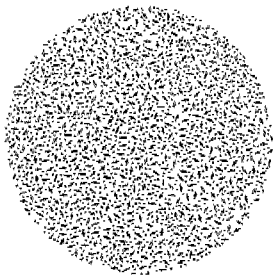
電力系統의 集中遠方監視制御시스템과 소프트웨어開發

Supervisory Control and Data Acquisition" System and Software Development



禹 熙 坤

韓電 技術硏究所 先任硏究員

1. 序 言

急速한 經濟發展으로 各種 産業設備가 복잡 大型化되어감에 따라 從來의 人爲的 방법으로는 그러한 系統을 効果的으로 運轉할 수 없는 限界點에 도달하였다.

그리하여 部分的인 遠隔制御계통에 최신의 컴퓨터, 通信技術 等을 應用하여 한곳에서 여러곳의 設備와 系統을 集中監視制御할 수 있는 시스템이 등장했다. 이러한 집중감시제어시스템의 利用 分野는 製鐵, 精油, 交通, 가스, 上下水道等 수 없이 많이 있으며 特히 電力系統 運用의 自動化를 위해 큰 効果을 발휘하고 있다. 따라서 우리나라 電力設備運用分野의 實例를 中心으로 記述한다.

2. 電力系統運用 自動化시스템

電力系統은 全國的으로 散在해 있는 發電, 送電, 変電, 配電設備가 有機的으로 結合되어 時時刻刻으로 変化하는 需要에 따라 効率的으로 運轉되어져야 한다.

또한 電力事業体는 良質의 電力을 安定되고 經濟的으로 需用家에게 供給해야 하는 責務가 있다. 이러한 목적을 달성하기 위해서 各種 遠方監視制御기능을 갖춘 自動化 시스템을 能率的으로 活用하고 있다(표1 참고).

1976년부터 154KV 主要 發, 変電所의 電圧, 電流, 電力 및 潮流方向을 中央給電指令所(서울)에서 원방감시만 하던 것을 1979년에 컴퓨터에 의한 自動經濟給電制御를 할 수 있는 ALD(Automatic Load Dispatcher) 시스템으로 대체하여 집중원방감시제어는 물론 자동발전제어에 기여하고 있다.

그후 서울地域의 複雜 多樣한 送変電設備運用 改善策으로 서울電力配電司令室에서 관할 변전소의 운전상태를 집중원방감시제어할 수 있는 SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)시스템이 도입(1981년)되어 電力系統 事故의 신속한 把握과 復旧 및 事故豫防등에 큰 효과를 올리고 있다. 이어서 南서울전력(1983년), 釜山전력(1985년)에도 동일한 시스템을 설치 운용 중이며 大田電力에는 시스템 성능이 더욱 강력한 SCADA를 설치 공사 중이다.

〈표－1〉電力系統運用自動化시스템現況

區 分	시스템名稱 (제작처)	設置場所 (설치년도)	對象電力系統 (개소)	備 考
中央給電 自動化	ALD (美, L&N)	본사,급전지령소 (1979)	발전소 : 31 변전소 : 21	'87 EMS로 대체 철거예정
地域給電 自動化	SCADA (美,HARRIS)	서울전력배전사령실 (1981)	변전소 : 45 수용가 : 3	'86 변전소 2, 수용가 59 개소의 자동개폐기수용
		남서울전력배전사령실 (1983)	변전소 : 8	'86 변전소 30 개소 추가
		부산전력배전사령실 (1985)	변전소 : 31 발전소 : 1	'86 변전소 7개소 추가
		대전전력배전사령실	변전소	시스템 제작중 '87 준공예정
水 系 自動化	TADA (日,FACOM)	한강수력 (1986)	발전소 : 5	漢江水力系 綜合管理
종 합 자 동 화	EMS (日,TOSHIBA)	본사 신사옥, 급전지령소	발전소 변전소 지역급전	'87 ALD 대체 예정
配 電 自動化	ADS (이정)	경기지사 보선사령실	변전소 : 2	'86 현장실증시험 설치제외

