

## 특집

# Digital Hospital for Ubiquitous Health

최진욱 (서울대학교 의과대학 의공학교실)

## I. 디지털병원이란

디지털병원이란 병원내에서 이루어지는 진료업무와 이와 관련된 모든 업무가 컴퓨터로 처리되는 첨단 병원을 말한다. 병원에는 진료부서, 검사부서, 행정부서 등이 있으니 이들 부서의 모든 업무가 컴퓨터로 처리되고, 업무간의 정보전달도 컴퓨터로 이루어지고 있는 병원을 디지털병원이라고 할 수 있겠다.

기능적인 면에서 디지털병원을 설명해보면 전자의무기록시스템 (Electronic Medical Record system), 디지털 영상정보시스템 (PACS), 처방전달시스템 (Order Communication System, OCS), 그룹웨어, 의사결정지원시스템 등을 갖춘 병원이라고 할 수 있으며, 또한 이러한 시스템이 원활하게 동작할 수 있도록 서버와 안정성을 갖춘 네트워크를 보유한 병원을 디지털병원이라고 하겠다.

## II. 디지털병원의 발전사

우리나라의 의료계에서는 1970년대부터

컴퓨터를 사용하기 시작하였다. 처음에는 주로 보험청구작업을 위하여 컴퓨터를 사용하기 시작하였는데, 그 당시에는 메인프레임 컴퓨터를 사용하였고 언어로는 코볼을 사용하여 프로그램이 개발되었다. 컴퓨터를 사용하는 것의 효과는 대단하였다. 주로 월말이 되면 보험청구작업을 하였는데, 병원의 한 달 치 자료를 출력하여 트럭에 실어서 보험공단에 보내곤 하였다. 그러던 것을 컴퓨터 시스템이 도입되자 하나의 카트리지로 대신할 수 있게 되어 업무도 간편해 지고, 공단에서는 보험심사 업무도 효율적으로 진행될 수 있게 되었다.

1990년대부터는 의사가 약처방을 입력하는 처방전달시스템 (Order Communication System, OCS)이 개발되었다. 그때까지는 병원의 진료실에서 발행된 처방이 각 부서에 종이로 전달되었는데, 종이를 분실한다거나 의사의 글씨를 알아보지 못해서 진료실로 다시 확인전화를 한다거나 번거로운 일들이 상당히 많이 발생하였었다. 이러한 의사의 처방정보를 컴퓨터화하여 개발한 것이 처방전달시스템이다. 이를 통하여 병원의 업무가

많이 개선되었고, 손으로 기록하는 것 때문에 생기는 오류를 없앨 수 있었다.

그 후 2000대에 이르러 병원의 의무기록을 모두 컴퓨터화하는 작업이 시작되었는데 이를 전자의무기록시스템(Electronic Medical Record system, EMR system)이라 부르게 되었다.

