
CSMA/CA 기반 반이중 전송방식 무전기를 이용한 1:N 가입자간 통신 프로토콜

장명진* · 박성진

아주대학교

Communication protocol for 1:N subscribers using half-duplex radio equipments
based on CSMA/CA

Myung-Jin Jang · Seong-Jin Park

Ajou University

*E-mail : jmj6787@ajou.ac.kr

요 약

현재 우리 군에서 많이 사용하는 PRC-999K 무전기의 기능성은 반이중전송방식이며 동일망에 가입한 가입자 중 한 가입자가 데이터를 송신하면 나머지 가입자는 모두 데이터를 수신하는 broadcast 방식이다. 군 사격지휘시스템에서 무선데이터통신은 지휘소와 가입자들 사이에 1:1(peer to peer)방식을 사용하고, 데이터 충돌을 회피하기 위해 CSMA/CA 기법을 적용한다. 이러한 환경 하에서 데이터송수신 시간 단축을 위해서 각 가입자에게 순차적인 주소를 할당하여 지휘소가 데이터를 1회 broadcasting하면 데이터 수신이 지정된 가입자들은 순차적으로 데이터 충돌을 회피하며 응답전문을 송신하는 protocol과 알고리즘을 구현하여 제시한다.

ABSTRACT

Currently the functionality of the PRC-999K radio that is widely used in Korean Army is half-duplex and the broadcasting system that all subscribers have to listen when one subscriber speaks in time. Radio data communication system configures peer-to-peer network between command post and network members in military fire control system. And the system applies CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) technique to avoid data collision. Such a data transmitting/receiving time could be reduced by allocating address in serial order to each network members. By doing that, command post need to broadcast data only one time and assigned members will reply in order without data collision. This paper provides such a protocol and algorithm.

키워드

PRC-999K, half duplex, broadcasting, CSMA/CA

I. 서 론

현재 육군 전투무선망에서 많이 사용하는 무전기는 PRC-999K 무전기이다. 이 무전기의 기능성은 반이중(Half duplex)전송방식이며[1] 동일망에 가입한 노드 중 한 노드가 데이터를 송신하면 나머지 노드는 모두 데이터를 수신하는 브로드캐스트방식이다. 사격지휘시스템에서 무선데이터통신은 노드들에게 임의의 주소를 할당하여 지휘소와 노드들 사이에 유니캐스트(1:1 or peer to peer)방

식을 사용하고, 데이터 충돌을 회피하기 위해 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access / Collision Avoidance) 기법을 적용한다. 이는 사격지휘 특성상 명령하달의 안전성을 위해 명령하달시는 반드시 그 명령에 대하여 응답토록 되어 있다. 같은 개념으로 데이터통신에 대한 사격지휘시스템은 전문 전송시 반드시 수신측에서 응답전문을 받도록 설계한다. IEEE 802.11 WG(Working Group)은 무선데이터 통신망의 구성을 위해 다양한 표준문서를 제공하고 있다. IEEE 802.11 MAC

은 CSMA/CA를 기반으로 동작하여 무선노드 사이의 통신링크를 제공한다[2].

PRC-999K 무전기를 사용하여 데이터 전송시 먼저 carrier sensing을 실시하여 채널의 사용여부를 확인한 후 데이터를 송신하며, 이때 데이터를 수신한 노드도 같은 protocol로 응답전문을 송신하게 된다. 사격지휘시스템에서는 한 지휘소에서 각각의 여러 노드에게 동일 데이터를 송신하고자 할 때라도 각 노드를 대상으로 데이터전송을 1:1(peer to peer)로 실행한다. 이는 데이터 전송의 신속성 측면에서 제한을 갖게되어 보다 신속한 데이터 전송을 위한 방안모색이 필요하게 되었다.

따라서 현재 운용중인 사격지휘체계의 무선데이터 통신 프로토콜을 분석하여 보다 신뢰성있고 신속한 데이터통신이 가능하도록 프로토콜을 변경적용하여 실험해 보고 그 개선방안을 제시하고자한다.

II. 문제 정의

1. 브로드캐스트 기법 분석

사격지휘시스템의 무선데이터망에서 노드와 노드 사이의 데이터전송은 주로 유니캐스트를 통해 이루어진다. IEEE802.11 브로드캐스트는 상위계층에서 프레임 전송을 요청받은 송신 노드가 임의의 값을 설정하여 초기 백오프(backoff) 타이머를 설정한 후 채널상태에 따라 백오프 타이머가 만료될 때 프레임을 브로드캐스트한다.

