

디지털 내시경 영상처리 시스템의 개발

송철규·이영목·이상민·김원기·이제호*·이명호**

= Abstract =

Development of Digital Endoscopic Image Processing System

C.G. Song, Y.M. Lee, S.M. Lee, W.K. Kim, J.H. Lee* and M.H. Lee**

Endoscopy has become a crucial diagnostic and therapeutic procedure in clinical areas. Over the past three years, we have developed a computerized system to record and store clinical data pertaining to endoscopic surgery of laparoscopic cholecystectomy, pelviscopic endometriosis, and surgical arthroscopy.

In this study, we developed a computer system, which is composed of a frame grabber, a sound board, a VCR control board, a LAN card and EDMS(endoscopic data management software). Also, computer system has controled peripheral instruments such as a color video printer, a video cassette recorder, and endoscopic input/output signals(image and doctor's comment).

Digital endoscopic data management system is based on open architecture and a set of widely available industry standards, namely; windows 3.1 as a operating system, TCP/IP as a network protocol and a time sequence based database that handles both images and doctor's comments.

For the purpose of data storage, we used MOD and CD-R. Digital endoscopic system was designed to be able to store, recreate, change, and compress signals and medical images.

Key words : Computerized system, Digital endoscopic data, Endoscopic surgery

서 론

현대 내시경 기술의 기원은 1805년 Bozzini[1]가 방광의 결석을 관찰하기 위해 램프, 거울, 그리고 양초로 구성된 원시적인 방광경(cystoscope)을 사용한 것을 시작으로 Desormeaux, Sein[2] 등의 노력에 힘입어 내시경 광학계, 내시경 수술기구 및 인체삽입 프로브 등의 발전을 거듭해 왔다. 1983년 Welch-Allyn사에서 초소형 CCD 칩이 내장된 내시경의 개발은 내시경 기술 발전에 큰 전환점이 되었다.

미국의 경우, 내시경이 10여년 전부터 산부인과 복강경 수술(laparoscopic surgery)에 적용된 이후로, 현재 내시

경 수술은 암수술을 포함한 전 외과 영역에서 시행되고 있으며, 레이저 수술기를 탑재하여 기존의 수술나이프를 이용한 외과수술의 불편을 해결하고 있다. 내시경 수술은 기존 수술과 달리 수술 부위를 약 1cm 정도 절제하므로써 환자의 입원 및 회복기간의 단축, 미용효과의 장점이 있고 미국, 일본 등 선진국에서는 전체 외과적 수술의 30% 이상을 내시경 수술로 시행하고 있다.

이러한 수술의 비중을 고려할 때, 기존 아날로그 시스템의 기능을 개선하는 디지털 방식의 시스템 구성이 필요하게 되었으며, 기존 시스템의 문제점을 개선하였다. 첫째, 기존 시스템은 아날로그 방식으로 수술영상을 단지 모니터링만 하고 저장할 수 없기 때문에 수술 및 진료료를

삼성생명과학연구소 임상의학센터
Biomedical Engineering Center, Samsung Biomedical Research Institute