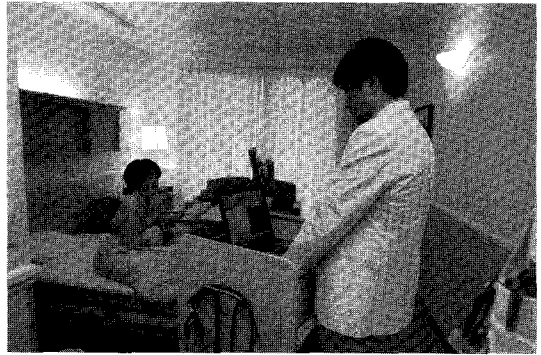
### III. 디지털병원의 사례

#### 1. 디지털병원의 첫 장을 장식한 일본 가메다병원

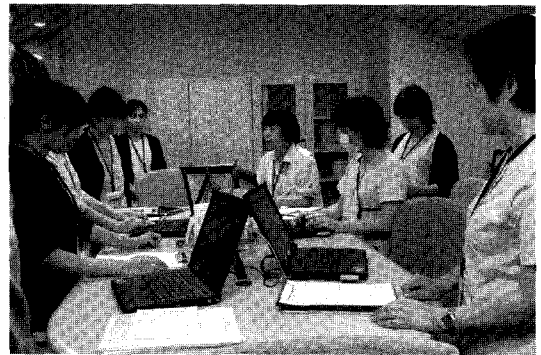
가메다병원은 일본 가메다현에 위치한 800 병상규모의 개인병원이다. 전세계적으로 1990년대에는 각 병원마다 처방전달시스템을 개발하는 것이 한창이었다. 그러나 다른 병원이 처방전달시스템을 개발하고 있거나 투자를 고민하고 있을 즈음인 1995년에 가메다병원은 남보다 한 발 앞서 전자의무기록시스템을 개발하였다. 이 당시 전자의무기록시스템에 대해서는 매우 힘들거나 아주 먼 미래의 일로만 생각하고 있을 때였다. 한국에서도 몇몇 병원에서 시도되고 있었으나, 여러 가지가 완벽하게 맞물려 돌아가는 병원은 가메다병원이 처음이었다.<sup>11)</sup>

전자의무기록시스템을 개발할 당시 가메다병원의 목표는 “통합된 정보환경을 통한 앞선 의료의 제공”이었다. 실제로 가메다병원은 이상이 아닌 현실로 그 목표를 구현한 것이다.

그림 1은 가메다병원에서 의사가 병실에서 환자를 보는 모습을 보여주고 있다. 의사는 병실용 수레에 노트북을 놓고 환자와 이야기



〈그림 1〉 무선 노트북을 이용하여 병실에서 진료하는 모습



〈그림 2〉 병실에서 업무인계

를 하면서 필요한 정보를 입력하고 있다. 이렇게 환자 옆에서 직접자료를 보거나 입력하면서 진료하는 것을 현장진료(point of care)라고 한다. 현장진료가 이루어지기 위해서는 노트북 또는 PDA와 같은 장비와 함께 빠른 전송속도를 낼 수 있는 무선네트워크가 설치되어야 한다.

그림 2는 간호사들이 근무교대를 하면서 업무에 대한 인수인계를 하고 있는 장면이다. 예전과는 달리 간호사들은 각자 노트북을 보면서 환자상태를 설명해주고 있다. 이렇듯 과거에는 손으로 기록을 하던 모든 업무가 컴퓨터를 이용하여 이루어지고 있다.

## 2. 국내 디지털병원의 선두 주자들

국내에서도 디지털병원의 훌륭한 사례가 있다. 이미 90년대에 분당재생병원이 전자의무기록시스템을 도입하였고, 이어서 2001년에는 대구 동산의료원이 디지털병원으로서 새롭게 문을 열었다. 그 이후 2003년에는 분당서울대학교병원, 2004년에는 서울대학교병원과 전남대학교 화순병원, 2005년에는 연세의료원이 디지털병원으로서 병원정보시스템을 완성시킴으로써 우리나라는 이제 디지털병원분야에서는 세계의 선두주자가 되었다.

그림 3은 국내 디지털병원의 중환자실에서 간호사가 환자를 보는 모습을 보여주고 있다. 중환자실에서 볼 수 있는 각종 모니터링 장비가 놓여 있는 것을 볼 수 있다. 중환자실은 혈압, 심박동수, 체온 등 많은 신체활동수치 등을 감시하고 일정 간격으로 모든 데이터들이 기록되어야 하는 부서이다. 디지털병원이 지녀야 할 중요한 요소 중의 하나가 각종 모니터링 장비로부터 나오는 수많은 데이터를 자동적으로 입력하는 기능과 화면에 보여주는 기능이다. 이들 데이터가 자동적으로



〈그림 3〉 중환자실에서 노트북을 이용하여 간호기록을 입력하는 모습

입력되기 위하여 장비와의 인터페이스가 완벽하게 이루어져야 한다. 장비로부터 자동으로 데이터를 입력받을 수 있게 되면, 간호사는 기록을 하던 시간을 줄일 수 있게 된다. 또한 기록된 데이터에 대해서는 중환자실뿐만 아니라 전 병원에서 즉시 조회할 수 있는 장점을 지니게 된다.

