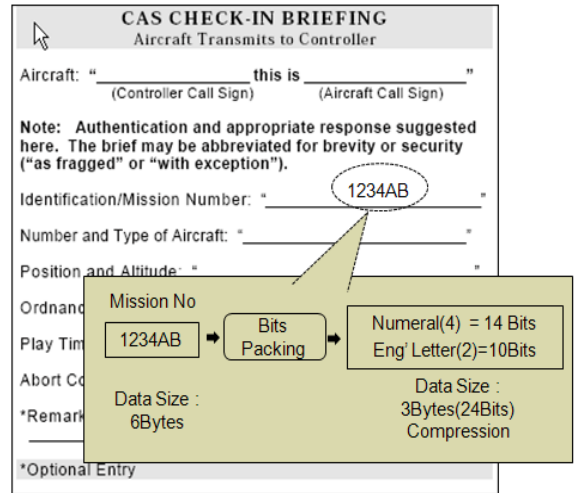


Fig. 7. 전송데이터 비트 처리

입력된 전송 데이터의 처리과정은 다음과 같다.

- 첫째, 송신할 메시지 유형을 검사 한다.
- 둘째, 메시지 유형 검사에서 선택된 유형을 정규화 사전에서 형식을 복사 한다.
- 셋째, 메시지의 필드에 입력된 데이터를 순차적으로 읽는다.
- 넷째, 순차적으로 읽은 데이터의 유형에 따라 비트 처리 후 복사한 형식에 넣는다. 유형별 프로세싱은 아래와 같고 정규화 사전의 규칙을 따른다.

- (1) 숫자 프로세싱 : 정규화 사전에 ‘N...’의 형태로 형식이 정의 되어 있으며, 숫자로 입력된 값을 정규화 된 크기만큼 추출하여 비트 처리한다.
- (2) 영문 프로세싱 : 정규화 사전에 ‘E...’의 형태로 형식이 정의 되어 있으며, 영문자로 입력된 값을 정규화 된 크기만큼 추출하여 비트 처리한다.
- (3) 텍스트 프로세싱 : 정규화 사전에 ‘TXT’로 형태로 정의되어 있으며, 텍스트로 입력된 값을 ASCII 값으로 변환하여 숫자형태로 나타낸 후 한 문자 당 7비트로 처리한다.

- (4) 소수 프로세싱 : 정규화 사전에 'N...N...'의 형태로 형식이 정의되어 있으며, 입력된 소수에 소수점 아래의 수만큼 10의 배수를 곱하여 정수로 만들며 이 정수는 숫자 프로세싱과 같은 과정으로 처리한다 (위·경도 등).
- (5) 복합 프로세싱 : 정규화 사전에 'N'과 'E'의 조합 형태로 형식이 정의되어 있으며, 복합 프로세싱은 숫자와 문자를 구분하는 알고리즘을 두어 'N'은 숫자 프로세싱, 'E'는 영문 프로세싱으로 처리한다.
- (6) 기타(색상 등) 프로세싱 : 정규화 사전에 'N5', 'N8' 형태로 형식이 정의되어 있으며, 입력 값의 개수가 정해져 있어 해당 값을 인덱스화 하여 처리하였다. 인덱스의 개수를 숫자로 보고 숫자 프로세싱 방식으로 처리한다.

다섯째, 모든 필드를 비트 처리 후, 송신을 위하여 비트 처리된 순서대로 빈 공간 없이 정렬한다. 정렬 완료후 메시지 정보가 담긴 헤더와 함께 전송한다.

Fig. 8은 전술데이터 압축 처리과정이며, Table 3은 정규화 사전 규칙을 나타낸 것이다.

