

u-Hospital 을 위한 원격 약물 주사 제어 시스템의 구현의 관한 연구

A Study on the Implementation of a Remote Medicines Injection System For u-Hospital

임수영*, 허정일, 서정호, 안진수, 김우식
(Suyoung Lim, Jungil Heo, Jungho Seo, Jinsoo Ahn, and Wooshik Kim)

Abstract : This paper suggests remote injection system and explains the design of the system and means of implementation. Remote injection system means a system delivering the precise injection prescribed to the patient in the ward through input into the remote server using TCP/IP protocol. The system has been planned in detail. The syringe has been designed to be linked with the Ringer's rubber tube and the independently developed syringe-module is to be used in order to ensure precise and accurate delivery of the injected medication. In development stage of embedded software, object-oriented planning method has been chosen.

Keywords: remote medication injection, syringe

I. 서론

최근 ubiquitous 시대가 시작한 이후 정보통신, 컴퓨터, 건축, 과학 기술 등 거의 모든 분야에 걸쳐서 이 용어가 쓰여지고 매우 빠르게 ubiquitous 세상이 다가오고 있다. 병원시스템 또는 의료기기에서도 ubiquitous system 은 예외 없이 발전하고 있다.

그러나 현재 병원의 환자 주사시스템은 예외가 되고 있다. 종합병원일지라도 환자의 링거를 통하여 간호사가 주기적으로 처방된 약물(비타민, 진통제, 마취제 등)을 링거의 고무관에 주사해야 한다. 밤낮 시간의 관계없이 간호사가 링거의 고무관에 직접 처방된 약물을 주사하는 현재 병원 주사시스템은 간호사의 약물투여 시간 또는 약물의 양의 오류로 인하여 환자는 더욱 더 고통 받고 회복의 시간이 늦어질 뿐 아니라 보호자와의 마찰을 일으킬 수 있다.

이것을 탈피할 수 있는 방법으로 clinical workstation(원격지 서버)에서 internet 망 또는 LAN 을 이용하여 처방된 약물만큼 정확하게 링거 안으로 주사하는 원격지 주사시스템을 제안하고 구현하였다. 또한 원격지 서버에서 약물의 투여시간을 timer 로 설정할 수 있도록 구현하였다.

이로써 환자는 더 나은 환경에서 치료를 받게 되고 간호사의 근무 환경 또한 향상된 것이다. 더 나아가 병원은 인력 감소로 인하여 병원의 이익이 향상될 것이다. 본 논문에서는 현재 병원주사환경을 개선하여 remote station 에서 약물을 투약하는 주사기, 약물 주입기, 또는 마취기 등을 디지털 입출력 기능을 이용하여 여러 모듈을 처리하는 u-hospital 을 구현하고자 한다.

II. 원격 약물 주사 제어 시스템의 설계와 구성

현재 우리는 LAN(Local Area Network) 또는 WLAN(Wireless Local Area Network)망이 빌딩이나 대학과 병원에서 흔히 네트워크로 연결되어 진 것을 볼 수 있다.

원격지 주사 시스템은 병원 또는 대학의 internet 망, LAN 망, WLAN 망에서 TCP/IP Protocol 을 이용하여, 환자의

링거에 연결된 주사기를 작동시켜 약물을 링거에 주입하기 위하여 원격지 서버에서(clinical workstation) 처방된 약물의 양을 송신한다. 입원실 또는 대학의 네트워크 포트는 이를 수신하고 이 수신된 data 를 마이크로컨트롤러가 처리하여 주사기 모듈을 동작시켜 환자에게 정확한 양의 약물을 주사한다. 그림 1 은 원격지 주사시스템의 통신 환경을 보여주고 있다.

