



안부 항만시설의 미터링 시스템에 관한 소고

劉 南 勳
(신한기공(주))

차 례

1. 개 요
2. 시스템의 구성
 - 2.1 공정요소의 설명
 - 2.2 밸브의 제어
 - 2.3 Meter Data Base
 - 2.4 Product Data Base
 - 2.5 Host Data Base
3. 시스템의 고찰
 - 3.1 프로젝트
 - 3.2 하드웨어
 - 3.3 소프트웨어
 - 3.4 기타 설치상의 문제점
4. 맺 음 말

1. 개 요

사우디 안부의 YDMF-04 프로젝트는 총 1억 오천만불 규모의 해양설비시설의 공사로서 설계, 구매 및 시공이 연관된 종합 프로젝트입니다. 발주처는 사우디 정부의 광물성 Petromin 이고, 엔지니어링 및 시공 감리로서는 SA PRC 사등이 참여하였습니다.

주요시설로서는 정유공장의 저장소로부터 11종의 유류를 받아 배에다 싣는 것으로 각종 밸브의 제어 및 기타 계장설비를 통한 측정을 행하는 미터링 시스템(Metering System)과 배가해상에서 접안하는 시설인 정박소가 4개가 있습니다. 이밖에 부대시설로서 정유공장에 해수를 보내는 급수시설과 배의 발라스트(Ballast)로 쓰인 물을 처리하는 수처리시설이 있습니다.

특히 미터링시스템은 각 유종별 미터(Meter)가 4개에서 8개씩 총 58개의 미터와, 이 미터를 IN-LINE상에서 교정을하는 푸루바 시스템(Prover System)이 각 유종별로 하나씩 11개가 있습니다. 이와 함께 미터와 푸루바를 분리하며 정박소로의 유로통로를 개폐하는 560여개의 차단용 밸브와 연속형 제어밸브가 있고 이 모든 것을 종합관장하여 제어 및 측정을 하는 제어반 및 컴퓨터가 하나의 실시간 분산제어시스템을 이루고 있습니다.

본 기고는 이 미터링 시스템을 하나의 분산제어시스템으로서 소개와, 실제 일이 진행되면서 겪었던 시행착오를 정리기록함으로써 유사한 시스템의 개발 및 프로젝트에 있어서 약간의 도움이 되고자함에 있습니다.

2. 시스템의 구성

1종의 유류에 관한 정유공장의 저장소로부터 배에 이르기 까지의 제어대상 및 측정요소를 첨부 그림과 같이 도식적으로 나타내었습니다. 기본적으로 본시스템은 배에 유류를 적하하는 시설로서 각 유류의 통로를 밸브의 원격조정을 통

해 제어함이 그 제일요소이고, 더불어 적하되는 유류의 양을 측정함이 필수적입니다. 유류의 양은 각 미터에서 나오는 펄스(Pulse)의 수로서 계산이 되며, 이를 온도 및 압력의 변동에 대하여 표준화 계산을 실시간(Real Time)으로 행하며 이를 위해 MDU(Meter Data Unit)이라는 마이크로 컴퓨터가 있습니다. 또한 적하 시간이 십여 시간이나 되어 생겨날 수 있는 미터의 오차를 극복하고자 재교정을 하여주는 푸루바 시스템이 각 유류마다 하나씩 있습니다. 이 푸루바는 정밀하게 측정된 단위 체적을 기준으로 하여 구(Sphere)가 유류에 밀려 그 단위 체적간을 통과하는 시간으로 미터의 교정 보수(Meter Correction Factor)를 얻게됩니다. 이와 관련한 밸브와 구의 제어 및 펄스의 계수를 실행하는 MPU(Meter Prover Unit)이라는 마이크로 컴퓨터가 있습니다.

밸브의 제어는 수동동작과 자동동작의 두가지 동작모드가 있습니다. 수동동작은 SDCP(Semi-Graphic Display and Control Panel)을 통해 이루어집니다. 자동동작은 CLU(Control Logic Unit)라는 컴퓨터가 스퀀스 제어(Sequence Control) 및 연동 감시(Interlock Monitoring)를 담당하고 있으며 그 데이터 입출력은 SCU(Serial Communication Unit)라는 통신소자가 담당하고 있습니다.

