

CDMA2000 1X-EVDO 망에서의 이동형 응급진료 시스템 설계

정석명, 유선국¹, 김병수, 윤하영, 김성림²

연세대학교 대학원 생체공학협동과정
연세대학교 의과대학 의학공학교실, 이동형 응급의료정보시스템 개발센터¹
동덕여자대학교 정보과학대학 컴퓨터과학부²

Design of Mobile Emergency Telemedicine System Based on CDMA2000 1X-EVDO

Seok-Myung Jung, Sun-Kook Yoo¹, Byung-Soo Kim, Ha-Young Yun, Sung-Rim Kim²

Dept. of Biomedical Engineering, Graduate School, Yonsei University
Dept. of Medical Eng., Center for Emergency Medical Informatics, Yonsi, University College of Medicine¹
Dept. of Computer Science, College of Computer & Information Science Dongduk Women's University²

Abstract

Using a high bandwidth cellular communication network is appropriate to implement a high-quality mobile emergency telemedicine system. In Korea, the commercial service of CDMA2000 1X-EVDO has been providing since 2002. In this paper, we designed the system that transfers the biological signal and the video information of a patient simultaneously based on this CDMA2000 1X-EVDO network environment. In CDMA2000 1X-EVDO, the maximum speed of its reverse link can be observed within 153.6Kbps. Before the system design, several field tests had been performed using commercial CDMA2000 1X-EVDO reverse link with the UDP data segments. The test had been taken under several velocity and tunnel areas of Seoul. With the test result we implemented an efficient emergency telemedicine system fitted to the features of CDMA2000 1X-EVDO reverse link using UDP packets. Additional header information is added to the UDP packet data. With the header information the emergency system can transmits the ECG signal prior to the video data and controls the transmission error. The designed system has the ability to transmit both the biological signals and MPEG4 video of 640x480 spatial resolution at the same time. We set up the ambulance with this system and test it on the road. (*Journal of Korean Society of Medical Informatics 9-4,401~406, 2003*)

Key words : Mobile Emergency Telemedicine, CDMA2000 1X-EVDO, UDP

교신저자: 유선국, 서울특별시 서대문구 신촌동 134 연세대학교 의과대학 의학공학교실(120-752)

전화: 02-361-5403 Fax: 02-392-4358 E-mail: sunkyoo@yunc.yonsei.ac.kr

* 본 연구는 보건복지부 보건의료기술진흥사업의 지원에 의하여 이루어진 것임. (02-PJ3-PG6-EV08-0001)

1. 서 론

이동형 응급 의료 시스템은 최근에 발전되고 있는 셀룰러 이동통신 환경에 맞추어 높은 데이터 전송 속도를 가진 원격 의료 서비스를 제공하기 위한 새로운 연구 분야이다^{1,2)}. 긴급한 이동성이 요구되는 구급차에서 사용 가능토록 셀룰러 통신을 이용하는 연구가 원격통신의 세대 변화에 따라 지속적으로 이루어지고 있다^{3,4)}. 한국에서는 2002년부터 3세대 이동통신 방식인 CDMA2000 1X-EVDO⁵⁾가 상용화되고 있다. 이것은 패킷 데이터 전송을 위한 전용 프로토콜로 최대 전송속도가 전방향의 경우 2.4576Mbps까지 가능하고 역방향에서 153.6Kbps까지 가능한 비대칭 전송 구조를 가진다. 기존의 IS-2000⁶⁾ 역시 무선 구간 전송 속도를 153.6Kbps까지 지원하지만 사업자 측면에서 무선 구간의 용량 문제로 VOD(Video On Demand)의 경우 64Kbps까지 할당하고 무선 인터넷은 평균적으로 32Kbps를 나타낸다. 또한 기본적으로 음성 활성화율(Voice activity rate)에 중점을 두어 전송 지연에 민감하게 반응한다. 이에 비해 CDMA2000 1X-EVDO는 무선구간에서 가입자의 전송속도를 동적으로 할당하고, 패킷 데이터의 고유한 특성인 Dormant Mode를 최대한 활용하여 무선구간 및 시스템 사용효율을 극대화하고 있다. 이번 연구의 목적은 이러한 CDMA2000 1X-EVDO의 역방향 채널의 특성을 최대한 활용하여 이동 중에 멀티미디어 전송이 가능한 의료 시스템을 설계하는 것이다. 구급차에서 응급실로 전송하는 정보는 환자의 중요한 생체신호인 ECG(Electrocardiogram), SpO2, NIBP(Non Invasive Blood Pressure), 호흡 등과 외상형 환자의 진단에 유용한 실시간 동영상이다. 먼저 필드 테스트를 통해 이동 속도의 변화와 터널 통과시 CDMA2000 1X-EVDO 망의 특성을 분석하였다. 다음으로는 필드 테스트 결과를 바탕으로 하여 CDMA2000 1X-EVDO 망의 특성에 맞게 시스템을 디자인 하였다. 최종적으로는 구현한 시스템을 구급차에 설치하여 성능을 테스트 하였다.

