

Bluetooth를 이용한 미래 전장단말기와 무전기 간 데이터 송수신 방안

김주현*, 이철승**, 김영재*, 강길재*
 *한화시스템 C4I·사이버팀, 방위사업청
 juhyun36.kim@hanwha.com

Future Battlefield-Terminal and Radio Data Transmission using a Bluetooth

Ju-Hyun Kim*, Chul-seung Lee, Young-Jae Kim*, Kil-Jae Kang*
 *C4I·Cyber Team, Hanwha-Systems, **DAPA

요 약

본 연구는 미래 전장단말기와 무전기 간 지휘관(자) 및 무전병 간 유선 연동에 따른 전투행동의 제한사항을 극복하기 위한 방법으로 강구되고 있는 무선(Bluetooth)을 이용한 데이터 전송 방법 중 Bluetooth의 세부 Profile과 전송 효율을 극대화하기 위한 최대 패킷크기, 분할 전송 간 패킷 전송 간격 등을 구체화하여 군 운용적으로 활용이 가능한지를 시험을 통해 검증하였다. 그 결과 Profile은 가장 보편적인 SPP를 적용하고, 응용계층에서 활용 가능한 최대 패킷 크기는 시험을 통해 1KB가 적정함을 확인하였다. 또한, 정지영상처럼 사이즈가 큰 데이터에 대한 분할 전송 간 패킷 전송 시간은 100ms로 설정함이 적절함을 확인하였다. 위 연구결과는 미래 전장단말기와 무전기 간 무선연동에서 즉각 적용이 가능할 것으로 판단된다.

1. 서론

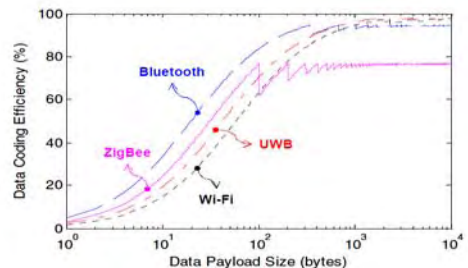
현 육군에서 운용중인 전장단말기는 무전기와 유선으로 접속하여 운용이 되도록 되어있다. 이 경우 무전기는 통신병이 운용하며, 전장단말기는 지휘관(자)가 운용함에 따라 지휘관(자)가 전장단말기를 통해 전장상황 공유를 위해서는 통신병의 무전기와 연결된 유선 길이 범위 내에 있어야 하므로 전투행동의 제한은 생존성 보장에 취약하다. 이에 따라서 향후 군에서 운용될 무전기와 미래 전장단말기는 무선을 통해 운용되도록 개발을 진행하고 있다. 하지만, 군 운용 특성상 보안상 문제와 환경조건 등을 고려 시 실제 운용이 가능한 무선접속방식은 Bluetooth 2.0으로 한정된다.

Bluetooth 2.0은 데이터 전송속도 측면에서 운용자가 기술적으로 전송이 가능한 최대전송단위(MTU)와 전송주기에 대한 분석이 필요하다. 하지만 이와 관련되어서 지금까지 군의 기술적 운용을 고려한 전송 방법에 대해 검토된 바가 없음을 따라 이에 대한 최적화된 방안을 모색 및 분석이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 현재 군에서 개발하고 있는 무전기와 군 전장단말기 간 무선 연동을 위해 필요한 Bluetooth의 Profile, 응용계층의 최대 패킷 크기, 분할 전송 간 패킷 전송 시간을 시험을 통해 현 개발중인 미래 전장단말기의 데이터 전송 방법에 적용이 가능한지를 검증하고자 한다.

