

◆ 특집 ◆ 고성능 공작기계 수치제어장치

## 다중 접속이 가능한 다계통 e-CNC 용 네트워크 HMI 기술

### Technology of Network-Based HMI for Multi-Path e-CNC Machines

남성호<sup>1,✉</sup>, 정진형<sup>1</sup>, 김종태<sup>2</sup>, 성대중<sup>2</sup>, 이석우<sup>3</sup>  
Sung Ho Nam<sup>1,✉</sup>, Jin Hyeong Jeong<sup>1</sup>, Jong Tae Kim<sup>2</sup>, Dae Jung Seong<sup>2</sup> and Seok Woo Lee<sup>3</sup>

1 한국생산기술연구원 융합생산기술연구부 (Convergence Manufacturing Technology Division, Korea Institute of Industrial Technology)

2 두산인프라코어 공기자동화부문 (Control Technology Team 3, Machine Tools BG, DoosanInfracore)

3 한국생산기술연구원 디지털협업지원센터 (Digital Collaboration Center, Korea Institute of Industrial Technology)

✉ Corresponding author: goddad@kitech.re.kr, Tel: 032-850-0307

Key Words: Human Machine Interface (인간 기계 접속장치), eXtensible Markup Language (확장성 생성 언어), Common Object Request Broker Architecture (공용 객체 브로커 아키텍처), OLE for Process Control (프로세스 제어를 위한 OLE)

#### 1. 서론

일반적으로 HMI(Human Machine Interface)는 산업용 컴퓨터나 현장 패널에 탑재되어 기계를 조작하고, 그 상태를 파악하도록 운영자에게 보여주거나 기록하고, 경고하는 등의 기능을 수행하는 컴퓨터 및 프로그램과 주변장치를 의미하고, 이러한 HMI 에 대한 수요는 지속적으로 증가하고 있다. 특히 설비 단위의 HMI 기능이 보다 확장되어 네트워크에 연결된 설비들을 언제 어디서든 실시간으로 모니터링하고 감시 제어할 수 있는 네트워크 HMI 에 대한 수요가 급증하고 있다.<sup>1,3</sup>

또한 HMI 라는 개념 자체가 최근에는 단순히 설비로부터 데이터를 수집하고 가시화하는 차원에서 벗어나 설비의 성능측정 및 분석, 실시간 네트워크 시스템 분석, 생산 레벨의 공정제어 및 생산 관리, 공급 유통망 지원에 이르는 범위까지 통합하여 생산현장 전체의 최적화를 위한 통합솔루션 개념까지 확장되고 있다.

실제 장치산업분야에서는 Ge Fanuc, Siemens, Rockwell Automation 과 같은 자동화 업체들의 Cimplicity, WinCC Flexible, RSView 등의 OPC(OLE

for Process Control)기반 HMI 가 널리 사용되고 있다. 이러한 범용성 및 통합솔루션을 지향하는 HMI 는 다양한 장치 지원과 개방성 측면에서 뛰어나지만, 상세 인터페이스 설정 및 반복적인 감시 제어 화면 생성 및 시스템 구성 작업으로 인해 개발 생산성이 떨어지며, 유지보수가 어렵다.

그리고 기계산업 분야에서는 Fanuc, Mazak, Moriseki 와 같은 공작기계 업체들이 i-Cell, e-Tower, Mori-Net 과 같이 내부 기능을 이용한 공작기계 전용 솔루션을 제안하고 있다. 하지만 현장 적용속도가 빠른 대신 자사 장비에 대한 종속성으로 인하여 범용성이 낮다. 이러한 솔루션들은 최근 공작기계가 고기능, 복합화 됨에 따라 다계통 복합기를 필수적으로 지원하고 있다.

HMI 관련 연구동향을 살펴보면 초기에는 산업 표준으로 널리 사용되는 마이크로소프트사의 DCOM(Distributed Component Object Model) 기반의 OPC 명세를 기반으로 OPC 소프트웨어를 개발하는 연구가 주를 이루었다.<sup>4,6</sup> 최근에는 OPC 소프트웨어를 기반으로 고급제어, 통합 공정 데이터 관리와 상위시스템과의 통합과 같은 다양한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다.<sup>7,8</sup>

이처럼 설비와의 연결작업 및 실시간 공정데이터의 효율적인 관리, 생산정보시스템과의 통합 부분에 대한 많은 연구가 필요하다.

