

# 산업용 인버터의 User Interface 기술

이상훈\*, 허 건\*\*

(삼성전자 메카트로닉스센터 \*책연, \*\*선연)

## 1. 서 론

“모터를 가변속 구동하고, 보호 기능을 제공한다”라는 산업용 인버터의 기본 기능 및 개념에서는 최신의 인버터와 십여 년 전 출시된 초기 인버터는 동일하다고 할 수 있다. 그러나, 그 기간 동안 학계의 지속적 관심 속에 놀라운 제어 성능 향상이 이루어 졌고, 유지 보수 측면의 경제적 장점과 함께 직류전동기를 대체해 가며 적용범위를 크게 넓혀가고 있는 상황이다. 또한, 에너지 절약의 중요성이 대두되면서 산업용 유도전동기에 대한 인버터 시장확대 뿐만 아니라, 가정용, 상업용 등과 같은 비산업용 분야의 수요도 급속히 확대되고 있다. 이러한 최근의 인버터 시장의 확대는 곧, 다양한 사용자의 요구로 이어지고, 이러한 요구를 충족시키기 위한 인버터 제조사들의 경쟁이 이루어 지면서, 제어 성능뿐만 아니라, 다양하고 차별화된 사용자 인터페이스(User Interface) 제공이 제품 선택에 있어서의 중요한 기준이 되고 있다.

사용자 인터페이스는 기본적인 운전을 용이케 하는 디스플레이 및 키 패드 동작 부분, 단자대 기능, 통신기능과 최근의 주요한 이슈인 네트워크 기능 외에도 사용자 응용 분야의 요구사항에 효율적으로 부합할 수 있는 모든 기능 - 이는 제품 설치 및 관리를 용이케 하는 제품의 디자인, 열문제, 환경 문제 해결방법, 에너지 절약성, 통합화, 전용화 가능성 - 을 포함한다고 할 수 있다. 이제, 다양한 사용자 인터페이스의 집합체인 범용 인버터를 중심으로 본 기능들을 자세히 검토해 보도록 한다.

## 2. 인버터의 주요 사용자 인터페이스

### 2.1 기본 사용자 인터페이스

인버터 사용자의 가장 큰 관심사는 무엇보다 사용의 용이성이다. 빠른 설치, 쉬운 운전, 동작 상태에 대한 명확한 메시지 전달 등이 주요한 관심사가 될 수 있다. 거의 모든 제조사들

은 이를 위해 유사한 디자인 및 기능의 오퍼레이터를 제공한다. 이는 인버터에 부착되기도 하고 탈착되어 사용되기도 하며, 이와 별도로 통신 기능을 이용한 유선 리모컨과 같은 형태로 제공되기도 한다. 기본 기능은 키 패드 동작에 의한 모터의 구동, 정지, 각종 정수의 입력, 확인 및 이의 디스플레이, 오퍼레이터 내의 EEPROM 등을 이용한 사용자 정수 다운로드 및 업로드 기능 등이 있으며, 이의 사용 방법은 사용자가 직관적으로 사용할 수 있도록 쉬워야 한다.

디스플레이의 경우 가격 문제 등에 따라 3~7개 정도의 7-세그먼트를 일반적으로 많이 사용하고 있지만, 표시할 수 있는 문자의 종류 및 길이가 한정되어 명확한 메시지 전달이 어렵게 된다. 이의 단점을 극복하기 위해 LCD를 사용한 오퍼레이터가 제공되기도 한다. 이는 명확한 메시지 전달, 제품의 품격 향상 등에 도움이 되기는 하지만 제품 가격 상승과 다소 어둡고 멀리서 볼 수 없다는 시인성 문제가 있다. 수출용 제품의 경우에는 오퍼레이터 사용 언어를 선택할 수 있는 기능을 채용하여 사용자가 자국어로 운전할 수 있도록 도와 줌으로써 제품의 사용편이성을 증가시키는 경우도 있다.

키 패드의 경우는 장갑을 낀 사용자가 사용할 때도 손쉽게 사용할 수 있는 접촉성과 적절한 값 변화의 민첩성이 요구된다. 내부 설정의 확인 및 변경을 위한 조작 방법에 있어서도 사용자의 편이를 생각한 조작 방법을 제공할 수 있어야 한다. 값의 빠르고 손쉬운 변경을 위해 디지털 볼륨 등을 키 패드와 연계하여 제공하는 경우도 있다.