한편 ALD의 기능에 信賴度 및 安全運用 기능등을 추가한 EMS (Energy Management System) 가 新本社 中央給電指令所에 設置工事中이다. 이 시스템이 完工되면 기존의 SCADA시스템과 데이터링크되어 階層制御 (Hierarchical Control) 시스템이 構成될 豫定이며 현재는 研究開發中에 있으나 需用家 遠方檢針 (Remote Telemetering), 自動負荷調整 (Load Management) 및 線路運轉自動化 (Feeder Automation) 기능을 갖춘 配電自動化시스템이 설치되면 명실공히 電力系統運用 綜合自動化시스템이 構築될 展望이다. 이와같이 電力事業体에서는 그 用度와 目的에 따라 여러가지 名稱의 自動化시스템이 運用, 設置 또는 研究中에 있다. 이들 시스템은 電子通信 및 컴퓨터제어기술을 應用한 측면에서 大同小異하 소프트웨어 구성도 유사하다.

그리하여 變電所運轉 集中遠方監視制御시스템 (韓電에서는 "SCADA"로 通用됨)을 中心으로 시스템의 구성과 기능 및 소프트웨어 체계를 說明하고 研究開發 事例를 記述한다.

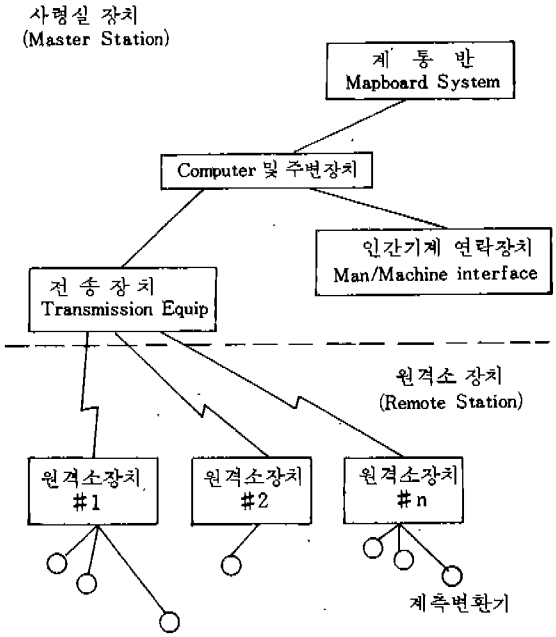
3. 集中遠方監視制御시스템 槪要

SCADA시스템은 전자통신, 컴퓨터, 제측제어, 電力設備 및 계통운용분야등의 技術이 필요하다. 그러나 시스템 자체의 기본 구성은 컴퓨터와 통신장치이고 電力設備가 端末장치에 직접 接續된 일종의 데이터 통신시스템이라고 할 수 있다.

가. SCADA시스템 構成

보통 집중원방감시제어 시스템의 구성요소는 集中制御所의 情報傳送장치, 情報處理장치, 監視用表示장치, 제어조작반과 被制御所의 情報傳送장치 變換機등이다.

이런 개념으로 관할 變電所의 운전상태를 집중원방감시제어하고 있는 SCADA시스템의 구성은 그림1과 같다.



〈그림－1〉 SCADA 시스템의 구성

1) 컴퓨터 및 주변장치

전체 시스템을 총괄 제어하는 核心的인 컴퓨터장치로서 집중원방감시제어기능을 實時間 (Realtime)으로 처리하기 위해 각종 프로그램을 수행하여 필요한 모든 결과 및 정보를 출력시킨다. 특히 리스폰스타임과 멀티프로그래밍등에서 강력한 성능을 발휘할 수 있도록 튜닝포인터를 둔 제어용 24비트 미니컴퓨터 2대 (Dual System)를 중추로 구성되어 主컴퓨터는 實時間처리업무를 수행하고 豫備컴퓨터

는 主컴퓨터 (Prime CPU) 고장에 대비함과 동시에 평상시 技術計算등 오프라인 처리를 담당한다.

주변장치로는 시스템 운용자가 필요시 컴퓨터 (CPU)에 각종 명령 (Instruction)을 수행시킬 수 있는 操作用 入出力장치 2台 (Programmer's I/O)外 補助記憶장치인 高速磁氣디스크 2대, 磁氣테이프장치 2대, 카드리더와 라인프린터 각 1대씩을 구비하여 多量의 電力情報을 처리하고 永久的인 保存을 가능토록 한다.

2) 人間-機械 連絡장치

SCADA시스템의 利用은 운전원이 하므로 시스템 (기계)과 운전원 (인간) 사이에 自由로운 對話 (연락)가 있어야 시스템 운용의 목적을 충족시킬 수 있다.