II. CDMA2000 1X-EVDO 망의 역방향 채널 분석

CDMA2000 1X-EVDO 망에서는 기지국과 단말기에 RLP(Radio Link Protocol)을 사용하여 전송을 제어한다. RLP 프로토콜은 전송 프레임에 순번을 부여하여 오류가 발생한 프레임에 대해 재전송을 요구하는 NAK(Negative Acknowledgement)기반의 프로토콜을 사용한다. CDMA2000 1X-EVDO에서는 RLP 3 버전을 사용한다. RLP 3 버전에서는 순번에 해당하는 비트를 증가하여 많은 데이터 처리에 유리하도록 하고 가변 프레임 크기를 도입하여 전송 속도의 변화에 민감하게 작용하도록 한다. RLP는 3번까지 오류를 처리하고 상위 레이어로 넘긴다. 이 경우에는 전송된 멀티미디어 데이터의 손실이 생길 가능성이 있기 때문에 새로운 ARQ(Automatic Repeat Request)를 응용층에서 적용하여야 한다.

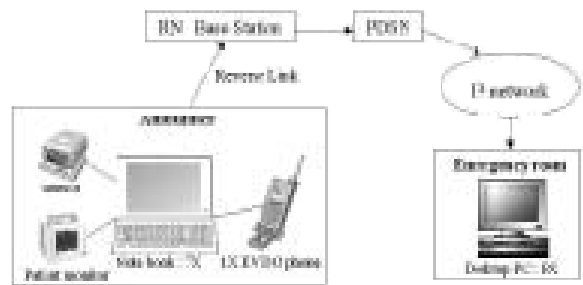


Figure 1. The emergency telemedicine system in CDMA2000 1X-EVDO

그림 1은 CDMA2000 1X-EVDO 환경에서 우리가 구현하고자 하는 시스템의 장비와 망 구조를 보인다. 구급차에서 역방향 채널을 통해 이론적으로 153.6Kbps로 전송된 데이터는 BS(Base Station)에서 PDSN(Packet Data Serving Node)을 통해 IP 망으로 접속하여 응급센터의 RX(Receive Data) 모듈로 전송된다.

우리는 이러한 특성을 갖는 CDMA2000 1X-EVDO 역방향 채널을 사용하여 응급 의료 시스템을 구현하기 위해 데이터 전송 부분에서 UDP(User Datagram Protocol) 패킷을 사용하였다. TCP(Transmission Control Protocol)가 연결 지향적인데 비해 UDP는 비연결지향 방식이므로 실시간 스트리밍 서비스에 유리하다⁷⁾. 실시간 스트리밍 서비스에는 UDP에 별도의 header 정보를 사용하는 RTP(Real-time Transport Protocol)가 널리 사용된다⁸⁾. UDP 패킷을 사용한 데