*삼성의료원 산부인과

*Dept. of OB&GY Samsung Medical Center

**연세대학교 공과대학 전기공학과

**Dept. of Electrical Engineering, Yonsei University

본 연구는 '96년도 보건의료기술연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임

통신저자 : 송철규, (135-230) 서울시 강남구 일원동 50 삼성생명과학연구소 임상의학센터,

Tel. (02)3410-3678, Fax. (02)3410-3689

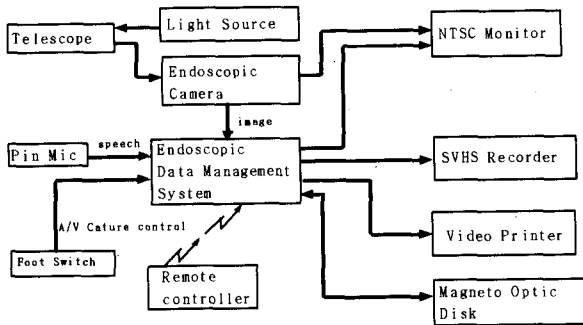


그림 1. 전체 시스템의 하드웨어 구성도
Fig. 1. Hardware configuration of a full system

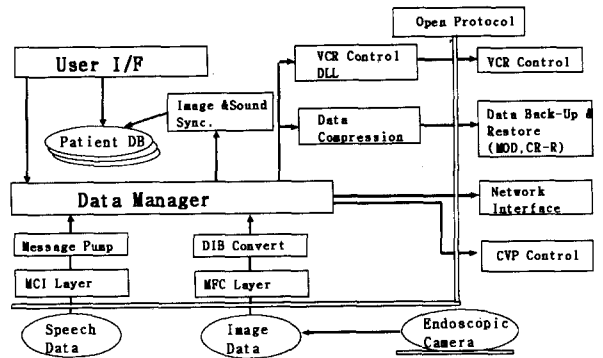


그림 2. 소프트웨어 구성과 데이터 흐름도
Fig. 2. Software configuration and data flow

위한 환자의 통합적인 정보(수술경과 기록, 병리데이터)를 제공할 수 없으며 수술데이터의 재활용(교육, 진단)이 쉽지 않다. 둘째, 수술영상을 필름으로 보관하므로 번거로움과 취급상의 문제가 있으며 디지털 방식과는 달리 네트워크를 통한 전송을 할 수 없다. 셋째, 주변장치의 제어가 편리하지 않다.

본 연구에서는 이러한 아날로그 방식 시스템[3-4]의 단점을 보완한 디지털 내시경 데이터 처리 시스템을 개발하였으며, 시스템의 구성은 내시경 수술영상 및 의사의 음성 코멘트를 실시간 압축, 저장, 재생 및 신호변환하여 처리하는 데이터 관리시스템과 주변장치로서 VCR, 비디오 프린터 등으로 구성 하였다. 그리고, 주변장치의 원활한 제어를 위해 적외선 리모콘과 풋스위치를 이용하여 수술시 의료진이 신속, 편리하게 조작하도록 설계하였다.

내시경 수술시스템 전체구성도

1. 시스템의 하드웨어 구성

본 연구에서 구현한 전체시스템의 하드웨어 구성도는 그림 1과 같으며, 기존 시스템인 독일의 울프사, 스톨츠사, 그리고 일본의 올림푸스사 내시경시스템의 사양 이외에 추가로 개발된 부분은 다음과 같다. 첫째, 내시경 데이터 관리 시스템을 개발함으로써 시술 중의 중요한 영상과 그 이미지에 대한 집도의사의 음성 메시지를 실시간 압축, 저장, 재생할 수 있도록 설계하였고, 둘째, 수술영상을 디지털화 하여 데이터의 저장 보관을 광디스크(640MB, 3.5" disk)와 CD-R에 저장하였고, 저장된 데이터를 온라인 네트워크를 통해 전송이 가능하도록 하였다. 셋째, PC로 주변장치를 제어할 수 있도록 제어보드와 인터페이스부를 개발하여 수술 중 의료진이 신속, 편리하게 조작할 수 있도록 하였다.

2. 소프트웨어 구성도

내시경 데이터 관리 시스템의 전체적인 구조와 데이터 흐름도는 그림 2와 같다. 내시경 데이터 관리 시스템의 구성은 환자의 문진 DB, 수술 영상과 시술 의사의 코멘트 관련 데이터 처리부와 주변기기의 인터페이스부로 이루어지며 이들의 제어는 그림 2에서와 같이 데이터 매니저에서 실행된다.

프로그램을 개발시 본 시스템이 다양한 하드웨어를 동작시키는 관계로 각각의 하드웨어를 지원하느 라이브러리가 필요하였고, 그 내용은 다음과 같다.

1) MMDK(microsoft multimedia development kit)

MMDK는 윈도우즈하에서 멀티미디어 제어를 위한 표준 라이브러리로서, 이를 이용하여 수술 중 집도의사의 음성 메시지를 저장, 재생하고, 내시경 카메라 출력신호인 인터페이스 영상을 VGA 모니터에 디스플레이 시킬 수 있는 영상 오버레이장치를 구동할 수 있다.

2) SDK(software development kit)

윈도우즈에서 지원하는 윈도우 창, 버튼 등을 작동하기 위하여 SDK를 이용하였다.

3) MFC(microsoft foundation class)

SDK의 C++버전인 MFC를 이용하여 수술 중 입력되는 내시경 영상을 캡처하고, 윈도우즈 화면 표시방식인 장치 비의존적 비트맵인 DIB(device independant bitmap)형태로 변환시켰으며 24비트 칼라로 구현하였다.