이러한 측면에서 환경공학을 고려하여 제작한 제반 기기들로서 운전指令台 (Operator Console) 天然色表示管 (CRT), 記錄機 (Logger) 映像復寫機 (Video Copier) 電力系統盤, 警報장치 및 記錄計 (Pen Recorder)등이 있다.

지령대는 전력계통 운전원이 필요한 조치를 취하고 확인할 수 있도록 구성되어 있고, CRT는 각 변전소의 結線圖, 遮斷器狀態, 電力系統상황등을 지시에 따라 表示한다. 기록기는 각종 경보 내용이나 계통운전관련 자료들을 출력하며 경보사항이 우선 기록된다.

영상복사기는 CRT표시내용의 保存이 필요할 때 복사하는 장치이고 기록계는 계통주파수 및 필요한 전력계통상황을 연속 기록한다.

전력계통반은 주요 전력계통의 차단기 상태를 색깔로 구분하여 상태 변동시 운전원이 알아보기 쉽도록 하고 全系統의 운전현황을 한 눈에 볼 수 있도록 自動表示한다.

3) 傳送裝置

資料取得 및 通信連絡장치로서 各 變電所 (遠隔所)로부터 필요한 정보를 中央 (指令所)으로 읽어 오고 중앙의 원방조작 신호를 전송함으로서 중앙과 단말간의 정보전송을 위한 제반 장치들로 구성되어 있다.

원격소에서 전송되어온 直列데이터를 컴퓨터 입력을 위하여 並列데이터로 (또는 그 逆으로) 변환하여 入出力채널을 통하여 데이터를 송수신하는 트랜시버 (Transceiver), 아나로그 통신선로를 사용하여 데이터통신을 하기 위한 變復調 (MODEM) 장치, 여러 곳의 원격소장치를 연결할 수 있는 多重化장치 (Multiplexer) 등이 있다.

4) 遠隔所장치

각 변전소에 설치된 단말장치 (Remote Tremind Unit)로서 통신, 共通制御, 信號變換部로 구성되어 필요한 모든 데이터를 取得하여 중앙으로 전송한다. 또한 중앙의 제어신호를 받아 원격조작이 가능토록 처리한다.

신호변환기는 대상 설비와 計測종류에 따라 특수한 변환방법을 사용하여 디지틀 신호로 바꿔준다.

나. SCADA 시스템 機能

시스템에 수용된 각 변전소의 운전상태 電力需給狀態, 電力系統狀態등의 여건변동을 항상 감시하면서 상황에 대응하는 적정한 조건으로 조작가능토록 기능이 갖추어져 있다.

1) 遠隔測定 (Telemetering)

변전소 운전에 필요한 모든 計測資料가 自動으로 일정 週期를 두고 측정된다. 母線電圧 (KV), 変圧器器의 負荷 (MW, A), 無効電力 (VAR), 力率 (COSϕ) (cosϕ), 電力量 (WH), 潮流, 電流, 周波數등이 있다.

2) 遠方監視 (Supervision)

전력계통 및 송배전선의 각종 차단기, 보호계전기, 주변압기 탭위치, 所內電源 및 출입문 상태등을 감시하여 사고내용을 파악할 수 있다.

3) 遠隔制御 (Remote Control)

변전소의 無人運轉이 가능토록 遮斷器의 조작과 변압기의 전압조정등의 기능을 갖추고 誤操作 防止를 위한 對策이 多角的으로 補完되어 있다.

4) 自動記錄 (Logging)

변전소 運轉日報 (KV, MW, MWH등)의 週期的인 기록과 각종 事故나 異常狀態 (規定値 초과 또는 未達등) 및 조작내용 등이 기록된다.