브로드캐스트는 유니캐스트 전송에 비해 다음과 같은 특성을 가진다. 첫 번째로 데이터 프레임 전송전에 매체 예약을 위한 제어프레임 교환이 선행되지 않는다. 따라서 브로드캐스트는 1:n 전송특성상 제어프레임 전송이 선행되지 않으므로 매체 경쟁에 의한 충돌발생 가능성이 유니캐스트에 비해 높다. 두 번째로 브로드캐스트는 전송신뢰성을 보장하지 않는다. 즉 노드가 브로드캐스트 프레임을 수신하면 유니캐스트인 경우와는 달리 이에 대한 수신확인 응답(ACK)을 전송하지 않으면 송신 노드도 전송 프레임에 대한 타이머를 관리하지 않으므로 타임아웃에 의한 프레임 재전송을 하지 않는다[2].

그러나 사격지휘시스템에서는 반드시 수신확인 응답을 받도록 설계되어야 하며, 특정 사격지휘소에서 전문을 브로드캐스트 하더라도 수신한 노드로부터 응답을 받도록 기법을 변경 적용할 필요가 있다. 또한 응답이 없는 노드는 차후 재 전송을 하여야 한다.

2. SDLC 프로토콜 분석

육군의 전투무선망에서 운용중인 SDLC(Synchronous Data Link Control) 프로토콜은 SNA(System

Network Architecture)에서 사용하기 위해 개발한 데이터링크 프로토콜로서, 동기전송, 비트 지향적 작동을 기반으로 하며, IBM이 1970년대 중반에 개발하였으며, 동기식 문자지향형(Character-oriented) 프로토콜과 동기식 바이트 지향형(Byte-count-oriented)프로토콜과 비교해 볼 때, 동기식 비트 지향형 프로토콜이 더욱 효율적이고 유연성을 가지며 속도가 빠르다는 특징이 있다[3].

사격지휘시스템은 SDLC 프로토콜 형식을 따르고 정의된 Frame구조는 다음과 같다.

preamble(2byte이상) + opening flag(1byte) + 전문구성(N byte) + FCS(2byte) + closing flag(1byte) + postamble(2byte이상)

전문구성(N byte)는 세부적으로 다음구조를 갖는다. Header(10byte) + 전문종류(1) + 전문별구성내용(N byte) + EOT(1 byte)

그리고 Header(10byte)내에는 수신 및 송신자의 주소가 각 3byte의 길이로 구성되어 있으며, 이는 전문을 수신 및 송신하는 노드의 주소를 나타내며 3자리 ASCII code 값이다. 예를 들면 사격지휘소의 주소는 ASCII code값 '110'이다. 각 노드마다 고유한 주소를 가지므로 브로드캐스트를 적용하기 위한 주소의 변경이 필요하다.

3. CSMA/CA 알고리즘 분석

사격지휘시스템에서 적용하고 있는 CSMA/CA 알고리즘은 다음과 같다.

carrier가 수신되지 않을 경우 전문을 송신한다. 송신직후 응답대기시간동안 기다린다. 응답대기시간 만큼 기다리는 동안 만일 ACK가 수신된 경우는 송신완료, NACK가 수신된 경우 재전송횟수가 3회 미만이면 재송신, 아니면 송신불능처리한다. 응답대기 시간을 넘어 Timeout이 발생하는 경우 재전송 횟수가 3회 미만이면 재송신, 아니면 송신불능 처리한다.

이러한 알고리즘의 기반은 유니캐스트 기법으로 노드간 1:1로 전문을 송수신하기 위한 알고리즘으로 전문 송신 후 응답이 없으면 최대 3회까지 재 전송하도록 설계된다. 이때 전문을 브로드캐스트한 후 응답이 있는 노드와 응답이 없는 노드를 점검해서 응답이 없는 노드에게 최대 3회 재전송하도록 알고리즘의 변경이 필요하다.

III. 설 계

1. 브로드캐스트 기법 보완 적용

사격지휘시스템의 무선데이터망에서 사격지휘소와 노드 사이의 데이터전송은 주로 유니캐스트를 통해 이루어진다. 즉 사격지휘소에서 전문을 송신하면 호출된 노드는 응답전문을 반드시 보낸다. 만일 응답이 없으면 최대 3회까지 전문을 재

전송하도록 설계된다. 이때 동일한 전문을 다수의 노드에게 브로드캐스트하면 호출된 노드는 순차적으로 응답전문을 보내며, 응답을 보내지 않는 노드에게는 최대 3회 까지 재 전송하도록 브로드캐스트 기법을 변형하여 적용한다.