CLU와 함께 PDU(Product Data Unit)가 Product Data Base라는 상위계층을 형성하여 운전원으로부터 적하명령을 받아 각 정박소별로 밸브의 개폐 및 MPU 및 MDU를 통한 측정 및 감시를 행하고 있습니다. 최고위 제어계층으로 HDU(Host Data Unit)가 중심으로 Host Data Base를 이루고 있어 11종의 유류에 대한 각 Product Data Base를 제어 및 감시를 행하고 운전원과의 메뉴 방식에 의한 명령입력 및 시스템의 화상표시를 하여줍니다.

각 계층별로의 자세한 설명을 다음의 각 절에서 기술하겠습니다.

2.1 공정요소의 설명

정유소로부터 배에 이르기까지의 유류도관의

통로는 각 밸브의 개폐로서 이루어집니다. 정유소로부터 본 해양시설과의 접점에 배터리 리밋(Battery Limit)밸브가 (1: 침부그림 참조번호) 있어 비상시에 차단역할을 하고있습니다. 이후 2KM에 이르는 유류도관의 압력 및 유량을 조정하기 위하여 제어용 밸브(2)있습니다. 그 다음은 정전이 되었을 때 차단 역할을 할 수 있는 유압식 차단밸브가 있고 이어 각 유류의 미터에 이르게 됩니다. 각 미터의 앞에는 미터차단밸브가(4) 있고 이후 푸루바에 통하는 쪽에 푸루바 차단밸브(7), 각 정박소로 가는쪽에 미터의 유량을 조절하는 미터 제어용 밸브가(5) 있습니다. 이후 정박소 차단밸브가 각 미터와 정박소로 가는 길을 차단하고 있고 그도관에서의 진공현상(Cavitation)을 방지하기 위한 제어용밸브(6) 또한 있습니다. 푸루바를 통한 후에도 제어용 밸브와(8) 각 정박소로 향하는 차단용 밸브가(9) 있습니다. 각 정박소로 가는 도관에는 유류의 샘플을 채취하기 위한 샘플 채취기(Autosampler)와 압력 조절을 위한 역압제어밸브(Back Pressure Control)가(10) 각 유류별로 있습니다.

이후 곧바로 정박소에서는 배와의 연결손(Loadng Arm)과 그 차단밸브가(11) 각 유류별로 있고, 정박소에서의 밸브는 정박소 내에서의 조작반에서 중앙제어반과의 긴밀한 연관 아래 동작을 시킬 수 있습니다.

2.2 밸브의 제어

전절에서 기술된 각 밸브들의 개폐 및 전원의 상태는 SDCP(Semigraphic Display and Control Panel)에서 표시가 되며, 아울러 MOST EK사의 제품인 SCU20이라는 반도체소자의 기능에 의해 CLU(Control Logic Unit)에 보고가 됩니다. SCU20은 24점의 입출력 데이터를 RS 232식의 신호로 바꾸어 주는 통신소자로서연쇄고리(Daisy Chain)형식의 연결을 통해 256점까지의 일선 통신을 가능하게 해주어 본 시스템의 하드웨어를 줄이게 하는 결정적인 역할을 하고 있습니다. 한편 CLU는 GIMIX사의 8비트 계열의 컴퓨터 시스템을 이용하고 있으며 8비트 로

서는 보기 드물게 UNIX계열의 OS-9이라는 Multi-Task, Multi-User 시스템이 이용되고 있습니다. 이 CLU의 역할은 자동조작 모드일 때 각종 밸브의 스캔스 제어 및 연동 감시를 담당하고 있습니다.

수동 동작모드일때는 SDCP를 통해 밸브의 조작을 행하고 상호 연관의 책임은 컴퓨터가 아닌 조작자가 책임지게 됩니다. 특기할 만한 사항은 모드전환의 방식을 각 밸브에 주는 제어전원을 원초적으로 구분함으로써 이루어지어 제어대상에 대한 중복출력은 있을 수가 없습니다.

2.3 Meter Data Base

Meter Data Base는 앞서 설명된 MDU와 이에 부속된 압력/온도/유량의 기록계, 유량의 비전기적인 기록을 위한 EMC(Electro-Mechanical Counter), MDU의 상태의 천이를 기록하기 위한 프린터, MDU와 가깝게 결합하여 미터의 교정을 행하여 주는 MPU(Meter Prover Unit)와 역시 이에 부속된 기록계 및 프린터로서 이루어 집니다. 기본적으로 담당할 역할은 아래와 같습니다.