2. Bluetooth의 군 운용 방안

군에서 운용 가능한 무선접속 방법에는 크게 Wifi, Bluetooth, Zigbee를 들 수 있다. 이중 Wifi는 군 보안 특성상 허가가 제한되며, 온도조건이 -25℃ 이하에서는 운용이 제한됨에 따라 군 운용조건 -32℃를 충족하지 못함에 따라 운용이 제한된다. Zigbee는 저전력의 장점을 가지고 있으나, 전송속도가 250kbps 이하로 소량의 데이터를 전송하는데 유리하지만, Jin-Shyan Lee 외 2명이 2007년 연구한 바 결과 (그림 1)에서 보는 바와 같이 100bytes 이상의 데이터 전송간에는 데이터 신뢰성이 낮음에 따라 미래 전장단말기와 연동이 제한되며[1], 통신거리가 100m 이상(최대 1.2km)으로 군에서 요구하는 OOm 내외를 고려 시 군 전장단말기에 적용하기에는 제한적이다. 또한 현재 개발 중인 무전기는 음성과 데이터 동시 통화를 위해 Bluetooth를 적용하고 있기 때문에 미래 전장단말기는 위의 조건을 모두 충족할 수 있는 Bluetooth를 무선접속 방법으로 채택하였다.



(그림 1) 무선접속 방법 별 데이터 코딩 효율

다음은 군 운용 특성에 적합한 Bluetooth 버전과 프로파일 방법을 채택하는 것이다.

먼저 Bluetooth 버전별 특징은 <표 1>과 같다.[2]

<표 1> Bluetooth 버전

구분	1.0	2.0~2.1	3.0	4.0
주파수대역	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz
속도	1Mbps	3Mbps	24Mbps	24Mbps
커버리지	10m	10m	100m	1m
특징		보안성 강화		저전력

다양한 Bluetooth 버전 중 1.0은 전송속도가 너무 낮으며, 3.0의 전송속도 충족을 위해서는 HS(Wifi)모듈이 필요하나, 군에서는 Wifi 적용이 제한되며, 4.0의 통신거리 1m로 군 요구사항 충족이 제한된다. 따라서 군에서 적용이 가능한 Bluetooth 버전은 2.0~2.1이 된다.

Bluetooth의 계층별 구조는 그림 1과 같이 OSI와 비교해 볼 수 있으며, 응용계층에 매칭되는 것이 프로파일이다. 군에서는 무엇보다 상호운용성을 매우 중요시 한다. 따라서 Bluetooth 2.0 칩셋 중 데이터 통신방법 중 가장 기본으로 UART 통신을 제공하는 프로파일인 SPP(serial Port Profile)이다. 따라서 본 시험에서는 SPP를 적용하였다.



(그림 2) OSI와 Bluetooth 계층 비교

Bluetooth 네트워크는 변조방식으로 GFSK(Gaussian Frequency shift keying) 방식이 사용되고 있다. 변조지수는 $h_f = 0.33$ 이고 $B_b T = 0.5$ 이다. 여기서 B_b 는 송수신기의 가우시안 필터의 3dB 대역폭이고 T는 비트의 주기를 의미한다. 이에 따른 GFSK 신호는 다음과 같이 표현된다.[3]

$$s(t, a) = \sqrt{\frac{2E_b}{T}} \cdot \cos(2\pi f_c t + \Phi(t, a)) \quad (1)$$

위 (식 1)에서 T의 값은 동일 신호에 있어 제공근에 반비례한다. 하지만, 비트 주기가 커지면 신호에 대한 효율

은 저하되므로 많은 데이터를 보내는 것은 제한된다. 데이터 크기가 작으면 작은 신호로 데이터를 전송할 수 있으나 미래 전장단말기와 무전기의 Bluetooth는 내장형으로 Class "2"를 적용함에 따라 동일 신호크기로 산정할 수 있으며, 이 경우 데이터 전송크기의 최적화가 중요시 된다. 이는 이구연 외 1명이 2012년 연구한 결과와 같이 식 2를 통해 확인할 수 있다.[4]

$$C_L = K(\bar{d}) + g \cdot \left(\frac{B}{g} + H\right) + Q \cdot g^3 \quad (2)$$