사격지휘소는 동일전문을 1회 송신하고, 6개 노드가 이를 수신토록 하여 통신량 및 시간을 단축한다.

사격지휘소로 부터 전문을 수신한 후 각 노드의 응답전문 송신은 다음 사항에 착안하여 충돌 없이 가장 빠른 시간내에 보다 신속하게 송신토록 한다.

- 응답전문 송신은 전문수신 직후 송신토록 한다.
- 전문 수신시 수신자주소란을 이용 응답송신할 노드가 누구인지 정보를 일수 있다.
- 인접 노드의 응답전문 송신시 타 노드가 이를 수신할 수 있다.

이러한 특징을 기초로 다음과 같은 알고리즘을 설계한다.

- 지휘소로부터 전문 수신시 ACK 순번 테이블 작성

노드1	노드2	노드3	노드4	노드5	노드6
당번	비번				

- ACK 순번 테이블 순서에 입각하여 해당노드(당번)는 CD(Carrier Detect)가 IDLE이면 즉시 ACK송신. 비해당 노드(비번)는 최대 timeout 시간만큼 CD 검사하여 timeout이면 ACK 송신

- 당번의 ACK 전문 송신 후 비번은 ACK 순번 테이블을 재 작성

노드2	노드3	노드4	노드5	노드6
당번	비번			

- 새로운 당번은 CD가 IDLE이면 즉시 ACK 송신. 이때 비번들의 차후 CD 검사시간은 노드번호가 아닌 테이블 순번에 따른다.

5) 노드의 ACK 송신이 끝날 때 까지 반복

2. 전문 Frame 내의 가입자주소 보완 적용

분석된 사격지휘시스템의 SDLC 프로토콜 형식을 따르고 정의된 Frame구조 중 User define 부분 중에서 각 노드의 고유한 주소를 다음과 같이 브로드캐스트 가능토록 할당 적용한다.

각 노드의 주소는 3자리로 구성하나 상위 두자리는 사격지휘소의 주소를 승계하고 하위 1 byte 값을 각 노드의 고유주소로 할당한다. 이는 브로드캐스트를 가능하게 하기위한 필요조건이다. 노드에 할당된 bit가 '1'이면 해당노드는 전문을 수신하는 노드이고, '0'이면 전문을 수신하지 않는다.

위 치	Bit 7	Bit 6	Bit 5	Bit 4	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
값	1	0	포6	포5	포4	포3	포2	포1

3. CSMA/CA 알고리즘 보완 적용

사용하는 CSMA/CA 알고리즘에서 브로드캐스트를 고려한 알고리즘은 다음과 같다.

- carrier가 수신되지 않을 경우 전문을 송신한다.
- 송신직후 응답대기시간동안 기다린다.
- 응답대기시간 만큼 기다리는 동안 ACK가 수신된 경우는 송신완료, NACK가 수신된 경우 재 전송횟수가 3회 미만이면 재송신, 아니면 송신불능 처리한다.
- 응답대기 시간을 넘어 Timeout이 발생하는 경우 재전송 횟수가 3회 미만이면 미응답 노드에 게만 재송신, 아니면 미응답 노드는 송신불능 처리한다.

4. 기타 보완 적용 사항

6개 노드가 거의 동시에 전문을 송신할 때 CD 검사 알고리즘을 보완하여 전문 충돌 회피 프로토콜을 개발한다.

PRC-999K의 수신개시 지연시간 등의 특성을 고려한 통신 프로토콜을 개발한다.

IV. 실험

사용하고 있는 무전기는 PRC-999K 군용 무전기이며, 디지털데이터 통신용으로 제작되었으며, 아날로그-디지털 신호변환에 따른 수신지연대기 시간이 존재한다. 수신대기지연시간은 송신장비에서 데이터 송신후 수신장비가 데이터를 수신하기 시작하는 시점까지의 delay-time으로 PRC-999K는 운용모드에 따라 4종류로 구분되며, 실험은 도약 운용모드를 사용한다. 데이터신호형태를 가진 도약모드의 수신개시 지연시간은 875ms이다[4].

사격지휘소 장비의 특성은 다음과 같다.