이더 전송이 인구 밀집 지역인 서울 시내에서 실제로 어떠한 특성을 나타내는지 파악하기 위하여 현재 상용화 되어있는 CDMA2000 1X-EVDO망에 대한 필드 테스트를 실시하였다. UDP 패킷 1MB를 차량 이동 속도를 변화시키면서 RX 모듈에서 데이터 전송 속도와 패킷의 손실에 따른 오류 발생 확률(PE)를 확인하였다. 실험은 오전, 오후, 저녁 시간대별로 측정하였고 도출된 데이터의 평균값을 사용하였다. 실험 장소는 기지국과 가까운 위치, Hand-off발생이 일어나는 지역, 터널 통과 환경 등 통신 환경이 다르다고 예상되는 장소들을 선택하였다. 테스트는 총 20회 실시하였다. 그림 2는 20회 반복된 실험에 대해 계산된 평균 비트율을 나타낸다. 정지 상태에서의 전송 속도는 132Kbps로 CDMA2000 1X-EVDO의 이론적인 최대 전송속도인 153.6Kbps에 근접하는 값을 나타낸다. 차량의 속도가 증가함에 따라 전송 속도는 조금씩 감소하지만 100Kbps이상의 속도가 보장되었다. 테스트한 터널은 3개이며 모두 1km이내의 길이를 가진다. 터널에서는 전송 속도가 100Kbps이하로 떨어졌다.



Figure 2. Average transmission bit rate at different vehicle velocity and tunnel section.

그림 3은 전송 시간에 따른 비트율 변화를 각 속도별로 측정된 것이다. 연결 상태가 좋을 경우 속도의 변화에 무관하게 비트율이 140Kbps이상 되었다. Burst error가 유입되어 속도가 급격히 감소하는 부분은 속도가 증가할수록 빈번하고 넓게 나타난다. 그림 3(f)터널 환경에서는 표시한 부분과 같이 장시간동안 속도의 감소가 심하게 일어난다. 특히 그림 3(e) 80(km/h)인 경우 표시한 부분과 같이 순간적으로 데이터 손실이 발생하는 경우가 나타났다. 이를 통해 일정 속도 이상이거나 터널과 같은 장애물을 통과할 때 발생하는 이러한 전송 장애에 대처하기

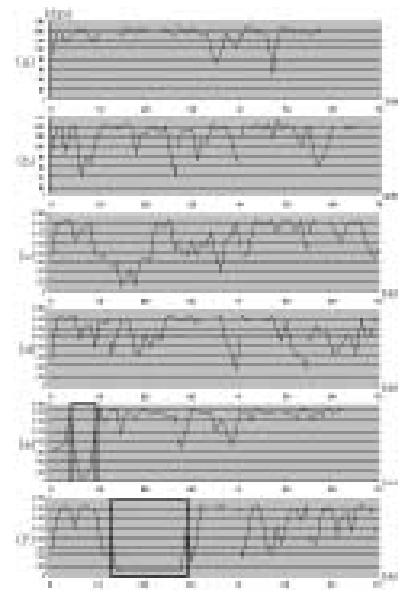


Figure 3. Transmission patterns of the sequential UDP packets on the CDMA2000 1X-EVDO reverse link. (a) stop (b) 20km/h (c) 40km/h (d) 60km/h (e) 80km/h (f) tunnel.

위해 수신단의 버퍼에서 ARQ를 사용할 필요성이 있다는 것을 알 수 있다.

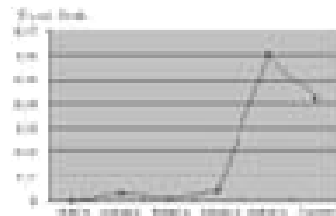


Figure 4. Error probability of the sequential UDP packets on the CDMA2000 1X-EVDO reverse link.

그림 4는 이동 속도에 따른 오류 발생 확률을 나타낸다. 이것은 수신단에서 ARQ를 사용하기 전 RLP 층만으로 에러를 정정을 했을 때 손실되는 패킷의 오류 발생율이다. 속도가 80(km/h)에 도달할 경우 오류 발생율이 급격히 증가하는데 이것은 그림 3(e)의 표시 부분과 일치하는 것이다. 이와는 반대로 60km/h까지의 이동 속도에서는 오류가 거의 발생하지 않는다. 이것은 CDMA2000 1X-EVDO 망에서 제공하는 RLP 층의 특성이 80(km/h) 근처의 속도까지는 비교적 효율이 좋다는 것을 뜻한다.