모터의 구동과 정지의 경우, 특별한 정수의 조작 없이도 가능한 쉬운 운전을 많은 사용자가 기대하고 있다. 전문적인 디지털 볼륨 등을 이용하여 모터의 속도를 눈으로 확인하면서 정밀하게 속도를 조절 할 수 있는 기능은 이에 부합하는 기능이라 할 수 있다. 또한, 현재의 모터 상태, 인버터 상태 정보, 정수 조작 정보 등을 제공할 수 있어야 한다. 출력 전류, 지령 주파수, 출력 주파수, 출력 전압, 인버터 기능 상태, 인버터 온도, 누적 동작 시간, 고장 정보, 고장 당시 모터 및 인버터

의 상태, 변경된 정수 목록 등이 유용한 관심 항목이 된다. 특히, 고장/오류 정보는 인버터의 설치, 설정 및 타 기기와의 연동에 있어 매우 유용한 정보를 제공하므로 사용자들에게 매우 중요한 항목이 된다.

오퍼레이터와 이의 사용법은 사용자가 가장 먼저 접하고 가장 많이 다루는 부분이므로 각 업체들은 사용자의 제품에 대한 인식 고취를 위해 사용방법과 문자 표시, 디자인 등에 많은 주의를 기울이고 있다.

오퍼레이터를 통한 운전 방법 외에 많이 사용되는 방법은 단자대를 통한 운전이다. 주로 PLC와 연계되어 사용되는 단자대 운전은 다양한 기능의 제공 뿐만 아니라 다양한 기기와의 접속이 가능하고 사용편의성을 증가시키기 위해 다른 입력 형태 - Active Low, Active High - 를 설정할 수 있으며, 각각의 단자대의 기능을 사용자 마음대로 지정할 수 있는 유연성을 지니고 있는 것이 바람직하다. 또한 지령 입력에 즉시 반응할 수 있는 성능 측면도 간과할 수 없을 것이다.

단자대운전의 기능으로 포함되어야 할 기능에는 다단속 지령, 조그(Jog) 운전기능, 외부 이상 입력 등의 기본 기능 외에도 속도서치, 직류제동, dwell 운전, PID 제어, 트래버스(Traverse)기능 등 인버터가 지닌 다양한 운전을 위한 기능들이 추가되기도 한다(2.2 고급 사용자 인터페이스 참조). 이 밖에 아날로그 볼륨 운전기능 및 고장 상태 및 속도 일치 등의 상태 정보를 제공하는 릴레이 접점기능 역시 많이 사용되는 기능이다.

2.2 고급 사용자 인터페이스

인버터는 일반적으로 많이 사용되는 값으로 내부 사용자 정수가 세팅이 되어 출시된다. 그러나, 모든 사용자가 단순한 모터 구동, 정지만을 하는 것이 아니기 때문에 인버터 운전에서 있어 많은 유연성을 줄 수 있도록 사용자 기능이 제공되어야 한다. 즉, 많은 선택권을 사용자에게 줄 수 있어야 한다. 다양한 운전 방법, 다양한 V/F 패턴 및 사용자가 직접 세팅할 수 있는 V/F 패턴 제공, 최고 출력 주파수, 가감속 시간 등의 주요 정수의 한계 값을 확대함으로 사용자의 적용 범위 확대, 넓은 범위의 캐리어 주파수 대역 제공 및 가청 주파수(15kHz 정도) 이상의 캐리어 주파수 제공을 통한 소음문제 해결, 이외, 정해진 스위칭 패턴에 의해 일정한 주파수 대역에서 발생하는 공명 현상을 제거하여, 모터의 소음 및 에너지 집중 현상을 없애는 스위칭 방법 - Random PWM, Soft PWM 등으로 불린다 - 제공, 2.1의 기본 단자대와 관련된, 각종 처리량(온도, 압력, 유량, 수위 등)을 일정하게 유지하기 위한 Closed-Loop PID 기능 제공 및 섬유키의 동작 패턴에 맞는 기능 제공의 트래버스 기능, 모터 트립 후 재기동시 모터를 정지하지 않고 제 속도를 찾아가는 속도 서치(search) 기능, 출력전압의 양을 조절하는 에