- 1) 유량의 실시간 보정 및 적분
- 2) 미터의 푸루버의 공정 데이터의 인식
- 3) 미터제어 밸브의 케환제어(Intelligent PID Control)
- 4) 푸루버의 제어(MPU)
- 5) 상위의 컴퓨터(PDU)와의 상호 교신
- 6) 각종 현장상황의 경보의 산출 및 처리

MDU와 MPU는 Z-80마이크로프로세서를 이용한 유량 계산 및 미터의 제어를 전문으로 하기 위하여 주문제작된 시스템 입니다. 수동동작모드에 있어서는 수문자표기(Alpha-Numeric Display Unit)과 키이 보드가 전면부에 부착되어 조작자와의 연락을 통하여, 자동 조작 모드에 있어서는 전적으로 상위의 컴퓨터로부터 명령을 받아 동작을 하며 키이 보드를 통한 입력은 가능치 않게 됩니다.

2.4 Product Data Base

Product Data Base는 각 Meter Data Base

를 포괄하여 종합 조정하는 PDU(Product Data Unit)과 그 단말기인 PDT(Product Data Terminal), 그리고 샘플 채취기의 제어, 유량제어 밸브의 의개폐 설정치 산출 및 각종 현장기기 데이터의 입출력을 담당하는 FEC(Front Ended Computer)가 PDU의 일부분으로서 동작하고 있습니다. 이외에도 앞서 설명된 CLU가 본 데이터 베이스에 소속되어서 PDU의 조정을 받고 있습니다. Product Data Base의 주기능은 아래와 같습니다.

- 1) 각 Meter Data Base의 제어 및 감시
- 2) Upstream Flow Control Valve의 제어
- 3) 샘플채취기의 Flow Mode Calculation/Control
- 4) 상위 컴퓨터 시스템과의 교신
- 5) 각종 경보의 산출 및 처리
- 6) CLU를 통한 밸브의 스캔스 제어

주목할 만한 점은 본 데이터 베이스는 두개의 하드웨어가 병렬로 동작하여 한쪽 시스템의 오동작시 T-BAR 절환기에 의하여 100% 모드전환이 이루어지는 BACK-UP 시스템 이라는 것입니다.

2.5 Host Data Base

Host Data Base는 11종의 유류의 각 Product Data Base를 통합관장하여 감시 및 제어를 하며 기타 시스템 서면관리(System Documentation)를 담당하고 있습니다. 구성 요소는 4Mega Byte의 메모리 용량을 가진 PDP 11/44 컴퓨터 시스템이 2개의 디스크 시스템, 2개의 경보 및 서면용 프린터, 1개의 시스템 콘솔 그리고 주요 제어 단말기인 2개의 다색 화상(Color Graphic Display Unit)과 함께 운영되고 있습니다.

특이할 만한 점은 WATCH·Dog Timer 라는 별도의 하드웨어가 연관 되어 각 PDU의 시스템 경보를 비트모드(Bit Mode)에서 검출을 하여 이후 어드레싱(Addressing) 및 처리주기를 짧게 하고 기타의 응답요구가 있는 하위 시스템과의 통신 속도를 향상 시킨데 있습니다.

PDU와의 교신은 256 바이트의 패킷(Pack-

et)으로 이루어지며 이는 PDU의 기억처리장치(Memory Management Unit)의 기본 처리와 같고 PDP 11/44의 DZ-11 UNIT의 버퍼(Buffer)의 크기와 같게 했음도 주목할 필요가 있습니다.

3. 시스템의 고찰

본 시스템은 1982년부터 설계가 시작되어 많은 사양변경에 의해 2년여에 걸친 납기 지연을 가져왔고, 공장시험을 하면서도 프로젝트 초기에 예기치 않았던 시스템 구성상의 많은 문제점을 보이었습니다. 이러한 문제점중 여타의 분산 제어 시스템에서 공통된다고 생각되어지는 것을 추출하여 고찰하고자 합니다.