III. 시스템 설계 및 적용

1. 시스템 설계

우리는 CDMA2000 1X-EVDO망의 전송 특성에 맞추어 생체신호와 비디오 정보를 우선순위에 따라 효율적으로 전송하기 위해 필드 테스트 결과를 토대로 RLP를 사용하지 않고 별도의 header를 구상하였다.

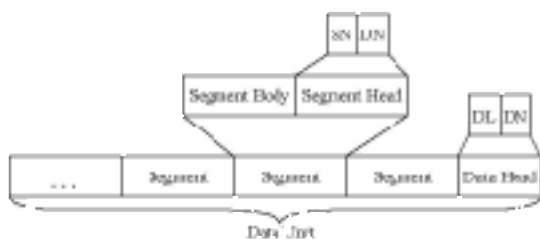


Figure 5. Transmission data structure for emergency telemedicine system using ECG and video signal.

그림 5는 UDP프로토콜로 전송하기 위해 고안한 전송 데이터 구조이다. Data Unit는 비디오 신호일 경우 하나의 프레임 정보에 해당하고 생체 신호일 경우 환자감시 장치에서 1초에 한 번씩 출력되는 데이터 단위에 해당한다. 이것은 설계하는 원격 의료 시스템에서의 비디오와 생체신호를 처리하는 기본 단위이다. UDP프로토콜로 전송하는 실제 데이터 단위는 그림 5에서 표시한 Segment단위이다. Data Unit는 데이터 순번을 나타내는 DN(2Byte)과 데이터 길이를 나타내는 DL(2Byte)로 구성된다. Segment는 데이터 순번을 나타내는 DN(2Byte)과 segment순번을 나타내는 SN(2Byte)으로 구성된다. 비디오 정보일 경우 DN은 홀수로 생체신호일 경우 DN은 짝수로 데이터 종류를 구별한다. UDP프로토콜이 전송 순서를 보장하지 않으므로 Data Unit과 segment에 이러한 순번 정보 포함시켰다.

이동형 응급 의료 시스템은 구급차(전송단)에서 이송되는 응급 환자의 생체 신호와 비디오 정보를 실시간으로 CDMA2000 1X-EVDO망을 통해 응급의료센터로 전송하는 부분과 전송된 데이터를 응급의료센터에서 수신하여 디스플레이 하는 부분으로 구성된다 (Figure 6). 송신 시스템은 데이터 입력 부분과 전송 제어부분, UDP전송 부분으로 구분된다. 생체신호는

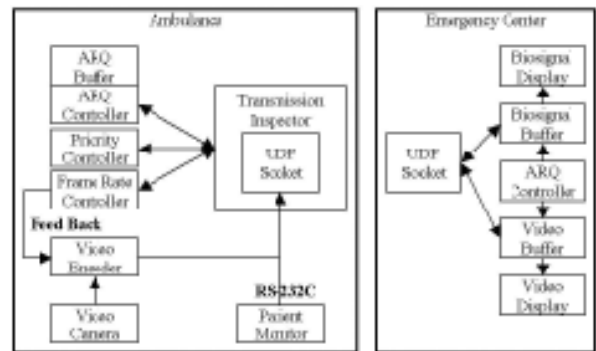


Figure 6. Mobile emergency telemedicine system data flow.

환자감시장치에 의해 측정되어 RS-232C인터페이스를 통해 노트북에 입력된다. 아날로그 비디오 신호는 비디오 카메라를 통해 입력되어 해상도 640x480의 MPEG4형식으로 압축된다. 이것은 전송 제어부분을 거쳐 UDP로 전송된 다음 일정 기간 동안 ARQ Controller내부의 버퍼에 저장된다.