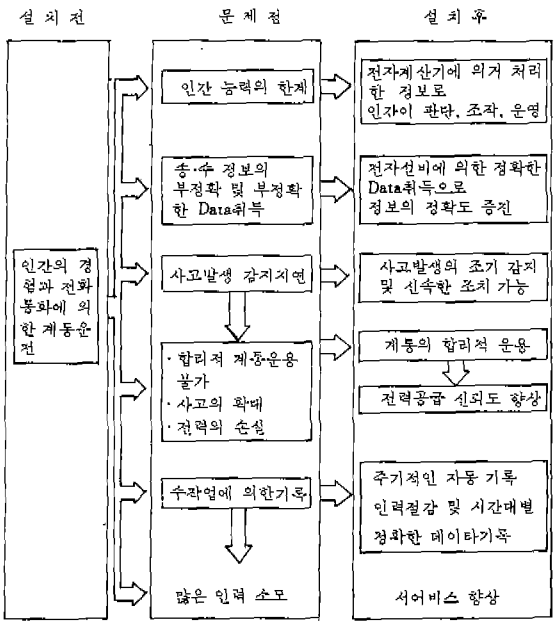
5) 自動警報 (Alarming)

변전소의 화재, 保安상태는 물론 電力系統의 異常狀態 발생시 이를 分析하여 경보를 發하여 (可視, 可聽, 기록) 줌으로써 많은 변전소를 동시에 集中

監視制御하면서 運轉할 수 있다.

다. SCADA 시스템의 效果

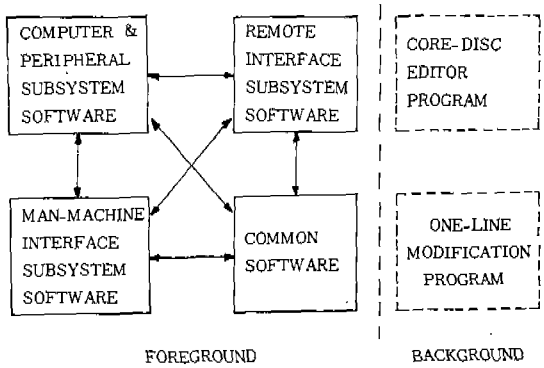
電力系統은 全계통으로 연결되어 있어 한 변전소나 계통의 사고가 他系統에 파급되어 연쇄적인 사고가 유발되고 사고시 全体 상황을 신속히 파악하여 대처하지 않으면 안된다. 그러므로 종전의 電話에만 의존하여 운전하던 것은 이미 限界點에 다다랐고, 수용가 봉사수준을 향상시키기 위해서도 큰 기여를 하고 있다.



〈그림2 -〉 SCADA 시스템 효과

4. SCADA 시스템의 소프트웨어

여러 원격지에서 수집한 자료를 실시간으로 처리하면서 설치목적에 부합되는 기능을 갖추기 위해서 SCADA特有의 오퍼레이팅시스템과 소프트웨어 체계를 가지고 있다. 그림3에서 보는 바와 같이 하드웨어구성과 비슷한 체계를 이루고 있다. 대체로 구분해 보면 오퍼레이팅시스템 (OS)에 해당하는 DMS (Dise Monitor System) 온라인리얼타임 처리를 위한 主業務(Foreground)프로그램, 배취처리를 위한 副業務(Background) 프로그램을 들 수 있다.



〈그림 - 3〉 Microplex Computer Master Software

가. DMS와 FOREGROUD 프로그램

1) 컴퓨터와 주변장치 소프트웨어(S/W)

중앙처리장치 (CPU)의 시간을 가장 유효하게 사용함으로써 처리기간을 단축시켜 시스템 性能을 최대한 발휘할 수 있도록 구성된 DMS를 비롯하여 二重化된 시스템의 실시간 처리를 위해 CPU to CPU Link S/W와 주변장치가 CPU에 共有될 수 있도록 제어하는 Peripheral Switch Handler등이 있다. S/W루틴중 가장 비중이 큰 DMS는 시스템 전체의 동작순서 및 각종 주변장치를 통제하는 OS로서 보조기억장치인 DISC에 실려있는 프로그램을 사용하여 Foreground에서 Multiprogromming과 Background에서 Batch Processing를 수행토록 한다.

2) 遠隔所 接續 소프트웨어

중앙의 제어소와 各 변전소 단말장치간의 情報소통을 담당하는 S/W로서 자료취득 및 제어 (Data Acquisition and Control, DAC) S/W를 호출하여 Data Scanning, Controlling 및 통신기능을 수행한다.

3) 人間-機械 連絡소프트웨어

운전원 (司令員)과 시스템 (SCADA)간의 對話 능력을 부여하는 S/W로서 기록, CRT表示, Console를 통한 司令員操作 등의 처리를 수행한다.