본 논문은 공작기계에 특화된 네트워크 HMI(이하 e-HMI)를 제안한다. 특히 e-HMI는 다계통 복합기(이하 e-CNC)를 중점 지원하며, 다양한 이기종 설비들과 OPC 및 RIS(Remote Invocation System)를 이용한 일원화된 방식으로 통신을 수행하여 사용자는 쉽게 설비를 연결할 수 있고 실시간 공정 데이터를 획득이 용이하다. 또한 호환성 높은 XML(eXtensible Markup Language)기반의 데이터 관리 방식을 통해 시스템 구성 및 상위시스템으로의 정보 교환이 유연하다. 특히 Script 기반의 실행엔진 및 프로그램 환경은 사용자가 다양하게 e-HMI를 응용할 수 있도록 지원한다.

논문의 구성은 2장에서 전체적인 시스템의 프레임워크를 설명하고, 3장에서 데이터 획득방안, 4장에서 데이터 저장방안 그리고 5장에서는 데이터 처리방안을 제안하며, 6장에서 결론 및 향후 연구방향에 대하여 기술한다.

### 2. e-HMI의 프레임워크

e-HMI 개발은 계층적 구조의 프레임워크 설계가 필수적이다. 이는 분산환경에서 상하위 시스템들과의 통합 시 계층간 정보전달 및 인터페이스를 효율적으로 수행하기 위함이다. 이를 위한 e-HMI 프레임워크는 Fig. 1과 같다.

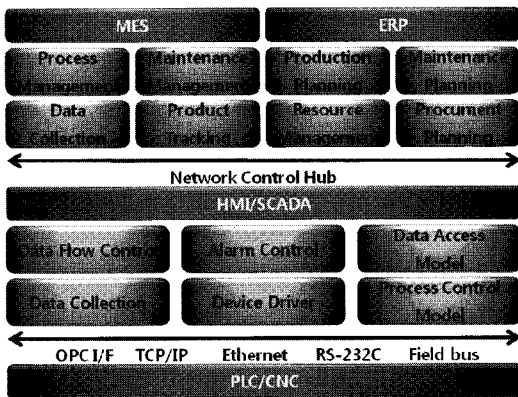


Fig. 1 Framework of e-HMI

e-HMI의 프레임워크는 현장 데이터와의 연동 및 통신의 기초적 구성을 위한 부분, 데이터 상호

간의 실제적/구조적 통합화 및 연결성을 지원하기 위한 데이터 통합 연결 모듈 부분, 네트워크의 안정성 및 통합 관리를 위한 네트워크 통합 구조 부분과 상위시스템과의 유연한 연결 지원을 위한 상위시스템 통합 지원 부분의 4계층이다.

특히 최근 생산정보화 추세인 개방화, 통합화를 지원하기 위해 점점 부분의 유연성을 극대화하고자 하였다. 이를 위해 플랫폼은 .Net Framework 2.0을 도입하였고, 데이터 저장은 MTConnect 개념을 적용하기 위해 XML를 기반으로 하였다. 또한 화면 구성의 유연성을 위해 ActiveX, VB Script 등과 같은 최신 기술들을 도입하였다.

### 3. e-HMI 인터페이스 유연성 향상

본 논문은 전술한 바와 같이 e-CNC를 포함한 다양한 이기종 설비 및 생산정보시스템들로 구성된 분산시스템과 통신을 위해 CORBA 기반 미들웨어인 RIS를 개발하고 공정데이터의 통합 및 일원화를 통해 실제 사용자인 현장 엔지니어가 손쉽게 e-HMI를 구축할 수 있도록 하였다. 이는 기존의 DCOM, SOAP(Simple Object Access Protocol) 등과 같은 분산환경 지원 기술을 이용한 HMI의 경우 다양한 플랫폼과 프로그래밍 언어 사용 및 네트워크를 통한 자유로운 접근이 어렵기 때문이다. 또한 RIS는 클라이언트 서버간의 원격 호출을 지원하며, 기존의 소켓 프로그래밍보다 쉽고 안정적으로 통신이 가능하다. CORBA, RIS를 기반으로 한 e-HMI 통신 개념도는 Fig. 2와 같다.