- 장비제원 : CPU : Intel80486
- OS : 없음(control 프로그램 제작)
- 통신소자 : z85C30

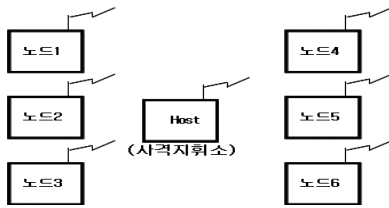
노드 구성 장비는 노트북과 docking station을 이용하여 통신보드를 삽입하여 만든 시플레이터로서 장비의 특성은 다음과 같다.

- 장비제원 : 노트북컴퓨터,
- 통신용 docking station(제작)
- 통신소자 : z85C30



(사격지휘소 장비) (노드 구성 시플레이터)

사격지휘시스템 운영환경은 다음과 같다.



실험시 적용한 제원은 다음과 같다.

- 전송속도 : 1200BPS
- preamble : 200ms
- postamble : 800ms
- 전문 송신용 CD 검사 : 900ms
- ACK 송신용 CD 검사 : 20ms

사격지휘소에서 각각 6개 노드로 전문송신후 각 노드로부터 ACK 수신하는 시간은 다음과 같다. 사격지휘소 전문송신시간 = CD점검(900ms) + preamble(200ms)+ 229bytes data(1,500ms) + postamble(800ms) = 3,400ms

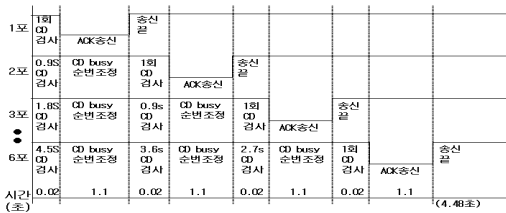
특정노드가 ACK를 보내는 시간 = CD점검(20ms) + preamble(200ms)+ 14bytes data (93ms) + postamble(800ms) = 1,113ms

따라서 사격지휘소가 6개 노드에게 유니캐스트(peer to peer) 방식으로 순차적으로 전문을 송신 완료하는 시간은 27,078ms이다.

사격지휘소에서 전문을 1회 송신(브로드캐스트)한 후 응답전문을 6개 노드로부터 순차적으로 받아 통신완료하는 이론적 시간은 다음과 같다. 사격지휘소 전문 송신시간 = 3,400ms

- 1개 노드 응답전문 송신시간= 1,113ms
- 6개 노드 응답전문 송신시간= 6,678ms

6개 노드의 ACK 송신시간 Timing Diagram을 도시하면 다음과 같다.



따라서 사격지휘소가 6개 노드에게 순차적으로 전문을 송신 완료하는 시간은 10,078ms이며, 시간 단축은 17,000ms이다.

V. 결 론

본 논문에서는 CSMA/CA 기반 육군 전투무선망에서 주로 사용하는 유니캐스트방식의 송수신에서 사격지휘시스템의 사격지휘소와 노드간 브로

드캐스트 기법을 적용하고 또한 브로드캐스트된 전문에 대해 각각 수신확인응답(Acknowledgement)를 송신토록 프로토콜을 개발하여 통신량 감소와 통신시간을 단축할 수 있었다. 이를 위해 사격지휘시스템에서 운용중인 SDLC 프로토콜 형식 내에서 브로드캐스트되는 전문에 수신자를 지정하도록 전문내 수신자주소 필드를 재정의하였다. 실험은 제작된 시뮬레이터에 알고리즘을 적용하여 프로그래밍하였으며, PRC-999K 무전기를 사용하여 통신시간을 비교 하였다.

본 논문에서 제안된 CSMA/CA 기반 반이중 전송방식의 무전기를 사용한 1:N 가입자간 통신 프로토콜은 보다 신속하고 정확한 통신을 원하는 육군 전투무선망에서 유용하게 이용될 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 정진욱, 한정수 공저, "데이터 통신", 생능출판사, 한국, 2004
- [2] 박재성, 임유진, 안상현, "무선데이터망에서 IEEE 802.11 브로드캐스트 기법의 성능분석", 대한전자공학회 논문지, vol. 46, no. 5, pp. 510-512, 2009년 5월.
- [3] 최영민, "C4I시스템을 위한 무선통신프로토콜(MIL-STD-188-220C)에 관한 연구", 아주대석사논문, pp. 10-11, 2007
- [4] 국방규격, KDS 5820-1262-3, 무전기세트 PRC-999K, 2003. 5. 20