4) Targa+ Tool Kit

영상신호 처리보드를 동작시키기 위한 프로그램으로 내시경 비디오 카메라로 부터 전달되는 신호의 A/D를 지원한다.

5) VFWDK(video for windows development kit)

마이크로 소프트사에서 제안한 VFW를 이용한 멀티미디어 프로그램 개발 툴로서 본 시스템에서는 이 툴을 이

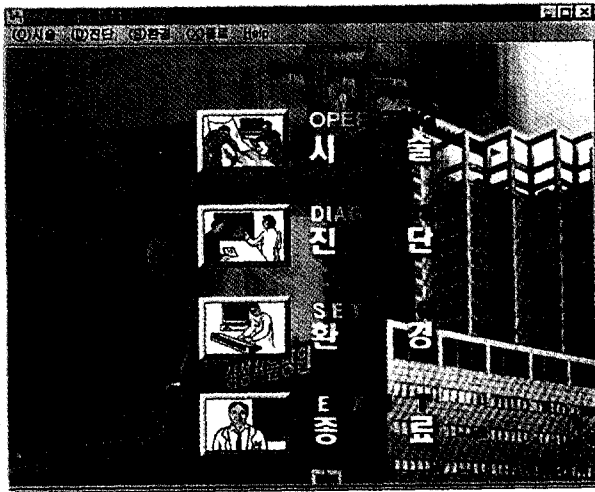


그림 3. 내시경 데이터 관리 시스템의 초기메뉴
Fig. 3. Initial menu of endoscopic data management system

용하여 마이크로 입력되는 시술의사 음성데이터의 포맷을 PCM 방식으로 하였다.

3. 초기화면 및 menu 구성도

내시경 데이터 관리 시스템의 초기화면은 그림 3과 같이 '시술', '진단', '환경' 그리고 '종료' 상태를 암시하는 아이콘들을 배치 구성하였다.

수술 중에는 '시술' 아이콘을 눌러 PC 및 주변기기의 환경을 수술시 필요한 제어상태로 만들어 준다. 따라서 수술시 24비트 칼라의 내시경 동화상이 모니터 화면에 디스플레이되며, 임상적으로 중요한 영상과 음성 코멘트의 저장은 꺾 스위치를 누름으로서 동작된다. 입력되는 내시경 영상신호는 RGB 또는 SVHS로서 PC에 의해 TGA 포맷(640*480 해상도, 24비트 칼라)으로 캡처되고, 음성신호는 16비트, 11.025 KHz의 샘플링 주파수를 갖는 .wav 화일 형태를 갖는다.

꺾 스위치에서 누름 신호가 들어올 때 마다 수술 영상과 수술의사의 음성 코멘트는 각각 00000000.TGA와 00000000.wav에서 시작하여 화일 이름의 번호가 순차적으로 증가되며 수술 환자의 ID(8자리)를 디렉토리로 하여 저장된다. 이와 함께 데이터 관리 시스템에서는 VCR 녹화시작과 종료의 제어를 하며 선택에 따라 비디오 프린터로 출력될 수 있도록 하였다.

'진단' 환경은 내시경 수술 DB를 재생하는 다이얼로그이다. 본 연구에서는 ASGE(American society for gastrointestinal endoscopy)[5]가 제안한 수술 리포트를 기반으로 하였고, 문진정보, 디지털 수술영상 뿐만 아니라 영상과 동기된 집도의사의 음성 데이터의 저장과 재생을 위한 계층적 DB를 구현하였다. DB의 내용은 환자 초

표 1. 내시경 수술DB 리스트

Table 1. List of endoscopic surgery database

Endoscopic Database List	
1.	환자 ID
2.	인적사항
3.	현질환
4.	주호소(chief complaints)
5.	과거력(relevant medical history)
6.	사용약물
7.	medication(anesthesia, analgesia, sedation, allergy)
8.	estimated blood loss
9.	preoperative diagnosis
10.	postoperative diagnosis
11.	operation(op. name, op. technique)
12.	result of therapeutic intervention
13.	findings
14.	수술 영상
15.	집도회사의 음성 코멘트