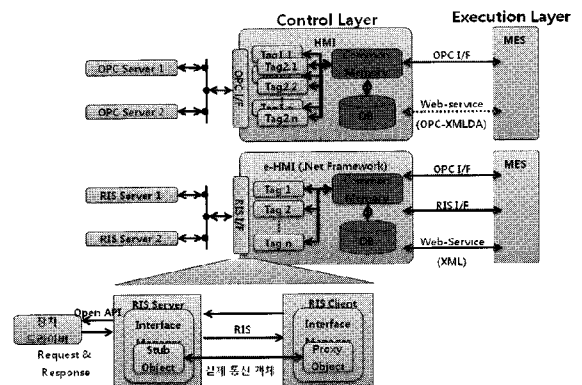


Fig. 2 Architecture for communication of e-HMI

e-HMI는 OPC 기반의 HMI와는 달리 RIS인

터페이스를 추가적으로 지원하기 때문에 시스템 측면에서 통신 유연성이 우수하다. 이는 RIS 가 CORBA 의 미들웨어인 ORB(Object Request Broker) 를 통해 분산 네트워크에서 서버가 어디 있는지, 또는 서버 프로그램이 어떤 인터페이스를 가질지 인식하지 않고도, 서버 프로그램이나 객체로부터 서비스를 요구할 수 있기 때문이다.

또한 OPC 표준의 경우 실제 현장 엔지니어가 HMI 를 구축하기 위해서는 설비에 대한 전문지식 외에 낮은 수준의 프로그래밍 지식을 요구한다. 이는 설비와 통신을 위한 방법, 메모리 주소, 데이터 타입과 그 밖의 OPC 관련정보(Group, Data Item, OPC Server)또는 다양한 관계형 데이터베이스의 데이터 소스명 등과 같은 다양한 정보를 수집해야 하고, 복잡한 설정을 해야 하기 때문이다.

본 논문은 이를 해결하기 위해 사용자가 반드시 알아야만 하는 설비 및 획득하고자 하는 데이터 종류 등 만 알면 기본적인 통신 설정이 가능하도록 하였다. 이는 설비와의 연결고리인 태그를 설비별로 제공하는 내장함수와 일대일로 연결하고 이러한 연결들에 대해 대표성을 띤, 직감적인 명칭으로 일원화하고 통합하였기 때문에 가능하다. 또한 Fig. 3 과 같이 사용자가 간편한 설정만으로 e-HMI 용 드라이버를 수정하고 개발할 수 있는 드라이버 개발 도구와 호환성 높은 XML 기반의 표준화된 설비별 통신 설정 템플릿을 제공한다.

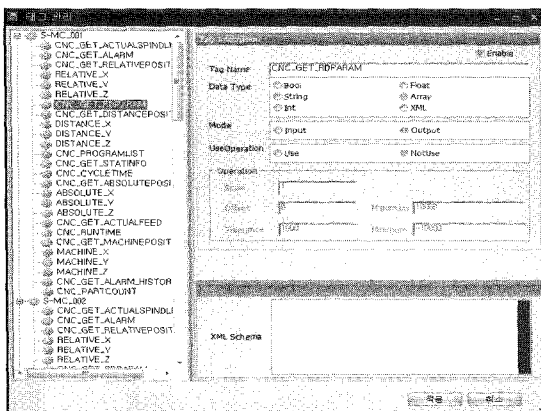


Fig. 3 XML based driver management module

이러한 템플릿은 드라이버 개발도구를 통해 완료되고, 역으로 드라이버 개발도구를 통해 통신 설정 템플릿을 생성할 수 있다. 또한 데이터 획득은 임의의 데이터를 적재할 수 있는 실시간 레퍼

지토리에 저장되고, 버퍼를 이용한 스케줄링 개념을 도입하여 데이터 획득에 대한 안정성 및 속도를 향상하였다.

#### 4. XML 기반 데이터 저장구조 정립

본 논문은 e-HMI 의 화면 구성, 데이터 정의 등의 구축에 관련된 정보들과 실시간 공정데이터들을 XML 기반으로 통합하여 운영자와 상위시스템에게 제공하고, 관리할 수 있게 하여 e-HMI 의 변동을 상위시스템이 능동적이고 유연하게 대응할 수 있게 하였다. 이를 통해 기존 HMI 솔루션들이 사용자가 모든 화면 및 기능을 일일이 구성해야 하는 번거로움과 화면 구성 및 데이터의 변경 및 삭제에 매번 수작업으로 대응해야 하는 어려움과 오류를 해결할 수 있다.