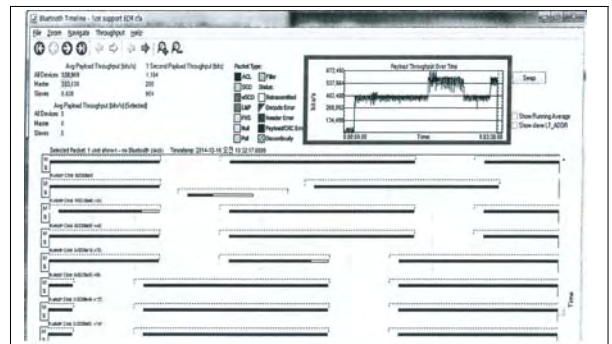
* C_L = 메시지 전달에 대한 총 비용, $K(\bar{d})$ = 메시지 전달 지연에 따른 비용함수, g = 분할횟수, $Q \cdot g^3$ = 패킷을 수신 시 복구하는 데 소요되는 비용

여기서 $g=1$ 일 때, 총 비용은 최소가 되며, 분할 패킷의 수가 늘어날수록 총 비용은 급격히 증가하는 것을 할 수 있다. 따라서 송신노드는 패킷 전달시 분할 없이 보내는 것이 가장 좋을 수 있으며, 분할시에는 MTU 값에 최적화 된 값으로 전송함으로써, 전송횟수를 최소화 시키는 것이 가장 유리하다. 따라서 이를 위해 미래 대대급 이하 정보교환에 사용되는 데이터는 UDP/IP 기반의 지상전술데이터링크(이하: KVMF)를 이용하게 되며, 실제 응용계층에서 보낼 수 있는 데이터의 크기는 아래 식과 같다.[5]

$$MSS = MTU - (S/R \text{ HD} + \text{암호화 HD} + \text{UDP/IP HD}) \quad (3)$$

* MSS = 응용계층 최대 분할 사이즈, S/R = 분할/조립관련 헤더

최적화된 데이터 통신을 위해서는 운용자가 사용 가능한 전송속도 및 사용자 적정 전송용량에 대한 측정이 중요시 된다. 사용자가 사용 가능한 전송속도를 측정하기 위해서 Bluetooth 2.0을 지원하 칩셋 중 군 운용특성을 충족하는 칩셋인 CSR8311을 대상으로 이용 BR(Basic Rate) 모드)를 기준으로 Device 단의 전송속도를 측정해 본 결과 723kbps를 측정하였다.[6]



(그림 3) Bluetooth Device 전송속도 측정결과

- 1) 무전기는 Bluetooth 1개의 칩으로 음성과 데이터를 동시 운용이 필요함에 따라 음성/데이터 모두 Bluetooth 1.0으로 적용 된다

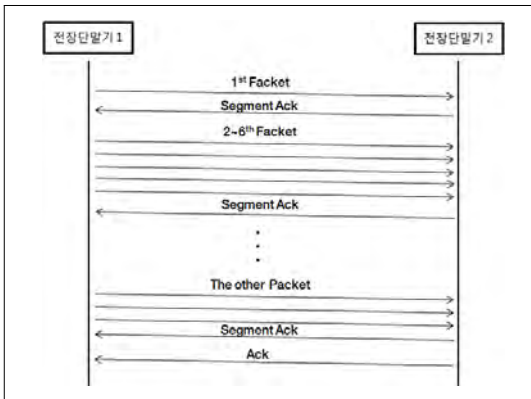
이를 기준으로 각종 제어 메시지와 헤더를 제외한 순수 사용자가 사용 가능한 전송속도를 확인한 결과 325kbps 수준을 확인하였다. 하지만 위 데이터 통신을 위한 SPP는 UART를 통신방법을 사용하기 때문에 최대 전송속도 225kbps이다. 또한, CSR8311 칩셋 버퍼사이즈는 3kbytes로 가장 안정적인 데이터 용량을 측정한 결과 1kbyte를 확인하였다.