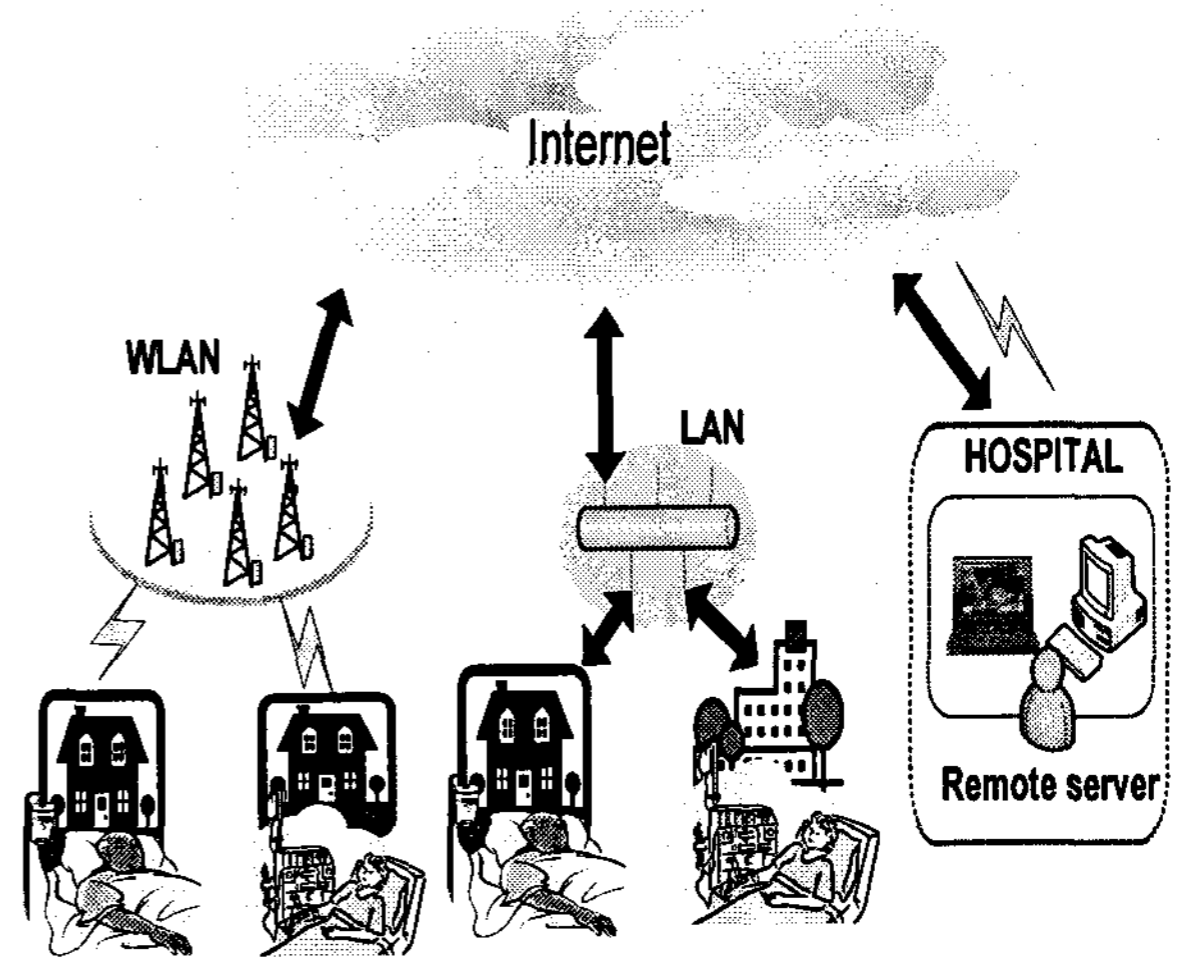


그림 1. 원격지 주사시스템의 시스템 구성도
Figure 1. overall scenario of remote injection system

원격지주사시스템의 구성은 remote Server, 주사기모듈(module)제어를 위한 microcontroller, NM7010A-LF 보드(evaluation board), 주사기의 정확한 약물주입을 위한 주사기 모듈로 이루어져 있다.

NM7010A-LF 보드는 LAN 고밀도 집적회로(LSI - large-scale integration) 인 W3100A 가 핵심 칩으로 구성되어있다. I2Chip W3100A 는 하드웨어 상에서 TCP/IP 스택(stack)을 허용하는 디지털 장치와의 고속 이더넷(Ethernet) 연결을 위한 저가형의 하드웨어 프로토콜 스택을 지원하는 고밀도 집적회로(LSI)이다. 즉 I2Chip W3100A 도 microcontroller 와 같은 하나의 MCU(micro controller unit)이다. 그리고 주사기 모듈은 스텝 모터(steping motor) 와 lead screw 와 slide crank 와 주사기로 구성되어 있다. 그림 2 는 원격지 주사시스템의 구조와 구성요소 나타낸 블록 다이어그램이다.

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2007. 07. 15., 채택확정 : 2007. 07. 30

임수영,허정일,서정호,안진수,김우식:세종대학교정보통신대학원
(feinsu@naver.com,heoji7@nate.com,onlyjh@gmail.com,ssaeya@naver.com, wskim@sejong.ac.kr)

※ This work is supported by UBDC (Ubiquitous Biomedical Systems Development Center, Grant No. 0405-ER01-0304-0001).