4) 共通소프트웨어

Public Library라고도 하며 DMS DAC, MMI S/W들이 共通으로 사용한다.

코드변환, 입출력 Formatting, Data Scaling등와

처리를 담당하고 프로그램 상호간의 대화도 이 소프트웨어를 통해서 이루어진다.

나. Back Ground 프로그램

우선순위(Priority)가 높은 실시간처리용 Foreground 프로그램의 수행작업이 없거나 시스템 여유가 있을 때 Batch Processing을 위하여 개발된 프로그램 이다.

Core/Disc Editor는 전력설비 변경과 관련한 데이터베이스의 추가, 변경작업을 시스템 운전을 중단하지 않고 처리하도록 되어 있으며 처리과정도 편리한 問答式으로 設計되어 있다.

On-Line Modification 프로그램은 CRT표시내용중 변전소 單線結線回를 生成, 変更할 수 있는 것으로 CRT画面을 통해 직접 처리할 수 있다. 이외에도 診斷試驗프로그램, Fortran Compiler, MACRO Assembler, Utility 및 각종 應用프로그램등이 있다.

5. SCADA소프트웨어研究開發

SCADA시스템을 이용하여 신속·정확한 系統運用 電氣品質 및 信賴度 向上, 省力化等으로 經營改善에 이바지 함으로써 그 效果와 經濟性은 認定되었지만

○시스템 導入後 開發된 新機能 追加

○運用効率提高를 위한 運營体制의 改善

○活用効果의 極大化를 위한 應用 프로그램개발

등이 당면과제로 대두되었다.

그리하여 1984. 1부터 韓電 技術研究院이 주축이 되어 SCADA관련 海外訓練 및 實務經驗을 갖춘 國內의 技術人力을 組織化하여 SCADA시스템의 소프트웨어 개발연구에 착수하였다. 소프트웨어의 比重이 더욱 높아가고 국내 기술축적이 미흡한 상황에서 기존 SCADA시스템의 기능 및 운영체제를 調査分析한 후 開發効果가 높고 실현 가능성이 높은 과제를 선정하여 研究推進中에 있다. 그동안의 연구실적과 진행과제 주요내용은 다음과 같다.

가. SCADA시스템 機能 및 運營体制 分析

먼저 기존 시스템의 固有기능과 活用範圍를 調査分析하고 新機能 追加를 위한 技術情報을 파악하였다. 또한 입수한 Source Program의 分析(Reverse Engineering)으로 主要 운영체제를 이해하고 우리 실정에 맞도록 개선하기 위한 技術準備를 함으로 國內 기술축적에 이바지 하였다.

나. 記録体制 改善

기존 SCADA시스템의 記録体制는 1台의 기록기로 모든 사항(Data, Event등)이 混合출력 되었으며 더구나 우선순위가 낮은 報告用 자료가 기록되는 동안 시스템 사고내용이 기록됨으로 인해 기록관리 체제가 未洽하였다. 이런 기록체제의 不合理性을 소프트웨어 수정으로 개선하였다. 記録内容의 종류가 매우 많으므로 인하여 프로그램 수정작업도 매우 복잡하였다. 당초의 기록기를 통해서는 전력계통운전에 관련되는 사항만 기록되게 하고 증설된 기록기로는 SCADA시스템 자체의 운전내용만 기록되게 하여 업무분장에 따른 기록관리체제 合理化 및 사고내용의 신속한 분석으로 신뢰도 향상에 기여하였다. 또한 운용체제 개선을 위한 기술자립의 기반을 조성하였다.

다. 警報發生 体制 改善

계통운전에 관련된 사고 발생시는 가시 (Visible Alarm), 가청(Audible Alarm) 경보가 發하였으나 SCADA시스템(傳送路 포함) 자체의 異常狀態나 事故時에는 記録만 될뿐 가시, 가청경보가 發하지 않은 사항이 많이 있었다. 그리하여 記録分離를 위한 소프트웨어 修正時 경보발생에 대한 루틴도 조사분석하여 수정하고 시스템사고 기록메세지의 신호를 檢出하여 가시, 가청경보를 發할 수 있는 電子回路를 設計製作 하였다. 그럼으로써 시스템 사고의 즉각적인 대응조치가 가능하여 운용효율 및 신뢰도를 향상시켰다.