## IV. 디지털병원의 주요 구성 요소

### 1. 365일 무정지 시스템

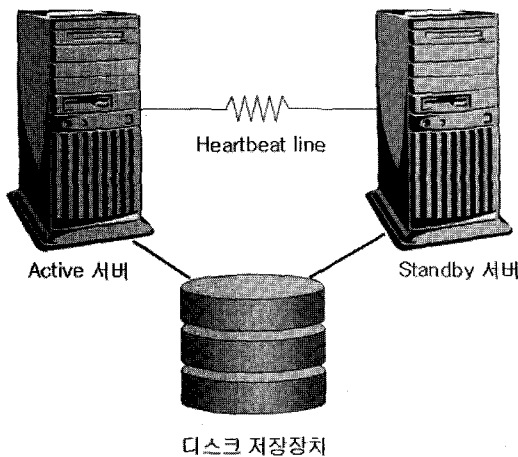
디지털병원이 되기 위하여 많은 첨단기술들이 필요할 것이다. 그러나 이 중 가장 중요한 것을 고른다면 데이터서버의 안정성이다. 병원은 24시간 365일 한 순간도 쉬지 않고 움직이는 조직이다. 환자의 상태를 수시로 관찰하여야 하며, 밤중 언제라도 응급환자를 진료하고 X레이 검사를 할 수 있어야 하고, 응급수술도 할 수 있어야 한다. 이러한 병원의 특수성 때문에 디지털병원의 가장 중요한 특성은 한 순간도 멈추지 않는 시스템의 안정성이다.

이러한 시스템의 안정성을 추구하기 위해서 우선 용량이 크고, 안정적인 서버를 도입하는 것을 고려한다. 그러나 중요한 것은 하나의 서버로는 만일의 돌발상황에 대한 대처를 완벽하게 할 수 없다는 것이다. 예를 들어 서버의 하드디스크가 망가질 수도 있고, 데이터베이스가 정지할 수도 있다.

이러한 만일의 사태를 방지하기 위하여 디지털병원의 서버는 그림4와 같이 이중화를 구성하게 된다. 일반적인 이중화의 방식은 active-standby 형태를 따른다. 평상시에는

한 쪽 서버는 active 상태에서 작동하게 되고, 나머지는 standby 모드에서 대기상태로 있게 된다. 돌발상황이 발생하여 active 서버가 작동을 멈추면 순간적으로 standby 서버가 해당업무를 인계받아서 작동하게 된다. 현재는 기술이 매우 발달하여 이러한 active-standby의 연결이 매우 짧은 시간에 부드럽게 이루어진다. 따라서 사용자는 미처 인지하기도 전에 서버가 다른 standby서버로 바뀌는 일이 일어나게 된다.

그림 4는 무정지 시스템의 일반적인 구조를 보여준다. 두 대의 서버가 하나의 하드디스크를 공유하고 있는 형태로 되어 있으며, 두 서버 간에는 서로의 활동상태를 확인할 수 있는 선이 연결되어 있다. 흔히 이 선을 heartbeat line이라고 부르는데 이는 active 상태에 있는 서버에서 일정한 주기로 활동중임을 나타내는 신호를 standby 서버에 보내기 때문이다. 이 heartbeat line은 아주 적은 량의 데이터만 송신하면 되기 때문에 UTP 케이블과 같은 평범한 통신선을 사용한다.



〈그림 4〉 active-standby 상태의 서버 그리고 디스크 스토리지 장치

## 2. 빠른 전송속도를 보장하는 네트워크

디지털병원의 특징 중의 하나는 많은 양의 정보교환이라고 할 수 있다. 특히 텍스트데이터뿐만 아니라 많은 양의 영상데이터도 빠르게 전달할 수 있어야 한다. 일반적으로 텍스트데이터는 KB 수준의 정보량인데 반해서 영상자료는 MB 단위의 정보량이다. 또한 영상검사는 한번에 하나의 사진만을 찍는 것이 아니라 CT의 경우 여러 단층 영상을 찍기 때문에 한 검사에 대한 영상이 수십 장의 MB의 영상으로 이루어지게 된다. 이러한 커다란 용량의 영상정보를 각 단말기 터미널에서 손쉽게 보기 위해서는 광섬유를 이용하여 매우 빠른 속도를 낼 수 있도록 네트워크를 구성하게 된다.

네트워크의 안정성은 서버의 안정성과 마찬가지로 매우 중요한 요소이다. 다른 장비가 문제가 없어도 네트워크의 다운은 결국 병원업무의 마비를 뜻하는 것이기 때문에 네트워크에 대해서는 지나치다 할 만큼의 투자가 필요한 부분이다.