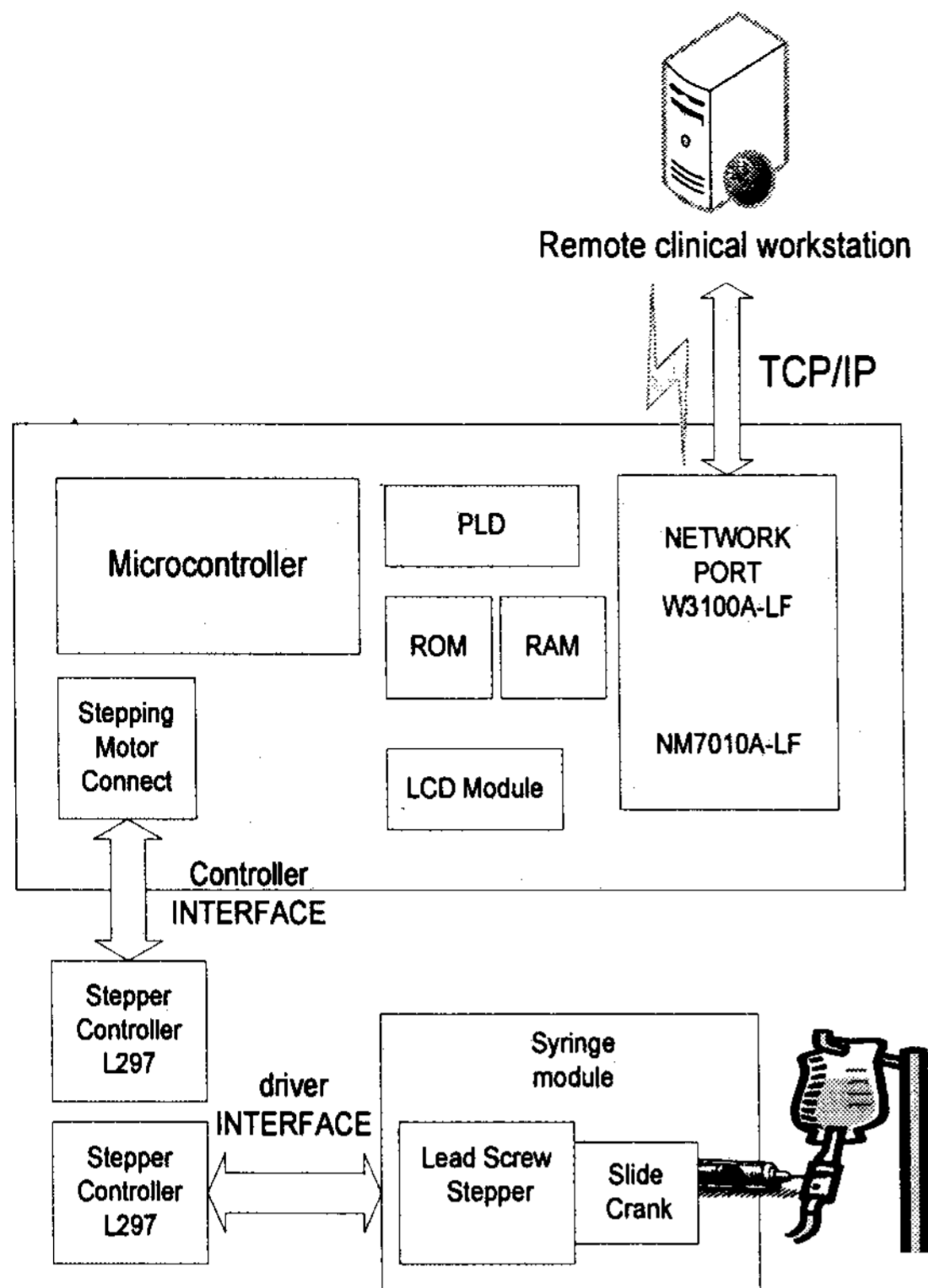


그림 2. 원격지 주사 시스템의 전체적인 디자인과 블록 다이어그램

Figure 2 The diagram of the whole remote injection system for u-hospital

III. 원격 약물 주사 제어 시스템의 구현

보통 마취를 해야 하는 환자, 면역성에 약한 환자, 아기들, 천식 환자들은 주사의 양에 있어서 각별한 주의를 요한다. 일부 환자들은 링거에 투약되는 약물의 양에 따라서 아주 민감한 알레르기 반응 보이는 사람들이 있기 때문이다. 때로는 투약되는 진통제의 양에 따라서 환자들의 생명을 위협하기도 한다. 특히 환자의 마취를 해야 하는 경우에는 마취사가 따로 마취제를 주사해야 할 만큼 중요하다.

본 논문의 구현에서는 처방된 약물의 양을 정확하게 주사하는 정밀성에 중점을 맞춰 연구하였다. 그래서 매우 정밀한 주사기 모듈을 자체적으로 개발하였고 이것을 실험으로 입증하였다.

III-1. 원격 약물 주사 제어 시스템의 알고리즘

W3100A-LF 는 API(Application Programming Interface) 소켓을 지원한다. 그리고 이 칩은 인텔과 모토로라 MCU 버스 인터페이스와 I2C 표준 MII 인터페이스를 이용하여 하위계층의 이더넷(Ethernet)을 지원한다.

Remote server 는 windows socket 에 의한 TCP/IP 통신을 이용하여 환자의 처방된 주사입력 값을 네트워크 포트(W3100A-LF)에 송신한다. 이때 remote server 에서는 timer 설정이 가능하도록 server 프로그램을 구현하였다. 즉 약물의 주입시간을 지정할 수가 있다.

microcontroller 는 주사기 모듈의 핵심구성요소인 스텝모터를 작동시키는 제어를 담당하는데, Microcontroller 는 W3100A 와 내부적으로 적절한 interface 가 되어있어서,, NM7010A-LF 보드의 네트워크포트로부터 전송된 데이터를 받으면, microcontroller 가 W3100A 의 외부메모리어드레스에