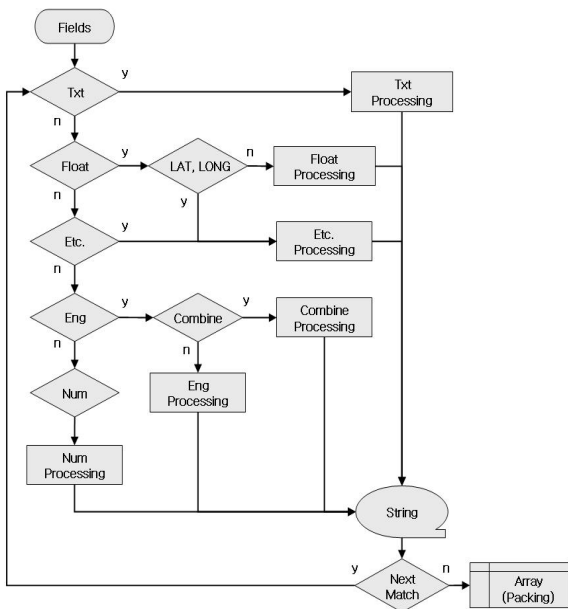


Fig. 8. 전술 데이터 압축 알고리즘

Table 3. 정규화 사전 규칙 예

Rules	Format	Processing Method	Size
Number		Depending on the number of digit, it determines the size of bits	
Rule 1	N	0-9 : 10 cases $16 = 2^4$	4
Rule 2	NN	0-99 : 100 cases $128 = 2^7$	7
Rule 3	NNN	0-999 : 1000 cases $1024 = 2^{10}$	10
Rule 4	NNNN	0-9999 : 10000 cases $16384 = 2^{14}$	14
English		There are 2^5 cases for a character. Therefore, there are N times 2^5 cases for N characters. (A-Z : 26 cases 2^5)	
Rule 5	nE	$nE = 2^5 \times 2^5 \times \dots = 2^{5n}$	5n
Combine		Split the combined message into digits and characters and apply the above method.	
Rule 6	NE	$N + E = 4 + 5 = 9$	9
Rule 7	EN	$E + N = 5 + 4 = 9$	9
Decimal		Eliminate decimal points by multiplying 10 to the number of decimal fractions and then add one bit for sign	
Rule 8	NN.N	$\pm NN.N = NNN \times 2 = 2^{10} \times 2^1$	11
Text		N times of 7bits and add 7 bits for indicating the end of the text	
Rule 9	TXT	N characters or digits and 7 bits for indicating the end of TXT (One character or digit $128 = 2^7$)	$7n+7$
Others(Etc)		Not the all but limited processing of decimal fractions, There are constant number of cases	
Rule 10	LAT	$\pm 0-90.00000 \times 100000 = \pm 9000000 = 18000000 $10^{25}$$	25
	LONG	$\pm 0-180.00000 \times 100000 = \pm 18000000 = 36000000 $10^{25}$$	26
Rule 11	N8	8 directions or None = 9 cases $16 = 2^4$	4
Rule 12	N5	5 different colors for a Cell $8 = 2^3$	3
Rule 13	B	True or False = 2^1	1

위에서 언급한 CAS Check-in 메시지의 Mission Number 필드에 1234AB를 예를 들어 설명하면 Mission Number는 정규화 사전에 NNNNEE라는 형식으로 정의되어 있다. Fields에 1234AB가 입력되면 알고리즘에 의해 영문을 포함하고 있는 숫자형식, 즉 복합(Combine) 형식으로 파악되며 복합처리 프로세싱이 이루어진다. NNNNEE라는 형식으로 부터 첫 글자는 숫자로 시작되며, 그 개수는 4개(1234)까지이며 뒤이어 영문(E) 형식으로 A, B가 순서대로 비트처리 된다. 이렇게 처리된 값은 다른 필드의 값들과 합쳐져서 배열로 입력되어 전송된다.

수신측에서 메시지를 받게 되면 역으로 압축을 푸는 과정이 일어난다. 이는 수신 데이터의 헤더를 통하여 메시지 종류와 필드를 분석하고 정규화된 규칙을 참조하여 그에 속한 필드의 형식과 크기만큼 추출해서 비트 처리의 반대 과정을 거치는 것으로 실제 데이터가 복원된다. 이것은 비트단위로 처리함으로써 송수신 되는 전술데이터의 크기를 감소 시켜 주파수의 효율성을 향상시키는 것이다.

4. 실험 및 결과

전술데이터의 압축기법(패킹)과 상용의 일반 압축기법과의 비교 실험은 시나리오 상에서 운용되는 전술데이터를 기준으로 실험하였다. Table 4는 다른 압축 방식과 비교한 것이다.

Table 4. 다른 압축 방식과의 압축 크기 비교 단위(bit)

	CELL	60-8 브리핑	CAS Check In	9-Line 브리핑	CAS 요청서
원본	64	176	184	576	1344
패킹	23	126	122	291	922
RLE	152	264	296	680	1408
LZW	152	264	296	672	1328
허프만	9328	9392	9416	9624	10160

그 결과 RLE 방식과 LZW 방식은 압축이 잘 적용되지 않았으며 허프만 방식의 경우 그 크기가 대폭 증가하는 것을 볼 수 있다. 이것은 크기가 작은 데이터를 압축하기 때문에 일반 압축방식으로는 제대로 압축이 되지 않았으며, 또한 허프만 방식은 기본 헤더 크기가 9257비트로 압축한 데이터보다 훨씬 크기 때문에 압축 후 그 크기가 대폭 증가함을 알 수 있었다. Fig. 9는 압축률을 비교한 것이다.