3.1 프로젝트

이와 같이 하드웨어와 소프트웨어가 종합구성되는 시스템에서 흔히 있는 바와같이 사양설정의 자세한 운용여건의 기술이 대단히 부족하였습니다. 즉 프로젝트의 발주처가 원하는 것이 시간이 감에 따라 구체화되고, 반면 제작자는 초기의 원시적인 사양에 따른 범위를 유지하려는 데서 많은 대립이 있었고 이러한 대립을 기술적으로 또는 상업적으로 해결하는데 인적, 물적자원의 소요가 심대하였습니다. 이러한 시스템의 초기사양 결정에 있어서는 고도의 경험을 가진 시스템 엔지니어가 개입되어야 하며, 기타 제작자도 같은 요건을 갖추어야 필수적입니다.

전체 시스템이 완성되어서 실제로 동작이 되기까지는 수많은 사양변이를 거치게 되며 이러한 변이를 유연성있게 대처하기 위한 확장성 있는 하드웨어의 설정도 고려되어야 하며, 상업적해결의 근간이 되는 프로젝트의 계약사항에 되는 철저한 이해를 하여야 할 것입니다.

3.2 하드웨어

1982년 당시의 여건으로서는 중형 컴퓨터의 능력 및 가격을 고려하여 PDP 11/44, GIMIX 및 기타의 마이크로 컴퓨터를 정하였지만 급속히 발전하는 반도체기술에 힘입어, 같은 가격으로

본 하드웨어를 상당히 향상 시킬 수 있었으나, 이후 생겨난 사양 변경 및 기능의 강화를 소프트웨어의 변경으로서 극복하려고 했습니다. 이러한 소프트웨어의 변경이 곧 납기지연을 초래하게 되고 더많은 인적 자원이 소요되었습니다. 즉 초기의 시스템 하드웨어가 얼마나 결정적이며 중요한가를 나타내며 이러한 결정에 있어서는 소프트웨어와 하드웨어가 결합되기 이전까지 앞으로 발전될 기술천이를 고려하여야 할 것입니다.

아나로그 신호의 입력에 대한 문제점으로 각 마이크로 컴퓨터의 입력 형식이 자동방식이 아니고 단선 접지(Single Ended) 방식이기 때문에 기록계의 입력이 각 마이크로 컴퓨터에 종속하게 되었습니다. 이는 마이크로컴퓨터가 고장났을때 현장 데이터의 기록이 중지되는것으로, 현장 데이터의 인식방식은 마이크로컴퓨터 기타 재래식 계기에 대한 충분한 조작 개념설정 및 그에 따른 인터페이스가 고려되어야 했습니다.

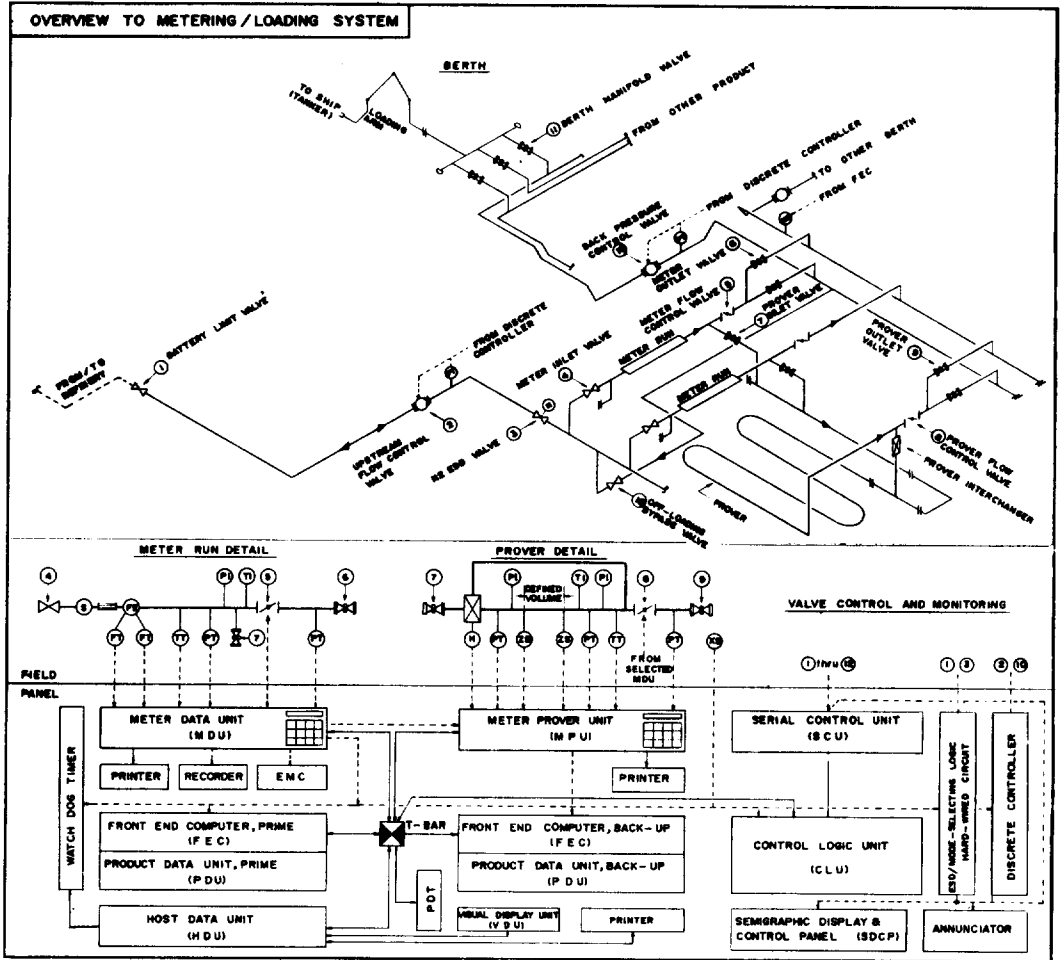
마이크로 컴퓨터의 입력방식에 있어서는 조작자에게 무리한 부담을 주는 부호를 이용하여 항상 부호대비표를 가지고 동작을 시켜야하는 불편함이 있습니다. 알기 쉬운 니모닉(MNEMONIC)을 초기부터 동작모드의 설정을 철저히 하여 쉽고도 간단한 키 패드구성에 고려되어야 했습니다.