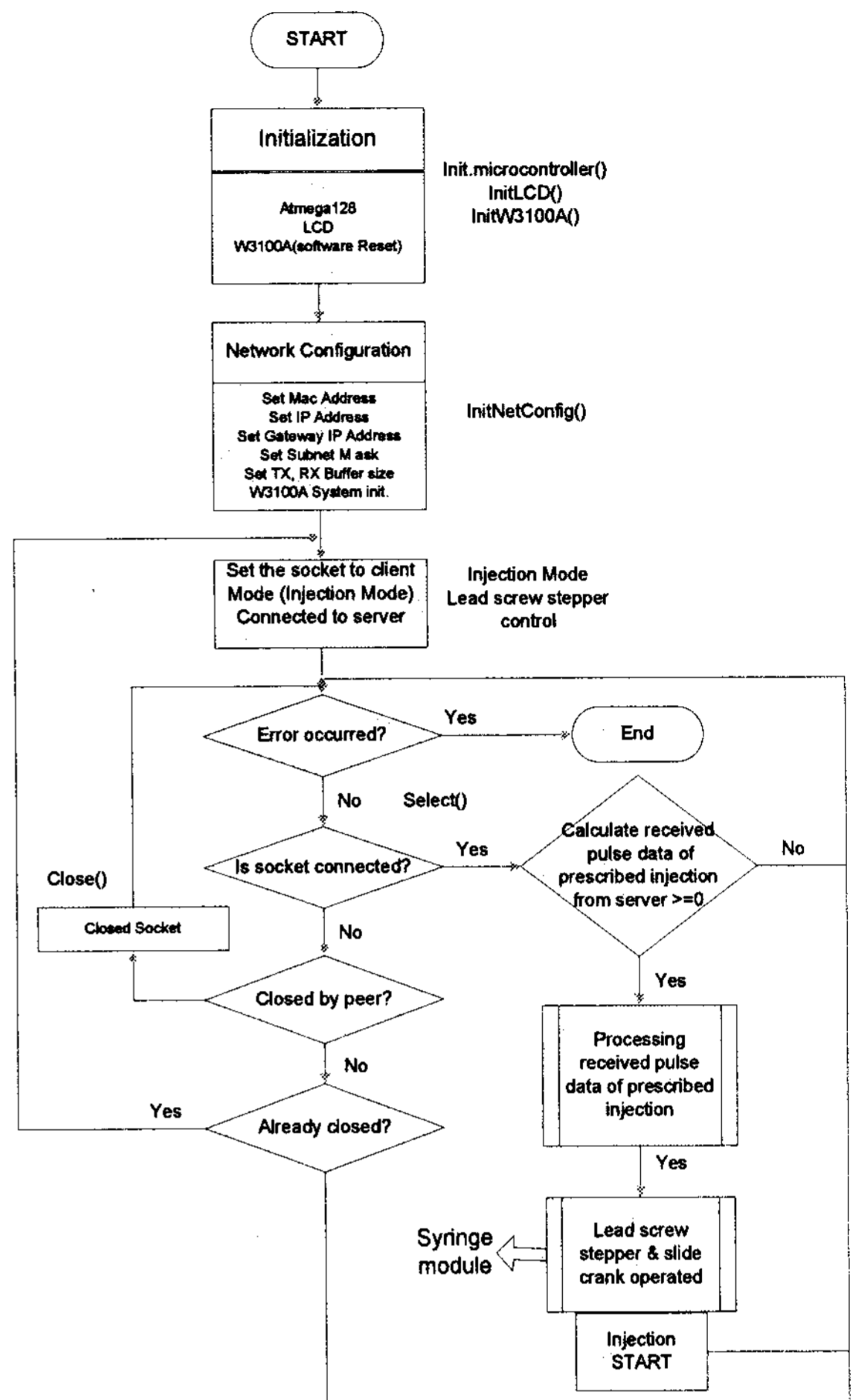


그림 3. client 의 주사기 모듈 제어를 위한 알고리즘
Figure 3.algorithm for control of syringe module of the client

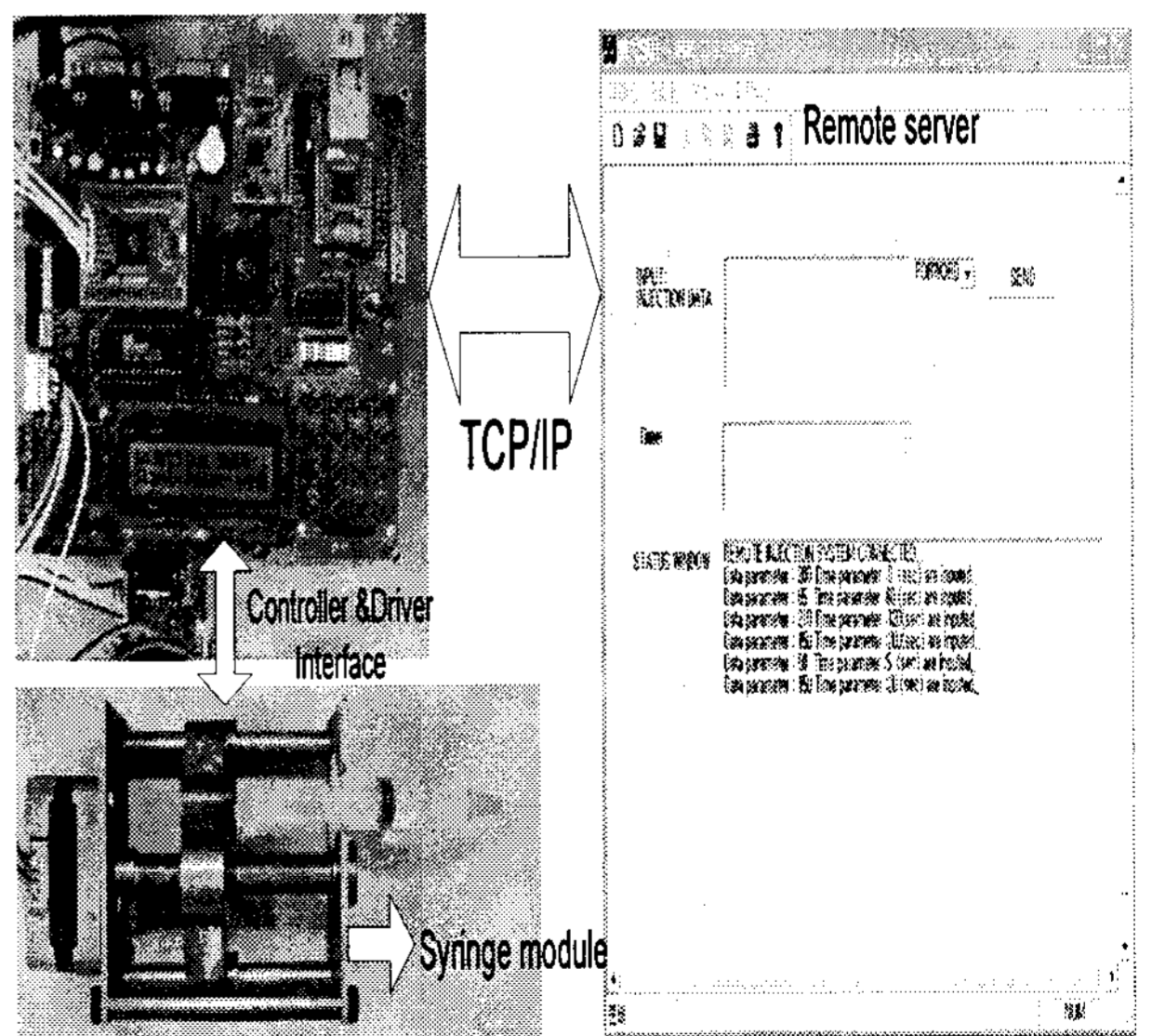


그림 4. 전체 통신망을 위한 서버와 클라이언트 구현
Figure 4.Implementation of server and client for entire communication

접근하여 remote server 에서 송신된 data 를 처리한다. 끝으로

처리된 data 는 스텝모터의 PWM(pulse width modulation)를 조정하여 주사기 모듈을 동작하게 하여 정확한 양의 약물을 환자에게 주사하게 한다.