이 과정은 수신단 측의 ARQ에 응답하기 위한 것으로 전송 처리 중에 CDMA2000 1X-EVDO의 RLP 층을 통해 전송되지 못한 데이터가 재전송이 필요한 경우 저장된 데이터를 다시 전송한다. 수신 시스템의 버퍼에서는 전송된 패킷의 header를 먼저 검사하여 순번과 데이터 종류를 파악한다. 에러가 발생한 패킷에 대해서는 ARQ를 통해 재전송을 요구하며 실시간 재생을 위해 버퍼에서는 ARQ시간을 고려한다. ARQ는 일정 지연 시간(2초) 내의 데이터에만 적용된다. 송신단의 ARQ버퍼는 송신한 데이터를 임시로 저장한다. 소실된 동일한 데이터에 대해 비디오 신호는 1번, 생체 신호는 2번까지 ARQ신호를 처리한다. 이는 비디오 신호보다 생체 신호의 전송을 더 우선적으로 보장하기 위해서이다.

시간과 속도에 따라 가변적인 무선망에 적응하기 위해 송신단과 수신단에서 각각 전송 데이터를 제어한다. 전송 데이터를 제어하기 위해 우선순위 제어, 프레임률 제어를 사용하였다.

(1) 우선순위 제어

생체신호는 응급 환자의 진단에 있어서 매우 중요한 경우가 많다. 생체신호의 전송을 비디오 신호에 대해 우선적으로 보장하기 위해 Priority Controller를 둔다. Priority Controller는 그림 3(f)의 표시 부

분과 같이 네트워크 대역폭이 생체신호 전송에 필요한 대역폭 8Kbps에 근접할 때 작동한다. Priority Controller가 작동하면 비디오 신호의 전송을 대기시키고 생체 신호를 비디오 신호보다 우선적으로 전송한다. Priority Controller는 이러한 방식으로 언제나 일정량의 생체신호가 전송되도록 조절한다.

(2) 프레임률 제어

송신단에서는 전송 소켓의 버퍼 상태에 따라 비디오 프레임률을 제어한다. 버퍼가 증가하기 시작하면 Transmission Inspector는 버퍼 증가 신호를 발생시킨다. 버퍼 증가 신호에 의해 Frame Rate Controller는 Video Encoder에 귀환 신호를 보내고 Video Encoder는 비트율을 떨어뜨린다. 전송률이 다시 회복되어 버퍼의 데이터 크기가 감소하면 Transmission Inspector는 버퍼 감소 신호를 발생시킨다. 버퍼 감소 신호가 발생하면 Frame Rate Controller는 프레임률을 증가시키는 신호를 Video Encoder에 보낸다. 그림 3(e)의 표시 부분은 약 15초간의 지속적인 저 대역폭(약 10Kbps) 지역이다. 이 부분에 진입하기 전에 Frame Rate Controller가 먼저 프레임율을 떨어뜨린다. 완전히 진입한 후에는 Priority Controller가 비디오 전송을 거의 차단하고 생체 신호 전송에 우선순위를 제공한다.

2. 구급차에 대한 적용

설계한 시스템을 구급차에 탑재하여 시내 도로를 주행하면서 동작 특성을 관찰하였다.

그림 7은 구급차에서의 사진이고 그림 8은 환자의 생체 신호와 얼굴 부분의 비디오 신호를 전송하였을 경우 응급의료센터에서 표시되는 사진이다.



Figure 7. System test - in ambulance.



Figure 8. System test - in emergency center.

표 1은 시내 시험 주행에서 관찰한 결과들이다.

생체신호는 frame단위가 아니므로 동영상에 대해서만 프레임률을 관찰하였다. 진동이 발생한 경우의 특성은 80km/s이하의 속도로 터널 밖을 주행하고 있을 때이며 진동이 끝난 후 2-3초 후 이전의 프레임률로 회복되었다. 터널 또는 80km/s이상인 상태가 지속되면 프레임률 제어와 우선순위 제어의 한계를 벗어나는 문제점이 발생하였다.

표 1을 살펴보면 먼저 구급차가 터널구간을 지나거나 80km/s이상의 속도로 이동할 때를 제외하면 생체신호 전송은 양호하고 동영상 정보가 장애 정도에 따라 프레임률이 떨어지거나 정지하였다. 이것은 대역폭 변동, 장애 발생, 동영상의 비트율 증감에 대해 우선순위 제어기가 작동하여 생체신호를 동영상

Table 1. Results of the ambulance test for the emergency telemedicine system.