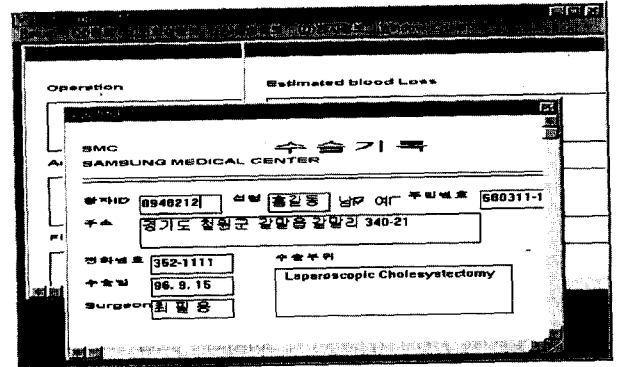


그림 4. 환자 문진정보
Fig. 4. Patients Database

진기록(I, II, III)과 환자 재진기록(I, II, III)으로 구성되며 표 1과 같다.

환자문진 데이터와 초진기록, 재진기록의 입력저장 및 재생은 그림 4와 같이 구현되며, 그림 5와 같이 저장된 내시경 영상을 재생할 수 있다.

'환경' 아이콘을 선택하면 데이터 백업과 복원, VCR 녹화설정 등의 세팅을 하게된다. 데이터 백업 설정으로 프로그램 시작 또는 종료 후에 그림 6과 같이 현재 하드 디스크의 남은 용량을 체크하고, 디렉토리를 선택함으로써 백업용 광디스크에 데이터 용량이 1/2의 크기로 압축되어 저장된다. 이때 백업의 진행과정을 알 수 있도록 시각적인 표시창을 두었다. 그림 7은 백업 후 압축된 데이터를 복원하기 위한 설정 다이얼로그이다.

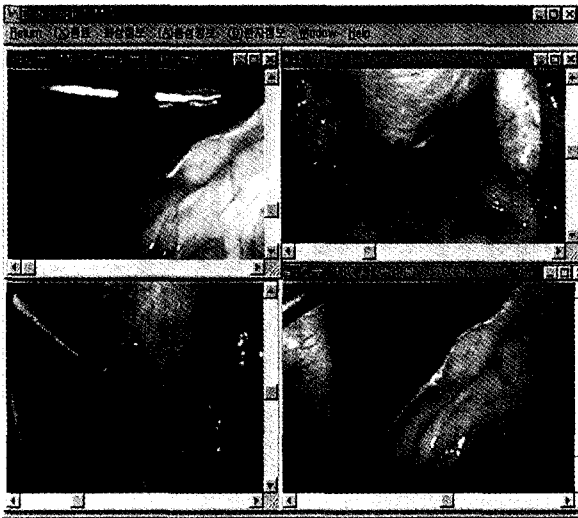


그림 5. 내시경 수술영상의 database
Fig. 5. Database of endoscopic image

4. 수술 영상 및 시술의사 음성 캡처

수술 영상을 캡처하면서 집도의사의 음성 코멘트를 동기 저장시키기 위해, 본 프로그램에서는 수술 영상의 화일명과 음성 코멘트의 화일명이 확장자만 다르고 이름은

동일하게 하였다. 따라서 사용자가 수술 영상을 메뉴에서 선택하면, 수술 영상과 그 상황의 음성 코멘트가 재생되도록 하였다. 수술 중 음성저장의 '수동' 선택을 하는 경우, 저장시간을 명시하지 않고 최대 수십분 까지 저장하기 때문에, 저장하는 동안 윈도우즈로 그 제어권이 반환되는 것을 방지하는 루틴을 구성하였다. 이와 같은 제어는 수술장 환경을 고려하여 쏫 스위치를 이용하였고, 윈도우즈의 MCI(multimedia control interface)명령으로 처리 하였다. 적용된 알고리즘은 표 2와 같다.

5. VCR 리모트 컨트롤러

내시경 데이터 관리 시스템에서 VCR을 컨트롤 하기 위해 VCR용 리모콘 칩을 탑재한 보드와 리모콘 신호발생 카드를 구동할 DLL(Dynamic Link Library)을 프로그래밍 하였다. 적용한 VCR 제어방법 및 루틴은 첫째, 리모트 컨트롤러를 이용한 캡처로서 키보드 대신 리모콘을 사용하여 시술시에 캡처를 할 수 있도록 하였다. 즉, 리모콘의 '3'키를 면 캡처동작을 멈춘다. 이는 키보드에서도 같은 키를 쓰게 되어있다. 그리고 둘째, 메뉴기능으로 '시술' 메뉴로 들어가면 VCR의 빨리감기, 정지, 되감기, 재생, 녹화등의 메뉴가 있어 마우스로 선택하여 리모트 컨트롤러로 작동하는 것과 같이 동작되도록 설계하였다.