실제 HMI 구축과정을 살펴보면 빌딩모드에서 각종 선, 사각형, 다각형, 원과 같이 단순한 화면을 꾸며주는 화면요소 객체를 사용한 편집기능을 통해 HMI 시스템에서 구동되는 모습과 동일한 형태를 화면에 나타내어 편집하고, 태그 객체를 이용하여 HMI 소프트웨어로 로딩된 후에 CNC, PLC 등과 통신하면서 정보를 주거나 받은 후 편집 시 배치된 위치에서 그 값을 표현하도록 구성한다. 이렇게 구축된 HMI 는 각 솔루션 별로 지정된 형식 및 방식으로 특화되어 저장되기 때문에 사용자는 솔루션에 종속되고, 유지보수에 어려움을 겪는 것이다.

본 논문에서 제안하는 방식은 Fig. 4 와 같이 e-HMI 구축을 위한 화면 및 기능정의를 사전에 정의된 XML 스키마를 기반으로 XML 로 구조화한 템플릿 형태로 제공하는 것이다.

```

XML Schema of Template

<?xml version="1.0" standalone="yes"?>
<Template>
<Table>
  <Type>Control Type</Type>
  <Name>Control Name</Name>
  <Value>Control Initial Value</Value>
  <Width>Control Width Size</Width>
  <Height>Control Height Size</Height>
  <LocationX>Control Relative Coordinate(X) </LocationX>
  <LocationY>Control Relative Coordinate(Y) </LocationY>
  <Tag>OPC Connection Link Information</Tag>
</Table>
</Template>

```

Fig. 4 XML schema example of template

이를 통해 실제 화면을 구성하는 화면구성 객체인 컨트롤들의 상세정보를 정의된 XML 스키마를 통해 나타내거나 설비의 실제 연결 태그 정보 및 각 컨트롤의 크기 및 위치 정보 등 다양한 정보들을 정의할 수 있다. 사용자는 이러한 템플릿을 제공받음으로써 e-HMI 구축 시 템플릿을 이용하여 신속하고 다양하게 프로젝트 구성이 가능하고, XML 특유의 유연성으로 인하여 e-HMI 뿐만 아니라 모바일과 웹과 같은 다양한 어플리케이션에도 쉽게 적용될 수 있다.

또한 기존의 HMI 솔루션들은 MES 와 같은 상위시스템과 통합 시 데이터 레벨에서 변경이 발생할 때마다 획득한 정보의 전달을 위해 태그를 재연결해야 하기 때문에 작은 변화만 발생해도 상위시스템과의 인터페이스 추가 작업과 같은 끊임없는 수정사항이 발생한다.

본 논문은 이를 해결하기 위해 Fig. 5 와 같이 XML 스키마를 이용하여 MES 와 실시간 공정데이터를 교환할 수 있도록 구조화하였다.

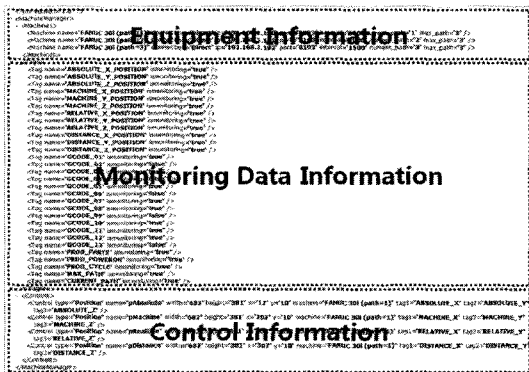


Fig. 5 XML base communication with MES

이러한 XML 구조는 설비 부분, 실시간 공정데이터를 표현하는 태그와 화면객체에 관계된 컨트롤 부분으로 구성되며 계층적으로 구조화된 정보는 변경된 사항에 대해 MES 와 e-HMI 의 반응속도를 향상하고 수정이 용이함으로 변경 및 실행까지 소요되는 시간의 단축이 가능하다.