신호종류	평균지연 시간 (초)	평균 frame/s	구급차 이동 상태별 신호 전송 특성			
			정지상태	20-80 km/s	터널 또는 80km/s 이상	진동발생노면불량, 커브길 등)
생체신호	2.5		전송양호	전송양호	분당 3회 정지 (정지시간 평균 4-5초)	전송양호
동영상	3	2.5 (min:0.5)(max:5)	분당 1회 정지	분당 3회 정지 (정지시간 평균 1초)	분당 3회 정지 (정지시간 평균 4-5초)	3-4초 후 프레임률 1frame/s 이하

에 우선하여 전송하는 것으로 볼 수 있다. 진동이 발생할 경우 프레임률이 급격히 떨어지는 것은 가변장 방식의 MPEG4부호화에서 움직임이 증가될 때 출력 비트율이 증가하는 현상과 관련지을 수 있다⁹⁾. 이 경우 Frame Rate Controller가 프레임률을 떨어뜨린다.

IV. 결론 및 토의

우리는 본 연구에서 한국에서 상용 서비스 되고 있는 3세대 이동통신 서비스인 CDMA2000 1X-EVDO 무선망을 이용하여 실시간으로 응급 환자의 생체신호와 동영상 정보를 전송하는 이동형 응급 의료 시스템을 설계하였다. CDMA2000 1X-EVDO의 역방향 채널은 필드 테스트 결과 평균 100Kbps 이상의 전송률을 유지하는 것으로 나타났다. 이러한 대역폭을 사용하여 생체 신호와 640x480의 해상도를 가진 동영상 정보를 실시간으로 전송할 수 있는 시스템을 설계하였다. 이를 위해 이동 속도의 변화에 따른 비트율과 에러 발생률을 측정하여 시스템의 성능과 한계를 규정하였다. 구현한 시스템을 실제 적용한 결과 나타나는 대표적인 문제점으로 비디오 프레임이 다소 낮게 나타나는 것과 무선망 장애구간에서는 별도의 대안이 필요하다는 점을 들 수 있다. 한정된 대역폭에서 비디오 프레임율과 화질을 개선하기 위해서는 비디오 코딩 방식에 대한 연구가 더 필요하고 무선망 장애 상황을 극복하기 위해서는 복수개의 전송 매체를 사용하는 방법과 같은 안정성 보장에 대한 연구가 필요하다.

참고문헌

1. C.S. Pattichis, E. Kyriacou, S. Voskarides, M.S. Pattichis, R. Istepanian, C.N. Schizas Wireless Telemedicine Systems: An Overview IEEE Antenna's and Propagation Magazine, April 2002; 44(2): 143-153
2. Hung, K. Yuan-Ting Zhang Implementation of a WAP-based telemedicine system for patient monitoring Information Technology in Biomedicine, IEEE Transactions on, June 2003; 7(2) : 101 -107
3. E. Kyriacou, S. Pavlopoulos, A. Berler, M. Neophytou, A. Bourka, A. Georgoulas, A. Anagnostaki, D. Karayiannis, C. Schizas, C. Pattichis, A. Andreou, D. Koutsouris Multi-purpose HealthCare Telemedicine Systems with mobile communication link support BioMedical Engineering OnLine 2003; 2(7)
4. Woodward, B.; Istepanian, R.S.H.; Richards, C.I. Design of a telemedicine system using a mobile telephone IEEE Transactions on information technology in biomedicine, March 2001; 5(1): 13-15
5. C.S0001-A, Introduction to cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems, June 2000
6. TIA/EIA/IS-2000 cdma2000 Standards for Spread Spectrum Systems
7. RFC 768 J.Postel, User Datagram Protocol, 1980
8. RFC 1890, RTP Profile for Audio and Video Conferences with Minimal Control
9. ISO/IEC JTC1/SC29/WG11, Overview of the MPEG-4 Standard, March 2001
- 10 K.M. Kim, S.K. Yoo, S.M. Jung, D.K. Sun-ho Kim, . N.H. Kim The design of multimedia emergency telemedicine system between inter-hospital Journal of Korean Society of Medical Informatics 2002; 8(4) : 1-9