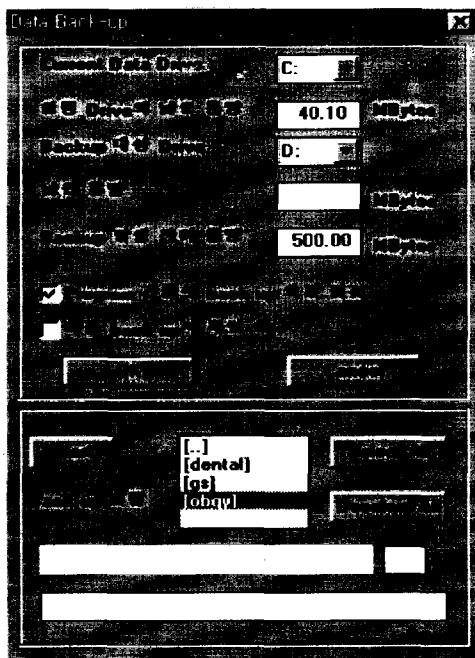


그림 6. 데이터 백업
Fig. 6. Data back-up

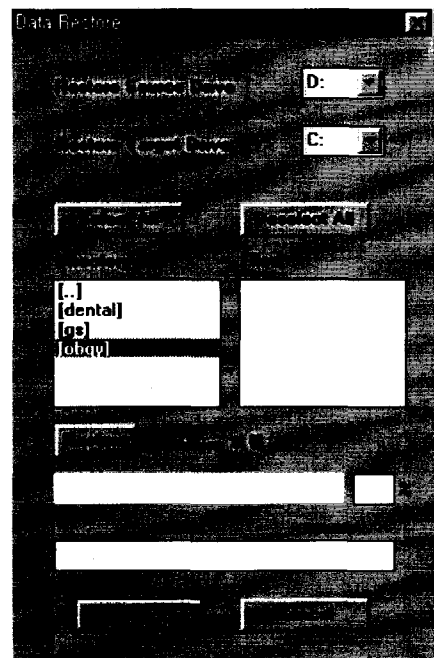


그림 7. 데이터의 복원
Fig. 7. Restoration of data

표 2. 수술영상 및 집도의사 음성의 캡처 알고리즘

Table 2. Capture algorithm of surgical image and doctor's speech

```

while(finRecording)
    msgOK = PeekMessage( &msg, NULL, 0, 0, PM_REMOVE)
    //foot 스위치의 버튼 on/off 체크
    if (msgOK)
        //버튼이 on시 capture실행, off시 capture중지
        if(msg.message == MM_JOY1BUTTONUP) {
            if(msg.wParam & JOY_BUTTON1CHG){
                OnStop();
                break;
            }
            else{ TranslateMessage( &msg),DispatchMessage( &msg);
                BeginWaitCursor();
            }
        }
    else if(msg.message == WM_CHAR) {
        if(msg.wParam == (WORD)' ') {
            OnStop();
            break;
        }
    }
    else {TranslateMessage( &msg), DispatchMessage( &msg);
        BeginWaitCursor();
    }
}

```

이러한 제어루틴은 표 3과 같다.

표 3. VCR제어 프로그램 루틴

Table 3. Routine of VCR control program

```

extern "C" {
    void CALLBACK EXPORT vtrLEDOFF(HWND hwnd, WORD msg, int idEvent, DWORD dwtime)
    { ::KillTimer(phWnd, ID_VTRLEDOFF);
        -outp(vtrio, 0x00), fvtr = 1;
    }
    void far pascal-export vtrPLAY()
    //VCR PLAY
    { -outp(vtrio, 0x10);
        ::SetTimer(phWnd, ID_VTRLEDOFF, 200, (TIMERPROC) & vtrLEDOFF);
        fvtr = 0;
    }
    void far pascal-export vtrRECORD()
    //VCR Recording
    { -outp(vtrio, 0x08);
        ::SetTimer(phWnd, ID_VTRLEDOFF, 200, (TIMERPROC) & vtrLEDOFF);
        fvtr = 0;
    }
    BOOL far pascal -export vtrDONE()
    { MSG msg;
        GetMessage( &msg);
        TranslateMessage( &msg);
        DispatchMessage( &msg);
        return fvtr;
    }
}