(그림 4) Bluetooth SPP 메시지 구조

3. 데이터 송수신 방안

미래 군에서 운용되는 전장단말기의 사이즈가 큰 전장에 대한 메시지의 분할 전송 알고리즘은 (그림 5)와 같이 통신상태 점검을 위해 첫 패킷 송신 후 Ack를 받고, 이후부터는 Sliding Window 방식을 적용하여 5개 패킷을 한번에 송신하고, 5개 패킷에 대해서 Ack를 1회 수신하며, 전송이 완료되면 최종적으로 Ack를 전송하도록 되어있다.[7]



(그림 5) 분할데이터 전송 알고리즘

이때 각 5개의 패킷을 동시에 송수신 할 때 시간은 10ms가 되도록 되어있다. 이를 기초로 Bluetooth를 이용한 데이터 전송방법에는 2가지 안을 판단해 볼 수 있다.

첫 번째 방법의 경우 최대 전송사이즈 1KB를 고려 1개 패킷당 분할크기를 200bytes로 설정하는 방안을 강구할 수 있다. 이 경우 약 20KB²⁾ 크기의 정지영상을 전송한 경우 전송 시간은 6분 내외가 소요되었다. 위 경우 과도한 전송 지연시간에 따라 사실상 군 운용적으로 수용하기 어려우며, 무선구간에서의 데이터 전송 간 많은 유실이 발생하여 송수신이 제한되는 현상을 확인하였다.

두 번째 방법은 패킷당 전송 사이즈는 Bluetooth의 최대 전송크기 1KB를 고려 분할 사이즈를 최대한 활용하는

2) 전투무선망 환경하에서 운용자 입장에서 시인성이 가능한 데이터 크기[8]

방안으로 위 방법을 위해서 패킷의 전송시간 간격을 225kbps로 응용계층의 최대 전송사이즈 1KB를 포함, UART / Bluetooth 헤더를 포함한 크기 1824bytes를 전송 시 소요되는 시간을 계산하면 63ms의 시간이 걸린다. 하지만, 계산치 값인 63ms로 실제 데이터를 전송한 결과 Buffer Overflow가 발생됨을 확인하였다. 이는 Bluetooth 모듈의 데이터 처리 시간을 고려해야 되기 때문이다. 이를 토대로 패킷 전송시간 간격을 70ms, 80ms, 90ms, 100ms로 10ms 씩 크기를 변화하여 측정 한 결과 70ms는 63ms와 동일하게 Buffer Overflow가 발생함을 확인하였다. 80ms와 90ms에서는 데이터 전송은 가능하였으나, 20KB 크기의 정지영상을 10회 전송 시 1 ~ 2회의 전송실패 현상이 발생하였다. 100ms 이상으로 설정 시 데이터 전송에 양호함을 확인하였다. 따라서 분할 패킷당 전송 간격 시간은 100ms로 설정해야 됨을 확인할 수 있었다.

위 두 번째 방법의 결과를 분할패킷 크기를 1KB로 설정하여 (그림 6)과 같은 환경을 구성, 각 전문 사이즈별 전송 시험을 실시하였다. 이 때 무전기 전송속도는 000kbps이며, 무전기와 전장단말기 간 거리는 약 00m 내외에서 군 운용성을 고려 무전기 / 전장단말기를 휴대하고 야지를 이동하면서 결과를 측정하였다.



(그림 6) 무선 시험환경

그 결과는 데이터를 전송 후 Ack 결과를 받은 결과를 측정한 결과 <표 2>와 같은 시험 결과를 확인 할 수 있었다.

<표 2> 데이터별 시험결과

구 분	크기 (bytes)	전송 횟수	성공률	평균전송 지연시간	비고
망가입전문	223	50	96	6초	
첩보보고	85	50	98	5초	
표적전환정보	115	50	100	5초	
장애물보고	123	50	100	5초	
위치보고	112	50	96	-	Ack 없음
전투명령	468	50	100	7초	
상황보고	68	50	98	4초	
투명도	1230	50	94	13초	분할전송
비형식전문	116	50	98	5초	
NBC-1(화생방)	104	50	98	5초	
정지영상	20480	50	92	47초	분할전송