3.3 소프트웨어

130 여 개의 컴퓨터가 서로 어우러져서 보조를 맞추어야하는 시스템에서 데이터교신의 원형확립 및 해석을 필수적이다. 이러한 것이 부족한 상태에서 하드웨어와 소프트웨어의 개발은 말기에 와서 큰 파국을 가져올 수 있다. 본 프로젝트에서는 최종단계의 Product Data Base의 소프트웨어의 시험에서 상당한 난관을 거쳤었고 4000여개의 입출력의 변화가 서로 교신되어 최 상위 레벨의 Host Data Base까지 이르기까지의 소요된 시간이 3초에서 수십초까지 차별이 심하였습니다. 결국 이는 입출력의 변이율 및 최악조건이 시스템의 구성에 고려되지 못한 상황으로 말기에 이르러서는 시스템의 구성상

해결치 못한 난제였던 것이다. 더욱 특기할 만한 사항은 프로젝트의 도면 및 서면화 작업이 실제의 일이 진행과 병행되지 못

하여 최종적으로 사용자 설명서가 늦게 만들어 지게 되고 현장에서의 동작시험에 많은 혼란을 가져왔다. 이러한 서면작업도 초기의 인력구성



NOTES

SYMBOL LEGEND

- ▶— : PIPE LINE (WITH FLOW DIRECTION)
- - - : CONTROL INTERLOCK
- ⊗ : GATE VALVE
- ⊗ : DUAL SEALING VALVE
- ⊗ : BALL VALVE
- ⊗ : BUTTERFLY VALVE
- ⊗ : FLOW STRAIGHTENER
- ⊗ : SPHERE (PROVER) INTERCHANGER
- ⊗ : STRAINER

- ⊗ : HYDRAULIC OPERATED
- ⊗ : FLOW ELEMENT
- ⊗ : FLOW TRANSMITTER
- ⊗ : PRESSURE INDICATOR
- ⊗ : PRESSURE TRANSMITTER
- ⊗ : TEMPERATURE INDICATOR
- ⊗ : TEMPERATURE TRANSMITTER
- ⊗ : AUTO SAMPLER
- ⊗ : ZERO DETECTOR SWITCH

- ESD : EMERGENCY SHUTDOWN
- EMC : ELECTRO MECHANICAL COUNTER
- PDU : PRODUCT DATA TERMINAL
- ⊗ : INDICATING DISPLAY
- ⊗ : KEY BOARD
- ⊗ : COMMUNICATION (RS232C) LINE
- ⊗ : T-BAR SWITCHER

에 고려되어야 했었고, 후기에 와서 새로운 프로그래머의 투입은 도움이 되지 못하였습니다. 기본적으로 시스템 소프트웨어 엔지니어와 함께 기술서면을 전문으로 하는 사람의 개입이 절대적입니다.