너지 절약 기능, 소음 문제를 고려한 팬 동작 조절 기능 등이 예가 되겠다. 또한, 제동시 전압상승 치를 PWM에 반영하지 않아 제동기능 향상을 꾀한 AVR(Automatic Voltage Regulation)억제 기능, 단상 전원 인가시 주전해 캐패시터에 쌓인 전압의 리플에 의한 출력전압 맥놀이 현상 억제 기능 등이 최신 범용인버터에 추가되어 제공되기도 한다<sup>[1]</sup>. 특히, 출력전압 맥놀이 현상 억제기능의 경우 제품의 성능 향상과 수명 연장에 큰 기여를 하게 된다. 위의 모든 기능은 특별한 주의를 요하기 때문에, 정확한 사용을 위한 기능 설명서와 제조사의 기술지원이 요구된다. 이 이외에 일부 고품질 인버터들은 기존에 사용되던 전자접촉기를 대체하여 사용할 수 있도록 그 크기가 초소형일 뿐만 아니라 전원 인가 즉시 설정된 상태로 모터를 구동할 수 있는 기능을 포함하고 있는 경우도 있다.

실제로 범용 인버터의 경우, 가능한 사용되는 모든 기능을 고려해야 하기 때문에, 단순 구동만을 원하는 사용자에게는 부담스러운 정수 개수와 설명서를 제공하게 된다. 이 또한 사용자 입장을 충분히 고려치 못한 일이 되기 때문에, 위의 고급기능을 사용치 않는 사용자를 위한, 기본 구동에 맞는 정수에 초점을 맞춰, 정수들의 접근 레벨을 달리하여, 사용자의 인버터 사용을 용이하게 하기도 한다. 이를 위해서는 보기 쉽고 정확한 사용자 매뉴얼도 필수적이다.

2.3 통신 및 네트워크 기능

많은 응용 분야에 있어서 노이즈에 강하고 다지점의 장점을 갖춘 RS-485가 사용된 직렬 통신기능은 이제 필수적인 기능으로 요구된다. 명확하고 유연한 통신 프로토콜을 통하여 인버터 내부의 설정 및 동작 상태에 대한 정보를 송/수신 할 수 있어야 한다. 또한, 인버터 ID 등을 통해 수십 대의 모터를 연동 운전시킬 수 있는 여지를 프로토콜에 포함시켜야 한다. 실제 많은 제조사들은 동작 지령 외에, 구동중인 인버터 및 모터 상태를 모니터링하고, 이의 분석까지 가능한 데스크탑 PC나 Palm PC 등에서 동작되는 응용 프로그램을 제공하고 있다<sup>[6]</sup>. 이러한 프로그램의 제공은 고객 만족 및 제조사 역량

표 1. 필드버스의 장점과 단점

장 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 배선 비용 감소</li> <li>- 설치하는 인력 및 자재 비용의 감소</li> <li>- 유지 정비 비용 감소 및 신뢰성 증가</li> <li>- 시스템 성능 향상</li> </ul>
단 점	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 분산 시스템 제어의 어려움</li> <li>- 관리 프로그램 및 네트워크 관리자의 필요성</li> <li>- 경험 부족 ; 기술지원 및 기술인력 부족</li> </ul>

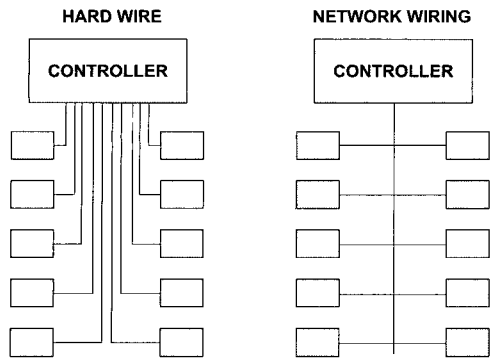


그림 1. 필드버스 적용에 따른 배선 형태 변화

평가 문제와 직결되어 외형 및 제공 기능 측면에서 경쟁적인 개발이 이루어지고 있다.

최근에는 산업용 통신 프로토콜인 필드버스(Field Bus)에 대한 인식과 산업분야에서의 연구와 응용이 큰 활기를 보이고 있고, 급속한 기술발전이 이루어지고 있어 주목된다. 특정 회사의 시스템을 이용하여 생산설비를 구축하는 경우에는 사용자가 원하는 모든 기능을 맞추기가 어렵고, 다른 회사의 제품을 더하여 사용할 경우에는 데이터 호환을 위한 I/O 장치의 추가로 효율성이 반감되고, 통신 프로토콜의 다양성 때문에 더 복잡해지고 가격도 더 높아지고 말 것이다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 시장에 나타난 것이 개방형 시스템 즉, "Open System"이다. 표준화된 프로토콜을 사용함으로써 여러 계기 및 시스템 공급자가 생산한 장비를 하나의 네트워크상에서 사용할 수 있으며, 그 장비들간의 통신까지도 가능토록 한다는 것이 개방형 시스템의 요점이다. 현재, 무수히 많은 필드버스가 존재하지만 세계적으로 크게 사용되고 있는