표 2에서 확인할 수 있듯이 200bytes 이하의 전문의 경우 전송시간은 약 5 ~ 6초 내에서 성공률은 96% 이상의

성공률 확인하였다. 위 결과를 볼 때 첫 번째 방법처럼 분할 패킷크기를 200bytes로 전송하는 방법을 활용하더라도 그 결과는 비슷할 것으로 예측된다. 하지만 가장 큰 데이터 크기가 분할 패킷 사이즈를 초과하는 정지영상의 경우 200bytes는 약 6분 내외의 시간이 소요되는데 반해, 패킷 전송 시간을 조절한 경우에는 47초내에 전송이 완료되었으며, 데이터 성공률 또한 90% 이상이 되었다. 위 결과는 군 전투무선망 환경 하 데이터 송수신 성공률(90% 이상) 기준에 충족하므로[9], 무전기와 전장단말기 간 Bluetooth를 이용한 무선환경 하에서 분할 패킷 간 전송시간을 100ms로 운용하는 것이 효율적임을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

기존 군의 전장단말기와 무전기는 유선으로 연결되어 전장단말기를 운용하는 지휘관(자)와 무전병간 전투행동에 있어서 많은 제한사항이 있었다. 이를 보완하기 위해 미래 군에서 운용될 전장단말기와 무전기는 Bluetooth를 통해 전투행동의 자유와 생존성 확보를 할 수 있는 방향으로 개발이 진행 중이다. 하지만 무선은 Bluetooth를 적용한다는 개념적인 방향만 정해져 있어 전송 방법 등 세부 사항에 대한 구체화가 필요한 상황이다.

따라서 본 연구는 Bluetooth의 세부 Profile과 전송 효율을 극대화하기 위한 최대 패킷크기, 분할 전송 간 패킷 전송 간격 등을 구체화하여 군 운용적으로 활용이 가능한지를 확인하였다. 그 결과 Profile은 가장 보편적인 SPP를 적용하고, 응용계층에서 활용 가능한 최대 패킷 크기는 시험을 통해 1KB가 적정함을 확인하였다. 또한, 정지영상처럼 사이즈가 큰 데이터에 대한 분할 전송 간 패킷 전송 시간은 100ms로 설정함이 적절함을 확인하였다. 위 연구 결과는 미래 전장단말기와 무전기 간 무선연동에서 즉각 적용이 가능할 것으로 판단된다.

하지만, 본 시험은 미래 전장단말기 및 무전기의 제한사항으로 군 전투무선망과 같은 1:N의 망 구성이 아닌 1:1로 데이터 송수신을 한 결과로써 실 운용환경과는 차이가 있다. 따라서 보다 정확한 데이터 도출을 위해서는 군 전투무선망 환경 하에서 추가 시험이 필요할 것으로 판단된다.

참고문헌

[1] Jin-Shyan Lee, 'A Comparative Study of Wireless Protocols:Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi', IECON, 2007. 11
 [2] 위키백과 '블루투스' 검색 결과(2017. 3. 28)

[3] 노재성 외 1명, '근거리 고속 무선 데이터 통신 시스템의 성능 해석', 디지털콘텐츠학회, 논문지 제 7권 제3호, 2006. 09
 [4] 이구연 외 1명, '전송시간의 변화가 큰 네트워크에서 네트워크 코딩을 적용한 전송 지연시간 개선 방법 및 성능 분석'. 전자공학회, 2012. 11
 [5] MIL-STD-2045-47001D, 2005.9.
 [6] 2기술본부, 'TMMR 무선접속기능 데이터전송속도 검토요청'. 국방과학연구소, 2015. 04
 [7] 김주현 외 2명, '센서 네트워크를 이용한 미래 전장단말기 데이터 송수신 방안', 한국통신학회, 동계학술대회, 2017. 01
 [8] C4I·사이버팀, 'B2CS CDR 회의자료', 한화시스템. 2013. 04
 [9] 육군본부 정보통신장비 시험평가 기준, 2001.10

※ 본 연구는 방위사업청 주관 대대급이하 전투지휘체계(B2CS) 사업 연구비로 수행되었습니다.