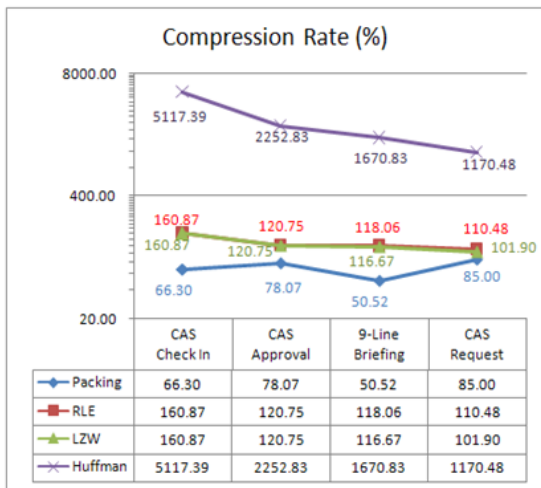
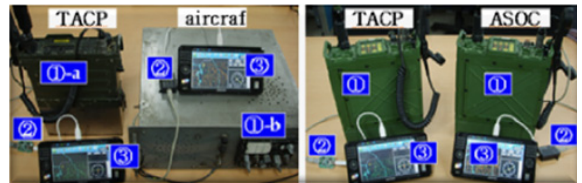


Fig. 9. 다른 압축 방식과의 압축률 비교

전술데이터 압축기법(패킹)이 다른 압축 방식에 비해 효율이 높은 것으로 나타났다. 실험 결과 메시지별로 35.94%~71.59%, 평균 63.31%의 압축률을 볼 수 있었다. 또한 형식별 압축률을 분석하여 보면 숫자의 경우 길이가 증가할수록 압축률이 증가하였고, 영문자는 길이가 증가해도 압축률이 일정했다. 소수의 경우는 길이가 증가할수록 압축률이 감소하였으며, 텍스트는 7문자 이상일 경우부터 압축률이 좋았다. 복합문자의 경우 숫자와 영문자의 연속성에 따라 압축률이 가변적 이었는데 숫자가 길어질수록 압축률이 높아지고 영문자가 길어질수록 압축률이 낮아진다.

전술데이터의 전송실험은 실험실 내 테스트 베드를 설치하여 설정한 시나리오에 맞추어 전송실험을 진행하였다. Fig. 10은 실험실 테스트베드 화면이다.



- ① HF Radio : ASOC, TACP HF Radio
- ①-a TACP UHF Radio / ①-b Aircraft UHF Radio
- ② TACP, Aircraft Modem
- ③ UMPC(Ultra Mobile Personal Computer) : user Terminal

Fig. 10. 실험실 테스트 베드

테스트 베드에서는 송신자와 수신자를 고려하여 장비 구성 후 전송 메시지를 실제 형식에 맞게 작성하여 실험하였다. Table 5는 프레임 헤더 포맷이다.

Table 5. 프레임 헤더 포맷

No	Name	Size	Description
1	Type	2 bits	Frame Type
2	UseEnc	1 bit	convolution Channel Coding
3	Segment Count	4 bits	Total number of segmented Tactical message
4	InfoID	2 bits	Tactical Message ID
5	Index	4 bits	Sequence number of a segment
6	Data Length	7 bits	Data total Length
7	TXID	3 bits	Sender ID
8	RXID	3 bits	Receiver ID
9	IDTable	6 bits	Participant using ID Table
10	CRC	8 bits	Error check

모뎀 전송속도는 1200bps/FSK 이다. 사용된 모뎀은 일반 모드에서 1회 전송할 수 있는 크기가 최대 256

bytes이며, 이 크기 이상의 데이터는 잘라서 보낸다. 호핑 모드에서의 전송은 Legacy Radio가 1초에 1~8 회 비주기적으로 호핑하는 특성으로 인해 호핑 하는 순간 전송 데이터에 에러가 발생 하며, 데이터의 길이가 길수록 에러가 증가한다. 따라서 논문에서는 1회 전송 크기를 64바이트 나누어서 전송하고 또한 에러를 감안하여 의도적으로 5회 중복하여 전송 하였다. 각 모드에서 최적의 프레임 사이즈, 데이터 중복횟수, 그리고 채널코딩과 관련된 요소는 별도의 연구과제로 남겨 놓는다.