그림 3 주사기모듈의 제어를 위한 알고리즘을 나타내고 있다. 그림 4는 그림 3의 알고리즘을 바탕으로 현재 병원의 주사시스템을 개선한 원격지 주사시스템을 보여주고 있다.

III-2. 주사기 모듈의 구현과 정밀성

주사기 모듈은 스텝 모터(stepping motor) 와 lead screw 와 slide crank 와 주사기로 구성되어 있다. lead screw(리드 스�크류)는 선반의 왕복 축을 움직이는 나사이고 slide crank 는 lead screw 을 지탱하는 일을 하면서 주사기를 밀고 당기는 왕복대 역할을 한다.

본 연구에서는 lead screw 의 나사의 pitch(피치)를 조정하여 스텝모터가 1 회전 되었을 때 나사의 거리(lead)가 1mm 전진 또는 후진하여 주사기를 밀고 당기도록 디자인하고 구현하였다. 이처럼 주사기 모듈을 구현함으로써 투약할 주사기의 약물을 0.1 ml/cc 까지도 정확하게 제어하여 주사할 수 있는 시스템을 확립하였다. 본 연구에서는 주사 투여량의 정밀성을 위하여 주사기 모듈을 자체적으로 설계하고 구현하였다. 그림 5는 1pitch(피치)당 들어가는 약물의 주사량을 나타내고 있다.

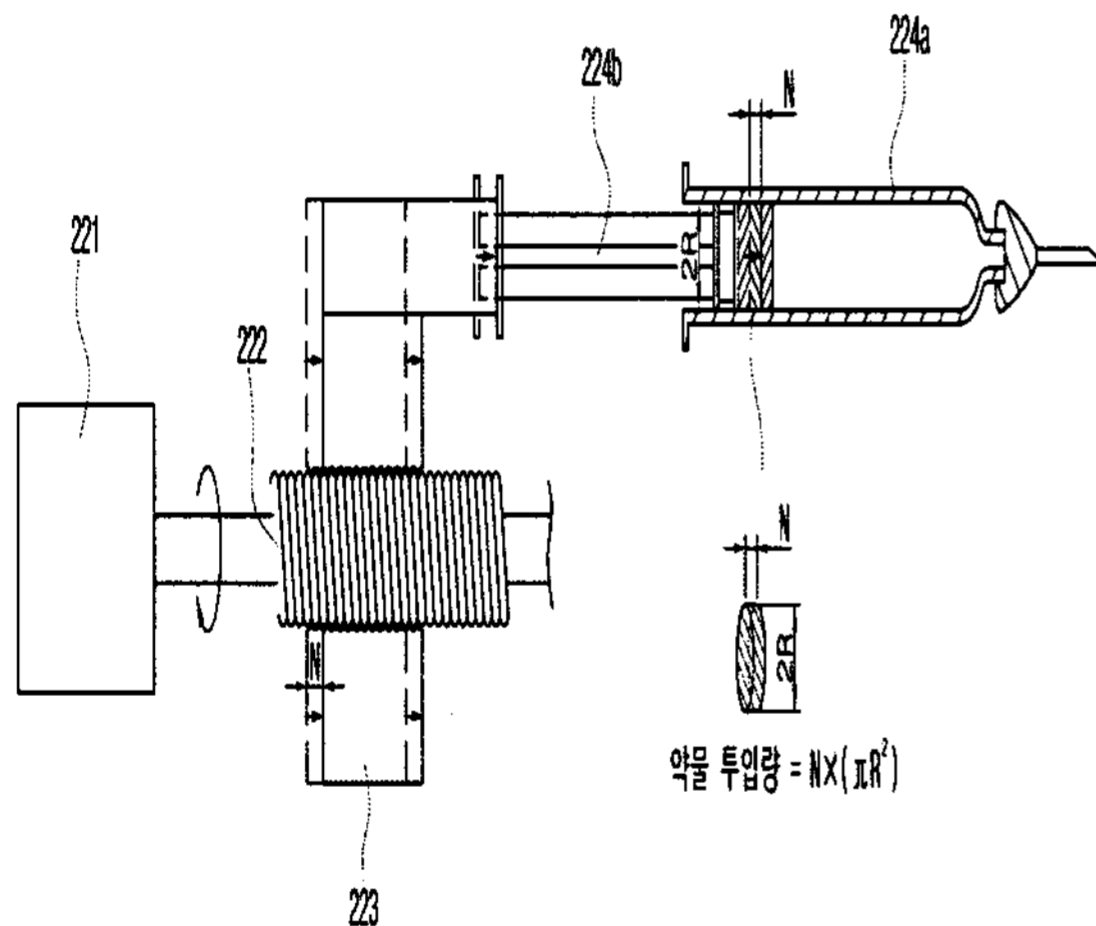


그림 5.1 피치(pitch)당 약물의 주사량
Figure 5. Medicine's volumes per one pitch

III-3. 주사기 모듈의 원리와 동작방법

리드 스�크류 스텝퍼(lead screw stepper) 와 주사기는 링거의 고무관에 약물(비타민, 진통제, 마취제 등)을 주입시키기 위하여 연결되어있다. 원격지 서버(remote server)가 microcontroller 에게 주사기 모듈을 작동시켜 처방된 약물을 양을 주사하도록 요청한다면 주사기모듈은 주사기를 작동시켜 링거의 고무관에 연결된 주사기의 약물이 링거 안으로 정확한 량이 투약 된다.

그렇다면 여기서 한가지의 의문점이 일어날 수 있다. 어떤 방식으로 스텝모터의 단지 회전하는 힘으로 주사기를 정확하게 밀고 당겨서 약물을 투여할 수 있을까?