안전한 네트워크를 구성하기 위해서 일반적으로 선택하는 방법은 네트워크 선로의 중복화 및 네트워크 백업장비의 도입이라고 할 수 있다. 네트워크를 디자인 하는 단계에서 만일의 사태에 사용할 수 있는 우회경로를 항상 디자인 해놓게 되며, 네트워크 장비들은 장비의 routing table에 우회경로에 대한 정보를 포함하여 가지게 된다.

## 3. 이동형 정보시스템

아직까지는 그리 활발하지 않지만 이동성

이 좋은 노트북 및 PDA와 같은 장비를 병원에서 이용하는 추세는 점차 증가되고 있다. 이와 같은 이동형 장비를 사용할 수 있기 위해서는 무선네트워크의 설치가 필수적이다. 현재 무선네트워크의 속도는 10~50 Mbps 정도 된다. 이는 일반 네트워크가 Gbps를 나타내는 것이 비하면 상당히 작은 수치이지만 텍스트 정보만을 주로 이용한다면 큰 불편 없이 쓸 수 있는 실정이다.

그림 5는 병동에서 노트북을 이용하여 환자정보를 확인하는 모습을 보여주고 있다. 이동형 의료정보시스템에는 주로 두 종류의 장비가 사용된다. 무선 네트워크가 가능한 노트북과 PDA. 그러나 생각보다 이동형 의료정보시스템은 쉽게 우리 곁에 다가오지 않았다. 이유는 한 번에 전달되는 정보량에서 문제가 발생하기 때문이다. 일반적으로 의료진은 환자를 한 눈에 파악할 수 있기를 바란다. 이 때문에 큰 화면을 선호하며, 약간 복잡하더라도 여러 정보가 한꺼번에 들어가기 바란다. 이러한 이유 때문인지 디지털병원에서는 PDA보다는 노트북에 대한 선호도가 높다. 휴대하기 편리함보다는 한 번

에 여러 정보를 보여줄 수 있는 화면이 의료진에게는 더 편리한 것이다.

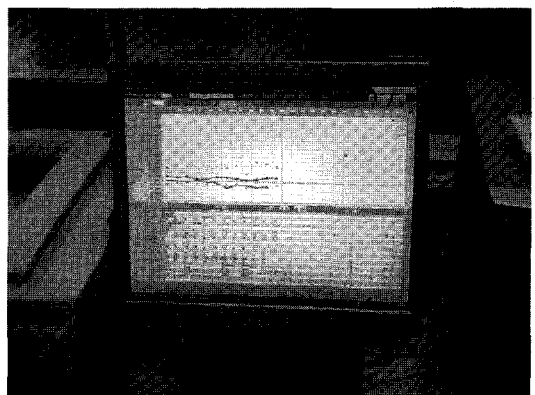
PDA를 사용하고 있는 사례도 있다. 이 경우 가장 쉽게 정보조회를 할 수 있는 임상정보에 대해서만 국한하여 사용하고 있는 것이 일반적이다. 혈액검사, 소변검사 등과 같은 검사결과는 숫자와 간단한 기호만으로 결과를 보여줄 수 있기 때문에 PDA에서 결과를 조회하여도 큰 불편함이 없는 임상정보들이다. 따라서 국내 또는 외국에서 PDA를 이용하는 경우는 검사결과를 주로 보여주는 것이 일반적이다.<sup>12)</sup>

#### 4. HL7 기반의 장비인터페이스

그림 6은 병원 중환자실의 화면을 보여주고 있다. 화면에는 혈압, 심박동수, 체온 등과 같은 그래프가 그려지고 있는데 이는 간호사가 직접 입력한 것이 아니라 환자 침상에서 놓여있는 각종 모니터링 장비로부터 데이터가 직접 들어오는 것이다. 이러한 중환자실에서의 장비와 컴퓨터간의 인터페이스는 매우 중요한데 이는 간호사가 일일이 모



〈그림 5〉 병실에서 간호사가 노트북을 이용하여 간호기록을 하는 모습



〈그림 6〉 중환자실의 환자의 각종 모니터링결과를 보여주는 화면

든 데이터를 집어넣을 수 없기 때문이다. 일반적으로 중환자실에서는 병실에 있는 환자들이 보다 더 자주 혈압을 체크해야 되고, 주사도 더 많이 주게 되어 간호사의 업무가 매우 많다.