이러한 경험 부족으로 인한 개발지연은 궁극적인 인적, 물적 자원손실을 초래하였고, 경험있는 시스템·소프트웨어 엔지니어와 초기 사양의 정확한 정의와 범위 확정, 잘 짜여진 프로젝트 운영과 서면화작업의 병행을 다시금 강조하고자 합니다.

3.4 기타설치상의 문제점

전절에서 서술된 내용이 시스템 자체의 정의 및 제작상의 문제라면, 일반적인 건설업체로서는 설비의 설치 및 운전애 이르기까지의 시공상의 문제가 지대하지 않을 수가 없습니다. 기능상의 문제는 차치하고 가장 중요한 문제는 물리적 설치공간 및 운전공간의 확보입니다. 이는 시공 및 제작의 초기부터 토목, 건축, 기계설비의 엔지니어링이 합일하여 이루어져야 함을 의미합니다. 그러나 프로젝트가 진행되면서 생겨나는 각종 사양변경에 따른 각 부분별 수평협조가 이루어지지 않을때 현장에서 일어나는 시공의 문제는 되돌이킬 수 없을 정도의 상황이 되기도 합니다.

일반적으로 전기 및 계장공사의 절반 이상은 전선의 설치입니다. 전선은 전력용과 신호용등 2가지로 대별되며 특히 신호용 전선의 성격에 따른 차폐 및 접지문제가 대단히 중요합니다. 본 프로젝트 사양에서도 각 신호선조합쌍이 차폐를 원칙으로 하였으나, 다중선인 경우 각 쌍의 차폐가 서로 전기적으로 분리되어야 하는가의 문제로 큰 곤란을 겪었습니다. 결국은 신호의 여유도(Noise Margine)가 가능한 간섭의 범위내에서 동작할 수 있다는 계산적 근거와 정상적인 신호의 전송에서는 비평이 일어나지 않아 간섭이 없다는 설정아래 전기적으로 접촉되는

상황을 인정하였습니다.

또한 접지는 인명 및 기기의 보호를 목적으로 하는 전기접지와 신호전송의 충실도를 위한 계장접지가 있습니다. 양 접지의 구분은 절대적이며, 전체시스템 구성상의 고려가 초기부터 필요합니다. 이에 대한 설치 개념이 각나라의 스탠다드별로 약간의 차가 있고, 기기 및 설비의 제작자가 필요로 하는 접지도 서로 다를 수가 있으므로, 충분한 경험을 가진 시스템 설계자가 확실한 개념을 정하여 초기사양을 정확히 정의하여야 할 것입니다.

아울러 주요설비를 위한 전력전송의 신뢰도를 높이기 위하여 중첩전송(Double Feeder)이 있을 수가 있는데, 이는 또한 ATS(Automatic Transfer Switch)등의 부수 장비의 개입을 의미하여 어떤 경우에는 신뢰도를 향상시켜도 도움이 되지 않을 수도 있습니다. 즉 전송거리, 서비스 시간 및 전선손상의 확률등을 근거로 확실한 신뢰도를 향상을 계산하여 정의할 수가 있어야 하겠읍니다. 이외 에도 패널(PANEL)내에서는 비상차단회로의 신뢰도를 높이기 위하여 사용항고리형상(Ping Pattern)의 배선이 작업량을 상당히 줄이고 또한 효율적이었습니다.

4. 맺음말

양부해상시설의 미터링 시스템을 하나의 분산 제어 시스템으로서 소개를 하고 더불어 실제적으로 경험한 문제점을 고찰하였습니다.

앞으로 계장설비의 내용이 점점 다기능화 하면서 컴퓨터의 기술의 도입이 불가피 하여지고 이에 따른 설비의 제작자와 실제 시스템의 운용자간의 이해의 차를 극복함이 선결과제입니다. 이같은 종합설비는 그 기술 집약도 및 부가가치가 크며, 이러한 시스템 엔지니어링의 능력의 증대와 함께 국산제품의 이용, 국산 용역의 확대가 절실히 요청됩니다.