그림 6 에서, lead screw 와 slide crank 는 볼트와 너트처럼 서로 맞물려 있다. 결국 lead screw 는 회전하는 힘을 주사기를 밀고 당기는 힘으로 바꾸어 주는 역할을 하고 slide crank 는 주사기를 밀고 당기는 lead screw 의 왕복대와 선반

역할을 하는 것이다.

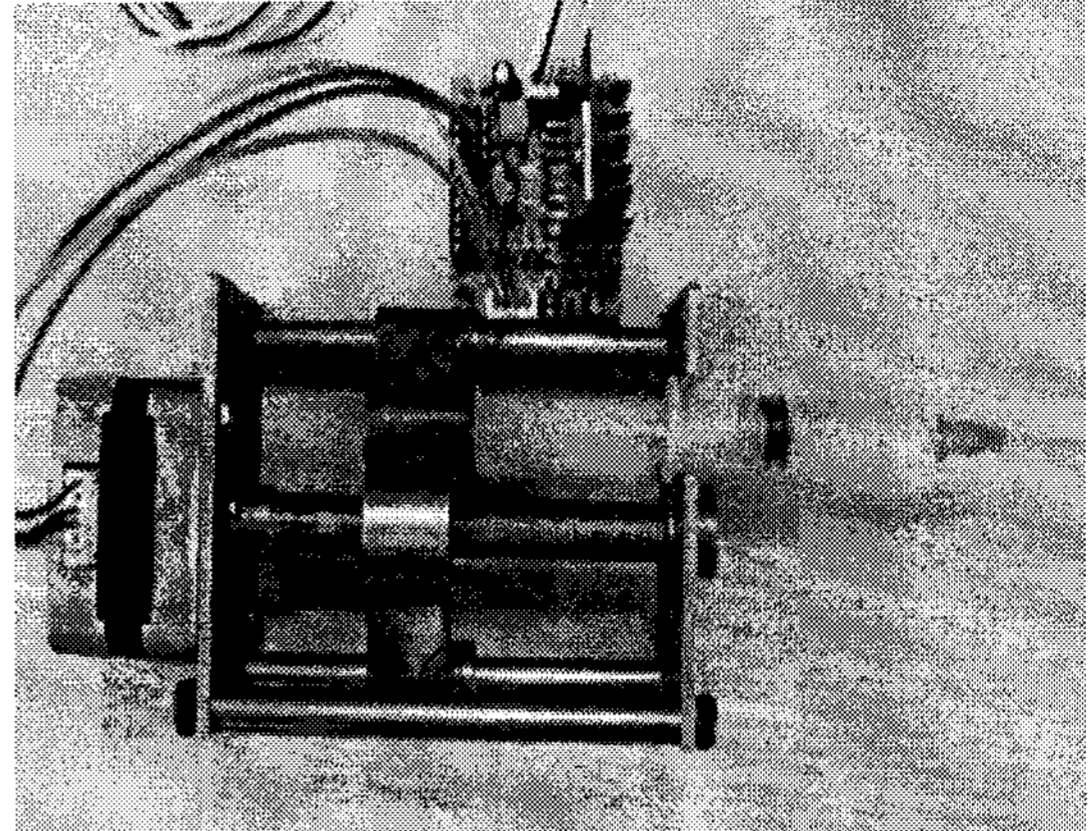


그림 6. 주사기 모듈
Figure 6. The syringe module

III-4. 스텝모터와 Lead screw stepper 의 구현

스텝모터는 각종 모터 중에서도 pulse 에 의해 디지털적으로 제어하는 것이 가능하다는 점에서 MCU(micro controller Unit)에서 사용하기에는 아주 적합한 모터 이다. 스텝모터가 DC 모터와 AC 모터와 크게 다른 점은 motor shaft 의 위치를 검출하기 위해 feed-back 없이 정해진 각도를 회전하고 상당히 높은 정확도로 정지할 수 있다는 것이다[3]

회전 속도에 있어서도 스텝모터에 부여하는 pulse rate(펄스의 시간당 간격)에 비례하므로 임의로 정밀 제어할 수 있다. 일반적으로 기계적인 이 동량을 정밀하게 제어하는 일에 DC servo 모터나 스텝모터가 많이 사용되고 있다. 그래서 현재 의료기기 및 정밀제어기기 등에서 사용되고 있다.

Lead screw stepper 는 스텝 모터와 lead screw 를 합한 것으로 주사기 모듈의 핵심 구성요소이다. 원격지 서버는 환자에게 처방된 약물의 양을 주사하도록 pulse parameter 요청하는데, 주사기모듈의 Lead screw stepper 는 요청된 단 한 개의 pulse 까지도 제어하도록 구현하여 주사기의 약물 투여의 정밀성을 확인 하였다.

본 연구에서 lead screw stepper 는 높은 정밀도를 가진 스텝모터를 가지고 제작을 하였다.

III-5. 원격지 서버와 클라이언트의 구현

보통 TCP/IP Protocol 을 사용하는 application 은 client/server Model 이라고 부르는 모델로 구성됩니다[7] Client 는 처리를 요구하는 program 이고, server 는 client 로부터 요구를 받아서 처리를 하는 프로그램이다.

W3100A 의 MCU 는 API(Application Programming Interface) socket 을 지원하여 Visual C++ 6.0 으로 구현한 Server 와 windows socket 에 의한 TCP/IP 통신이 가능하다. 본 구현에서는 Remote server 을 server Model 로 적용하고 NM7010A-LF 보드 핵심 칩인 I2Chip W3100A 을 client Model 로 하여 client/server Model 로 구현하였다.

그림 7에서 보는 것처럼, 서버는 처방된 주사량을 입력하는 window, 전송의 결과를 보여주도록 상태 window, 주사기 모듈의 방향을 결정해주는 combo window , 그리고 timer 설정을 위한 시간설정 window 로 구성되었다.