따라서 디지털병원의 중요한 요소 중의 하나는 각종 모니터링 장비와 컴퓨터 시스템과의 인터페이스이다. 모니터링 장비에서 나온 수치데이터를 병원의 중앙의료정보시스템으로 보내어 주어야 하는데 생각보다 복잡한 일이 요구되는 경우가 많다. 그 이유는 병원이 보유하고 있는 모니터링 장비가 다양하고, 또한 제조회사 또한 다양하기 때문이다. 프로그램 개발자가 한 기기에 대해서 전송프로토콜을 이해하고 개발하는데 약 한 달가량 걸린다. 그런데 병원에는 수 십종의 다른 장비를 보유하고 있다. 이를 일일이 다 개발한다면 인터페이스에 걸리는 시간만으로도 몇 년이 걸리게 되어 디지털 병원의 완성에 걸림돌로 작용하게 될 것이다.

이와 같은 문제를 해결하기 위하여 1987년 병원정보시스템 개발자들이 모여서 하나의 표준프로토콜을 개발하고 이를 HL7이라고 이름지었다. 그들은 향후 장비가 다양해지고 시스템이 복잡해짐에 따라서 인터페이스의 업무량이 기하급수적으로 증가할 것을 예상하고 이를 해결하기 위한 표준전송 프로토콜을 개발한 것이다.<sup>15)</sup>

## 5. 환자정보의 보호장치

병원에서 다루는 정보는 매우 민감한 정보이다. 개인이 남에게 알려주고 싶지 않은 과거의 질병기록들도 있고, 심지어는 정보가

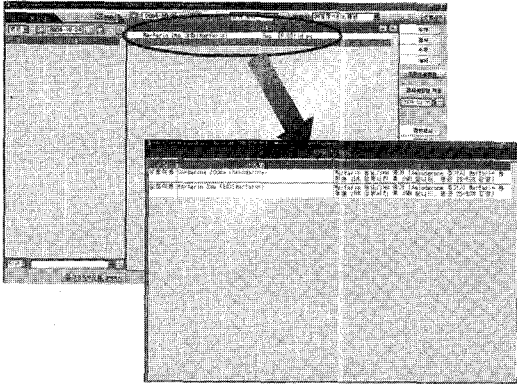
자신의 사회활동에 지대한 영향을 끼칠 수도 있다. 이렇기 때문에 의료계에서는 환자정보의 보호에 유난히 신경을 쓰고 있다.

디지털병원의 경우에는 정보의 유출에 대해서 더욱 조심스럽게 대해야 한다. 종이형태로 환자의 기록이 존재하는 경우에는 기록의 보관장소에 많은 신경을 쓰면 되었지만 디지털병원이 되면 병원에 있는 각종 단말기에서 정보를 접근하여 볼 수 있기 때문에 전체 시스템에 대한 보안에 신경을 써야한다. 환자정보의 보호를 위하여 사용자 접근권한을 엄격하게 제한하고, 각종 자료가 화면에서 캡처가 되지 않도록 신경을 써야하며, 만일의 경우 자료가 유출이 되었을 때에는 누구에 의해서 자료가 유출되었는지를 알 수 있어야 한다.

## 6. 의료사고를 예방하는 인공지능시스템

마지막으로 디지털병원을 통해서 얻을 수 있는 가장 고급기술은 컴퓨터의 인공지능 기술을 이용한 의사결정지원시스템(Clinical Decision Support System)이다. 의사결정지원시스템은 크게 4가지로 구분할 수 있다. alarm system, guideline system, critique system, reminder system.

Alarm system은 일정한 규칙을 미리 컴퓨터에 입력해놓으면 의사의 처방이나 간호사의 조치가 그 규칙을 벗어날 때 의료진에게 알려주는 시스템을 말한다. 흔히 병원에서는 약 처방과 관련된 alarm system이 많이 사용되는데 그림 7은 서울대학교병원에서 사용되고 있는 약물상호작용에 관한 alarm system이다. 의사가 약물간의 상호작용에 대해서



〈그림 7〉 전자 의무기록시스템에서 약물상호작용을 알려주는 화면

미처 인지하지 못하고 처방을 하였을 때 컴퓨터는 미리 정의된 약물 상호작용 테이블을 참조하여 여기에 해당하는 내용이 있으면 의사가 저장버튼을 누를 때 alarm window를 보여주어 약물의 상호작용을 줄이는 역할을 한다.