**5. Script 기반 e-HMI 실행엔진 개발**

본 논문은 e-HMI 의 모든 화면 구성 및 실행 관련 프로그래밍이 Script 를 기반으로 작성되고, 저장되며, 실행되도록 하여, 재사용성 및 확장성을

향상하고자 하였다. 이는 기존의 HMI 솔루션들이 VBA(Visual Basic for Application)를 도입하여 사용자에게 이러한 장점을 제공하고자 하였으나 외부 프로그램에서 참조하지 못하는 단점을 개선하기 위함이다. 이를 통해 사용자는 e-HMI 뿐만 아니라 Script 엔진을 포함하고, XML 구조 해석이 가능한 실행부분만을 분리하여 모바일, 터치패널, 웹과 같은 다양한 환경에서 적용하여 e-HMI 와 같은 모니터링을 수행할 수 있다.

Script 엔진은 .Net Framework 2.0 에서 제공하는 CodeDom(Code Documentation Object Model)이라는 코드 자동 생성 지원 API 를 기반으로 Script 를 작성하고, e-HMI 의 Script 편집기를 통해 실시간으로 프로그램을 컴파일 하거나 빌드 하며, e-HMI 의 모든 화면 구성 및 실행관련 프로그램은 Fig. 6 과 같은 스크립트 편집기를 통해 확인이 가능하다.

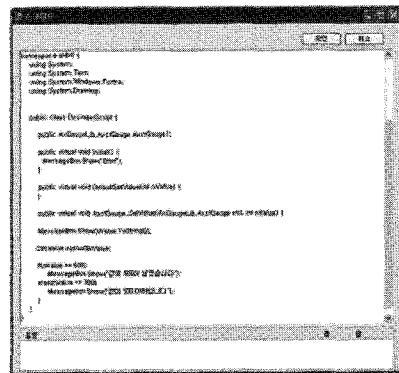


Fig. 6 CodeDom based script editor

이러한 스크립트 편집기를 통해 화면 단위별 정의는 스크립트로 표현될 수 있으며, 사용자가 특별히 원하는 화면 동적기능 및 부가기능을 부여하고 싶을 때는 프로그래밍을 할 수 있고, 화면을 구성하는 태그 객체들은 복수의 태그들이 체인형태로 연결되어 일련의 처리를 수행할 수 있으며, 만일 태그 객체들이 마우스 클릭, 사이즈 변경하는 등의 오브젝트가 인식하는 액션이나 스크립트가 이벤트와 연결되어 있다면, 사용자의 액션이나, 프로그램 코드, 값이 지정된 값에 도달하는 등의 이벤트가 발생되었을 때, 공정 감시 제어를 위한 스크립트는 실행된다.

또한 e-HMI 는 Fig. 7 과 같은 화면애니메이션 편집기를 이용해서 화면 및 객체에 다양한 동적기능을 스크립트를 작성하지 않고도 부여할 수 있

다.



Fig. 7 Animation editor of e-HMI

이처럼 현장 엔지니어는 프로그램 지식이 많은 사용자의 경우 스크립트 편집기를 활용하여 고급 기능을 제공받을 수 있으며 상대적으로 프로그래밍 지식이 낮은 사용자라 하더라도 기존의 VBA 만 제공하던 HMI 솔루션과 달리 환경에 맞게 다양한 동적 기능 구성이 가능하므로 모니터링 및 공정 제어에 대한 효과를 극대화 할 수 있다.

### 6. e-HMI 프로토타입 구현

e-HMI 의 프로토타입 및 다계통 복합기 3 대로 구성된 셀의 e-HMI 를 구축하여 Fig. 8 과 같이 테스트한 결과 초기 설계안대로 이 기종 설비, 상위 시스템과의 정보전달의 안정성 및 유효성을 검증할 수 있었다.

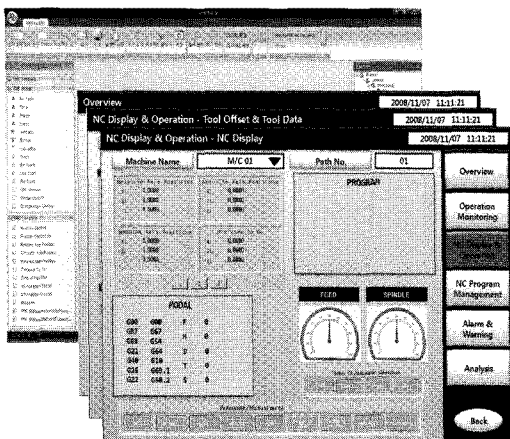


Fig. 8 Prototype of e-HMI

e-HMI 프로토타입은 도구상자에서 선, 도형, 박스와 같은 기본 화면객체 및 템플릿 개념의 CNC 전용 화면객체를 제공하고, 글로벌 표준인 ActiveX 컨트롤 기술을 도입하였기 때문에 화면객체의 확장은 용이하다. 그리고 화면 구성모듈과 화면 실행 모듈을 분리하여 모니터링이 수행되는 도중에 화면을 변경하는 작업이 가능하다.