Fig. 11과 Fig. 12는 각각 일반 모드와 호핑 모드에서의 전술데이터의 전송시간을 비교한 것이다.

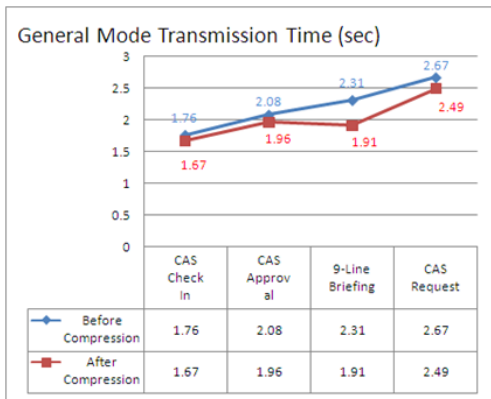


Fig. 11. 일반 모드 데이터 압축 적용 결과

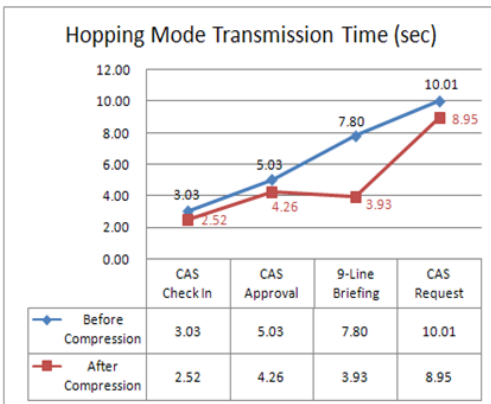


Fig. 12. 호핑 모드 데이터 압축 적용 결과

호핑모드에서의 압축(패킹)효과는 데이터 전송시간으로 비교시 일반모드 보다 압축 후 전송시간이 압축 전 전송시간에 비해 상대적으로 줄어들어 그 효과가

더 큰 것으로 나타났다. 이는 호핑모드에서 작전을 해야만 하는 군 환경 고려시 압축하여 좀더 빠르게 전술데이터를 전송하는 것이 중요한 의미가 있다.

5. 결론 및 향후연구

본 연구에서 군 환경을 고려한 Legacy Radio 기반의 전술 데이터 통신 효율성 향상을 위한 데이터 압축 기법을 연구하였다. 연구결과 송수신 하는 데이터 형식의 분석을 통해 군 운용 특성을 반영한 데이터의 유형을 정규화하고 데이터 유형별 프로세싱을 수행하게 함으로써 평균 63%의 압축률을 보였다.

향후에는 본 연구를 바탕으로 군에서 유통되는 전체 전술 데이터를 분석하여 각종 임무에 적합한 데이터 압축 기법을 연구할 필요가 있으며, 또한 송수신 되는 데이터의 신뢰성을 향상시키기 위한 연구가 필요하다.

References

- [1] 공군 제36전술항공통제전대, 공지해 합동작전 실무 지침서, 공군교재창, 2008.
- [2] <http://www.columbiaelectronics.com/id195.htm>, RT-1518/ARC-164(V) HQ MODEL 2008. 2. 19.
- [3] P. G. Howard and J. S. Vitter, "Analysis of Arithmetic Coding for Data Compression", Proc. of the IEEE Data Compression Conference, pp. 3~12, 1991.
- [4] 박명재, 민준기, 정진완, "추론한 데이터 타입을 이용한 질의 가능 XML 압축", 정보과학회 논문지, 데이터베이스 제32권 제4호, pp. 441~451, 2005. 8.
- [5] 이석재, 박현호, 여명호, 송석일, 유재수, "동적 비트할당 기반 센서데이터 압축 기법", 정보과학회 논문지, 정보통신 제35권 제4호, pp. 318~325, 2008. 8.
- [6] 조미남, "한글과 알파벳 혼용 텍스트의 압축 알고리즘에 관한 연구", 동신대학교 대학원 석사 학위 논문, 2002. 2.
- [7] FM 90-20, MCRP 3-16.8B, NWP 3-09.2, AFTTP(I) 3-2.6, "J-Fire Multiservice Procedures for the Joint Application of Firepower".
- [8] <http://www.riteintherain.com/images/pdf%20files%5C902LL.pdf>. 2009. 1.