Client 모델인 microcontroller 의 임베디드(embedded)소프트웨어 개발에는 객체지향 설계기법을 적용하여 programming 하고 이를 포팅하였고, LCD window 는 서버와 클라이언트가

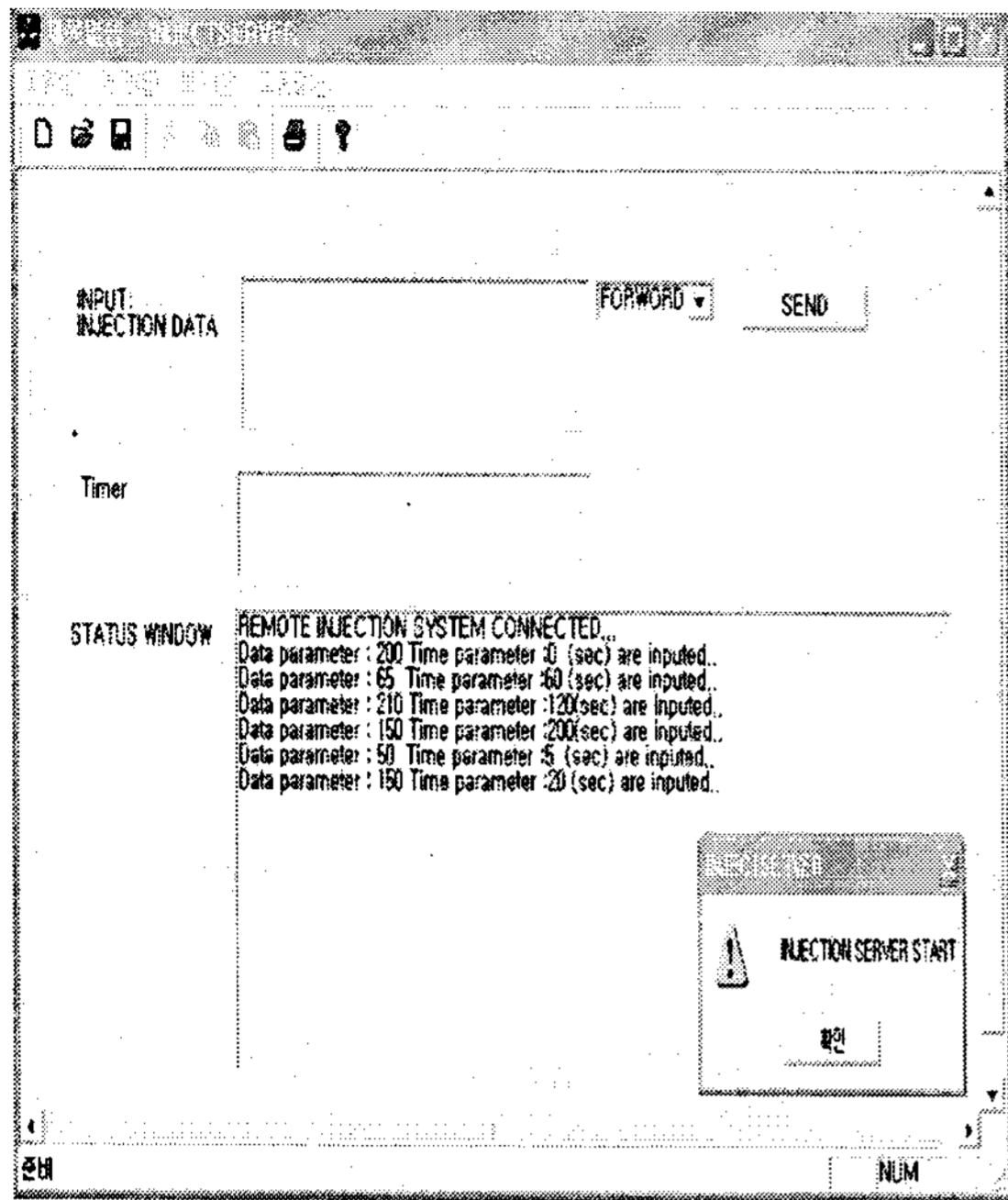


그림 7. 서버(원격지 워크스테이션)
Figure 7. server(remote workstation)

접속하는 과정에서부터 연결 실패 또는 연결성공 그리고 주사기의 약물 투약 등 모든 처리과정들이 순차적으로 나타냄으로써 u-hospital 시스템의 안정성을 강화 하였다.