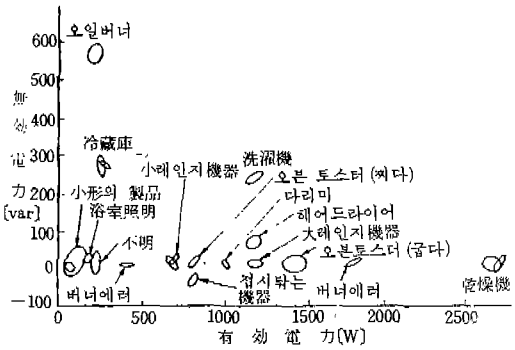
이러한 기록, 경보체제는 별도의 기록, 경보체제가 있는 先進 外國에서는 큰 문제가 되지 않았으며 國內 실정에 맞도록 제작회사에 開發 依頼할 경우 數十萬달라의 外貨가 所要되는 귀찮고 복잡한 작업이었다.

라. 포인트 情報리스트 프로그램 開發

원방감시제어의 기본단위는 원격소의 단말장치에 연결되는 감시제어 대상의 포인트(Point)이다.

이러한 포인트에 관한 사항(結線關係, 감시, 제어

(55페이지로 계속)



(주) 타원의 크기는 각각의 전기제품에 스위치를 넣는데 따르는 유효전력 및 무효전력 변화에 대한 가변범위를 표시한다.

〈그림-1〉 각 전기제품의 電氣特性

으로서 입력되었다.

말단의 부하전력 검출장치는 RS-232라는 장치와 결합된 디지털 교류 모니터이며 이 장치에서 3가정의 각각에 1주간씩 2회 시험되었다. 각 시험에서 모니터는 1가정당 약 12개의 기기 중주로 2상태인 기기의 모든 전기특성을 명백히 할 수 있었고 또한 1주간당 1KWh 이상을 소비하는 대부분의 기기가 명백히 되었다. 실증시험결과를 그림1에 들었다.

2. 플롯타이프의 限界

현상의 부하 모니터는 다음 기기에 대하여 명백히 할 수 없었다.

(1) 데이터로서 중복되는 150W 이하의 다수의 기기

(2) 와트數가 같고 또한 전기적으로 구별할 수 없는 기기

(3) 調光器 및 가변속도전동기와 같이 분명한 변화를 하지 않는 연속가변기기

(4) 도어벨용 트랜스나 錠 등과 같이 상시 ON. 상시 OFF상태인 기기

(5) 다수의 상태변화를 하는 기기

그러나 이들 기기에 대해서도 대응할 수 있도록 연구, 개발이 추진되고 있다.

Meter sorts load for appliance use
Electrical World 1986年 4月號 參考

(19페이지에서 계속)

계측내용등)은 전력계통의 빈번한 변경으로 인하여 수시로 수정된다.

또한 수많은 포인트의 복잡한 내용을 일목요연하게 표시해 주는 포인트관련 종합리스트가 필요하다. 그리하여 데이터베이스에 散在해 있는 포인트 관련 사항중 전력계통관리 및 시스템 운용에 긴요한 항목만 출력시키는 응용프로그램을 개발하여 活用하고 있다.

마. 연구추진 사항

기존 SCADA시스템의 용도를 電力需給統計 및 계통운전관련 사고분석등으로 활용 범위를 확대해 가기 위해서 현재 연구 추진중인 내용은 다음과 같다.

○遮斷負荷 自動記錄 프로그램 개발
○Scale factor 自動修正 프로그램 개발
○RGS기능확대 및 체제개선
○최대부하실적 프로그램 개발

6. 맺는 말

複雜 多樣한 電力系統의 合理的인 運用과 需用家奉仕水準의 向上으로 지속적인 經營 改善을 도모하기 위해서 電力情報의 集中管理와 自動運轉의 必要性은 더욱 높아지고 있다. 또한 電子通信 및 컴퓨터기술의 끊임없는 發展과 應用分野는 날로 새로와지고 있다.

그러므로 급격히 발전하고 있는 國內技術을 최대한 活用하여 집중원방감시제어에 의한 自動化시스템 分野의 기술자립을 위해 倍前의 노력을 기울여야 한다.

이러한 側面에서 SCADA소프트웨어개발 연구는 국내기술축적과 活用效果 증대에 크게 이바지 할것이며, 自動化시스템의 기술수준향상에 공헌하리라 믿는다.