또한 e-HMI 는 설정된 설비 정보를 바탕으로 계통 정보를 설정하여 계통별로 모니터링을 수행할 수 있으며, 실제 공장기계의 컨트롤러 화면구성과 최대한 유사하게 구축할 수 있어 사용자들이 편하게 사용할 수 있다.

### 7. 결론

최근 생산정보화 추세로 개방화, 통합화, 네트워크화를 들 수 있다. 본 논문은 기존의 HMI 솔루션들의 단점인 확장성과 유연성을 향상하여 통합 생산정보화 차원에서 하위 설비 계층과 ERP/MES 와 같은 상위 시스템 계층간의 미들웨어 역할을 수행할 수 있는 e-HMI 솔루션을 개발하고자 하였다.

이를 위해 e-CNC 를 포함한 다양한 이 기종 설비들과 다중 접속이 유연하고, 통신설정 용이한 CORBA 기반의 통신 인터페이스를 개발하였고, XML 기반의 드라이버 설정 및 통신정보 표준화 방안을 제안하였다. 그리고 획득한 정보가 하위 시스템으로부터 e-HMI 를 거쳐 상위시스템으로 원활하게 전달될 수 있도록 XML 기반의 데이터 저장구조를 정립하였다. 또한 e-HMI 가 프로세스 제어 및 다양한 환경에서 사용될 수 있도록 Script 기반의 e-HMI 실행엔진을 개발하였다.

이를 통해 사용자는 자신의 목적에 적합한 e-HMI 구축을 신속하게 할 수 있을 것이며, 시스템 통합에 필요한 시간과 노력을 절약할 수 있을 것이다. 향후에는 기 개발한 e-HMI 를 안정화하는 노력과 e-HMI 가 모바일과 웹 환경과 같은 다양한 사용자 환경에 응용될 수 있는 지원 기능을 추후 보강할 예정이다.

### 후 기

본 연구는 지식경제부에서 추진하는 10 대 부품소재기술개발사업의 하나로 수행되고 있는 '다계통 e-CNC 모듈개발' 과제의 지원을 받아 수행되

었습니다.

## 참고문헌

1. Yao, A. W. L. and Ku, C. H., "Developing a PC-based automated monitoring and control platform for electric power systems," *Electric Power Systems Research*, Vol. 64, No. 2, pp. 129-136, 2003.
2. Ravaie, K. and Haji-Valizadeh, A., "Selecting human machine interface package in integrating a process automation system," *ISA Transactions*, Vol. 41, No. 1, pp. 115-126, 2002.
3. Yeo, H. K., Rim, S. R. and Han, K. R., "A Study on Development of an Integrated HMI System based on Embedded OPC Server," *The Korean Society of Computer and Information Journal*, Vol. 13, No. 5, pp. 1-10, 2008.
4. Riedl, M., Thron, M. and Hadlich, T., "DriveServer-significantly reduce in engineering expense," *Industrial Electronics Society, 2001. IECON '01. The 27th Annual Conference of the IEEE*, Vol. 1, pp. 285-288, 2001.
5. Janke, M., "OPC-plug and play integration to legacy systems," *Pulp and Paper Industry Technical Conference, 2000. Conference Record of 2000 Annual*, pp. 68-72, 2000.
6. Sitao, W. and Qingquan, Q., "Using device driver software in SCADA systems," *Power Engineering Society Winter Meeting, IEEE*, Vol. 3, pp. 23-27, 2000.
7. Blanco, P. M. P. A., Poli, M. A. and Barretto, M. R. P., "OPC and CORBA in manufacturing execution systems: a review," *Emerging Technologies and Factory Automation, 2003. Proceedings. ETFA '03. IEEE Conference*, Vol. 2, pp. 50-57, 2003.
8. Kapsalis, V., Charatsis, K., Georgoudakis, M. and Papadopoulos, G., "Architecture for Web-based services integration," *Industrial Electronics Society, IECON '03. The 29th Annual Conference of the IEEE*, Vol. 1, pp. 866-871, 2003.