IV. 결과

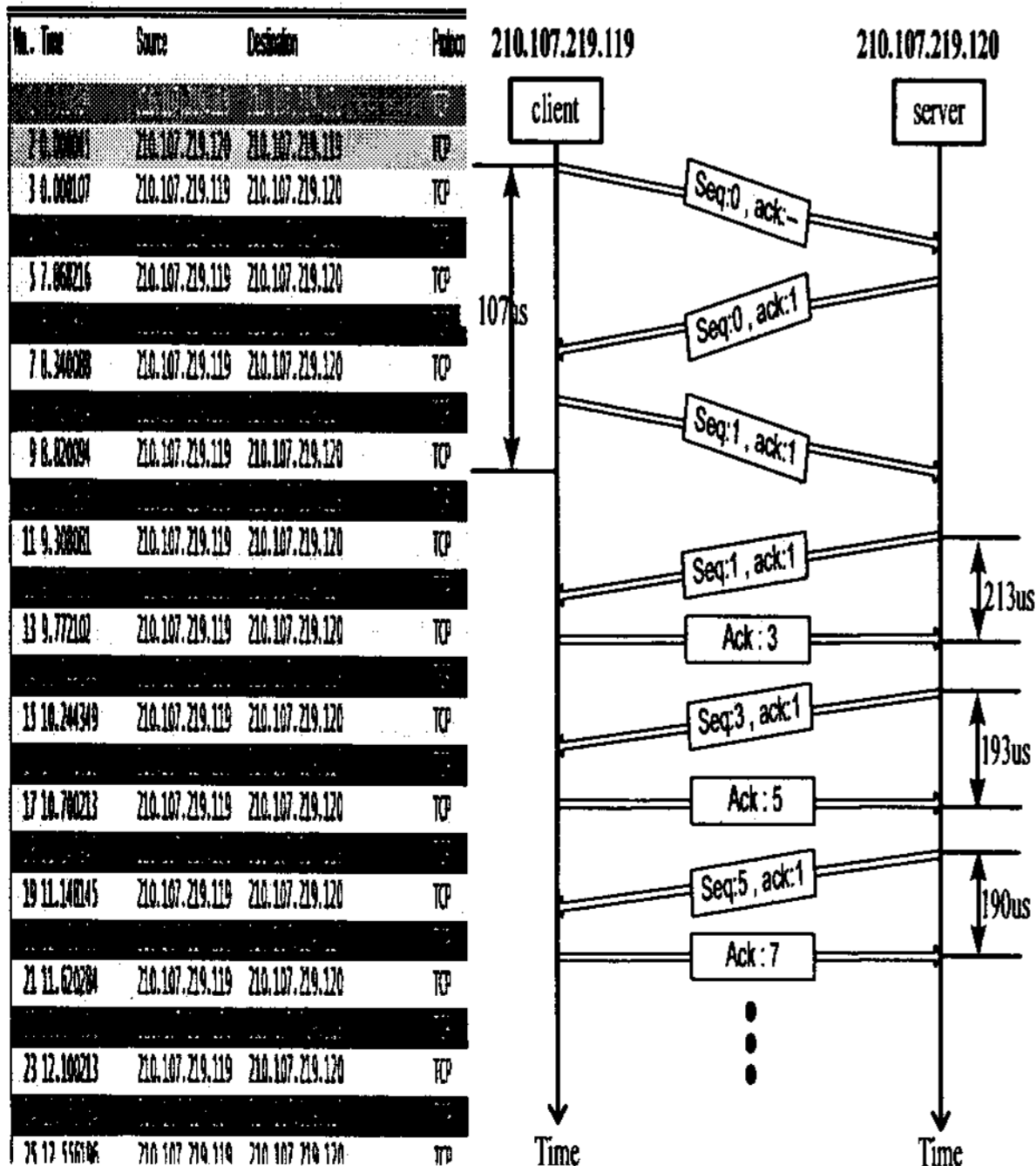


그림 8. 서버기준의 패킷 전송의 캡처와 패킷 전송의 flowchart
Fig. 8.Capture of Packet transmission in sever and flowchart of packet transmission

타이머가 설정된 원격지 서버에서 처방된 주사기의 약물의 양을 입력했을 때, 지정된 시간 후 마이크로 컨트롤러는 주사기 모듈을 작동시켜서 주사기가 처방된 약물의 양을 정확하게 주사하는 것을 실험을 통하여 확인 하였다.

그림 7 는 네트워크 모니터링 툴인 ethercal 을 이용하여 remote server 측을 기준으로 packet 을 capture 한 그림이다. 이것은 TCP protocol 를 사용하여 source 에서 destination 까지 packet loss : 0% 이고 delay 는 최대 300us 이하라는 것을 보임으로써 원격지주사시스템은 신뢰성 있는 통신을 한다는 것을 증명하였다.

V. 결론

본 논문에서는 현재의 병원주사시스템을 개선한 u-hospital 을 제안하고 구현하였다. 의료 분야인 만큼 환자의 약물 투여량의 정밀성에 중점을 두어 개발하였고 정밀성과 통신의 신뢰성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

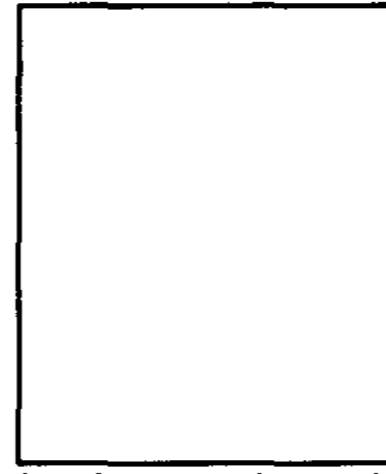
[1] <http://www.atmel.com>
 [2] <http://www.eu.atmel.com>
 [3] <http://www.wiznet.co.kr>
 [4] S.H.Park, et, al., "Inter-bed networks in a patient monitoring system," J. of KOSOMBE, vol. 18,no.4, pp.373-388,1997
 [5] E.J.Woo, et, al., "Intra-bed networks in a patient monitoring system," J. of KOSOMBE, vol. 18,no.4, pp.373-380,1997
 [6] IEEE Standard for Medical Device Communications
 [7] DOUGLAS E. COMER, "Internetworking with TCP/IP principles, protocols, and architectures ", fourth edtion, volume 1, Prentice Hall ,2000
 [8] Behrouz A. Forouzan, " Data Communications and Networking " third edition, McGraw Hill
 [9] James F. Kurose, and Keith W.Ross, " Computer network(A top-down approach featuring the Internet) " third edition, Addison Wesley publishing Company, 2002



임수영

2006년 세종대학교 전자정보통신 공학부 졸업. 2006년~현재 세종대학교 정보통신대학원 석사과정 재학중. 관심분야는 생체신호전송, Sensor Network, Networked Embedded System, Remote control(가정,

병원,공장 자동화),



김우식

1984년 서울대학교 전자공학과(공학사). 1986년 서울대학교 전자공학과(공학석사). 1991년 G.I.T. 전기공학과(공학박사). 1999년~현재 세종대학교 전자공학부 교수. 관심분야는 Digital

Signal Processing, High speed Communication system, Biomedical Engineering, Wireless Communications