```

결과 및 고찰

본 연구에서는 기존 아날로그 방식 시스템의 단점을 보완한 디지털 내시경 데이터 처리 시스템을 개발하였으며, 시스템의 구성은 내시경 수술영상 및 의사의 음성 코멘트를 실시간 압축, 저장, 재생 및 신호변환하여 처리하는 데이터 관리시스템과 주변장치인 VCR, 비디오 프린터 등으로 구성 하였으며, 주변장치의 원활한 제어를 위해 적외선 리모콘과 풋스위치를 이용하여 수술시 의료진이 신속, 편리하게 조작하도록 설계하였다. 또한, 각각의 주변기기들을 통합하여 전체시스템을 구성하므로 전체적인 전기안전도 문제 해결이 필수적이다. 본 연구에서는 접지누설전류, 환자누설전류 그리고 새시누설 전류 등의 전류 문제를 해결하기 위해 IEC, VDE 규격의 집적된 toroidal 코일 방식의 분리변압기 전원부 회로를 개발하였다. 따라서, 전기안전도 측정기(Dynatec Nevada 234A)로 시스템의 정상상태(N.C.)와 단일고장장치(S.F.C.)상태에서 측정된 결과, 접지누설전류는 각각 허용규격 이내인 0.4 mA와 0.75 mA였고 새시누설전류와 환자누설전류는 각각 0.1 mA와 0.5 mA로 허용치 범위 내의 값을 나타냈다[8].

결 론

본 연구에서는 이러한 기존 아날로그 방식 시스템의 단점을 보완한 PC 기반의 디지털 내시경 데이터 처리 시스템을 개발하였고 다음과 같은 특징을 갖는다. 첫째, 내시경 수술영상 및 영상에 대한 의사의 음성 코멘트를 실시간으로 압축, 저장, 그리고 재생할 수 있으며, 주변장치의 제어를 풋스위치 또는 적외선 리모콘을 이용하여 수술시 의료진이 신속, 편리하게 조작하도록 하였다. 둘째, 수술영상을 디지털화 함으로써 온라인 네트워크가 가능하며 의

료진이 신속, 편리하게 환자의 문진정보와 영상정보 DB를 검색할 수 있다. 셋째, 시스템 구성시 주변장치들의 통합에 따른 누설전류 문제가 대두되어 전원부 회로를 IEC 및 VDE 허용규격으로 설계함으로써 전기안전 문제를 해결하였다.

개발된 시스템은 다양한 동물실험을 거쳐, 삼성의료원 정형외과, 일반외과, 산부인과 등에서 활용되고 있으며 적용된 임상사례는 약 150 여건에 이르고 있다.

참 고 문 헌

1. C. J. Davis, "A History of Endoscopic Surgery", Surgical Laparoscopy and Endoscopy, Vol.2, No.1, pp.16-23, 1992
2. A.J. Desormeaux, Transactions of Societe de Chirurgie, Paris. Gazette des hop, 1865.
3. Karl Storz GMBH & Co., "Endoscopic surgery catalog", 2nd ed., Tuttlingen Germany, 1994.
4. Richard WOLF GMBH Co., "Laparoscopic surgery catalog". 3rd ed., Knittlingen Germany, 1992.
5. C. Pino, J. Soares, J. Baptista, and R. Abreu, "A Computerized System for Recording Data in Gastrointestinal Endoscopy", Endoscopy, Vol.24, No.2, pp.461-466, 1992
6. A. T. R. Axon, G.M. Sobala, "Computers in Endoscopy-Scientific Aspect and Research", Endoscopy, Vol.24, No.2, pp.532-533, 1992
7. R. A. Cote and col.,: Progress in medical information management. SNO-MED, J. Am. Med. Ass. Vol.243, pp.756-762, 1994
8. 의료용 전기기기 안전규칙(IEC 601-1), 한국기계연구원, 1981