Guideline system은 항생제나 항암제 처방에 효과적으로 쓰인다. 의사는 자신의 전공 분야에 대해서는 경험과 지식에 근거해서 항생제를 처방하게 된다. 그러나 간혹 자신의 전공분야와 다른 영역의 질병에 대해서 약 처방을 내리는 경우가 있다. 흉부외과 환자가 설사를 하게 될 때 약을 주는 것과 같은 예가 되겠다. 이 때에 도움을 줄 수 있는 것이 guideline system이다. 의사는 먼저 질병의 부위를 입력하면 컴퓨터는 환자의 질병에 따른 일차항생제의 종류와 간단한 설명을 보여 주어 의사로 하여금 판단을 쉽게 하도록 도와준다.<sup>[4]</sup>

Critique system은 기존의 유사한 환자에 대한 정보를 토대로 의사에게 자문을 해주는 시스템이다. 과거의 유사 데이터를 보여줌으

로써 의사는 자신의 치료와 기존에 있어왔던 치료방법과의 차이를 알게 되어 적절한 판단을 내리도록 해준다.

Reminder system은 환자가 언제 무슨 검사를 할 예정인지를 입력해 놓으면 외래에서 환자를 보는 중에 해당 검사를 받아야 할 때가 왔음을 컴퓨터가 알려주는 시스템을 말한다.

위의 의사결정시스템은 상당히 우리 곁에 와있다. 이미 많은 디지털병원에서 다양한 의사결정 시스템을 사용하고 있으며, 앞으로는 보다 복잡한 규칙들을 적용할 수 있도록 많은 연구가 지속되고 있다.

## V. 맺음말

디지털병원은 이제 우리 눈앞에 다가와 있다. 디지털병원에서는 모든 데이터가 컴퓨터로 입력되며, 의사는 환자기록을 자신의 연구실에서 볼 수 있게 되었고, PDA를 통해서 이동 중에 방금 나온 검사결과를 확인할 수 있도록 되어 있다. 외국에서도 디지털 병원의 추세는 예외가 아니다. 가장 의무기록에 철저한 미국 메이요병원에서 2004년에 디지털병원으로 전환한 것은 의료계를 놀라게 할 만한 큰 뉴스였다.

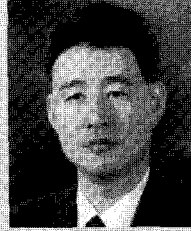
앞으로의 발전방향은 여러 디지털병원에 저장되어 있는 환자의 데이터를 한 눈에 파악할 수 있도록 평생의 건강기록을 컴퓨터로 관리할 수 있는 기술과 정책개발이 될 것이다. 여러 병원에 흩어져 있는 자신의 의무기록들을 마치 하나의 의무기록처럼 사용할 수 있는 가상적 의무기록 (virtual medical record)을 사용할 수 있는 미래가 바로 눈앞

에서 우리를 기다리고 있는 것이다.<sup>[5]</sup>

### 참고 문헌

1. Kameda medical center <http://www.kameda.com>
2. Jinwook Choi, Jonghoon Chun, Kangsun Lee, Sanggoo Lee, Donghoon Shin, Sookyung Hyun, Daehee Kim, Donggyu Kim. "MobileNurse: hand-held information system for point of nursing care", Computer Methods and Programs in Biomedicine, 2004, June
3. Health level seven <http://www.hl7.org/>
4. 서울대학교병원 EMR 가동 기념심포지움
5. G. Wiederhold, E. Shortliffe, L.M. Fagan, L.E. Perreault. Medical Informatics (2nd Edition). Springer, 2000.

### 저자소개



최진욱

1987년 2월 서울대학교 의과대학 졸업  
 1990년 2월 서울대학교 대학원 의학석사 (의공학)  
 1993년 2월 서울대학교 대학원 의학박사 (의공학)  
 2000년 1월 - 2003년 12월 대한의료정보학회 총무이사  
 2000년 1월 - 현재 ISO/TC 215 의료정보표준화 전문위원  
 주관심 분야 의료정보, 표준기반의 시스템 인터페이스, 의료정보검색과 지식추출