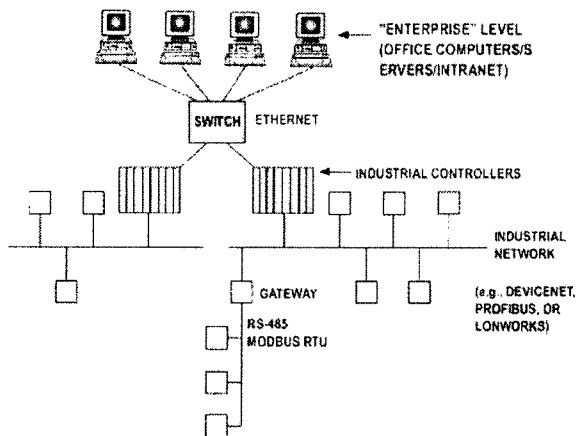


그림 2. 산업용 네트워크 체계

개방형 필드버스로는 Profibus, DeviceNet, Interbus, AS-interface, Foundation Fieldbus 등을 들 수 있다. 그러나, 필드버스는 단일 규격의 통일이 사실상 실패하여 시장에서의 패권다툼은 업체에 위임 되었고, 힘 있는 대형 업체, 즉 유럽(독일) 지멘스의 Profibus, 미국 로크웰 오토메이션의 DeviceNet 두 축으로 압축될 것으로 예상된다. 물론, 기타 다른 필드버스들도 간단하고 자유로운 배선, 고속응답 등의 장점을 내세우며 제공될 것이다. 이에, 인버터를 포함한 많은 산업용 기기 제조사들은 위의 필드버스 기능을 구비한 제품을 출시하고 있다. 과거 부수적인 판넬 작업을 감수하면서까지 별도의 통신 카드를 사용해야 했는데, 최신의 인버터는 덮개 내부 등에 에 장착할 수 있는 전용 통신 옵션을 제공하고 있다.

한편, 일상에서 사용되는 Ethernet의 산업용 네트워크 적용에 대한 관심이 대두 되고 있다<sup>(2), (3)</sup>. 보편화된 기술에 대한 신뢰, 빠른 전송 속도, 저렴한 설치 비용, 사용자의 익숙함 등이 그 원인이 된다. 곧, 필드버스를 대체 할 것이라는 예상이 나오기도 했지만, 산업 현장의 환경은 사무 환경과 매우 다르다. 일례로, 일반적인 RJ45 커넥터를 습기가 많고 온도가 높은 산업현장에서 사용할 수 없으며, 인버터나 센서 수준에까지 Ethernet카드를 사용하기에는 비용이 저렴하다고 말할 수 없다. 이외, 프로토콜 자체가 deterministic 하지 못하여 실시간성에 약점이 있다는 점은 Ethernet의 제어기능으로의 사용에 한계가 있음을 말해 준다<sup>(4)</sup>. 그러나 현재의 이런 단점에도 불구하고 가장 많은 사람들이 사용하여 시간이 흐를수록 그 구현 가격이 저렴해지고 그 기술 발전속도가 다른 어느 통신방식보다 빠르다는 장점을 지는 Ethernet이 어떤 형태로든 미래의 산업용 네트워크로서의 중요한 위치를 차지하리라는 점은 의심의 여지가 없어 보인다<sup>(5)</sup>. 따라서 산업용 Ethernet에 대한 예는 Ethernet/IP, Profibus on Ethernet, Foundation Fieldbus High Speed Ethernet 등이 있다<sup>(7), (8)</sup>.

필드버스는 높은 생산성과 기업 이윤의 극대화를 위해서 확보해야 할 핵심기술임에도 불구하고 국내에서는 매우 낮은 인식을 보이고 있으며, 보급률 또한 선진국에 비해 매우 낮은 단계에 있지만, 생산라인을 통합적으로 관리하여 생산성의 극대화를 추구하는 현재의 시장 흐름을 고려하면 필드버스의 현장 적용은 더욱 가속화 될 것으로 기대된다.

### 2.4 보호 및 기타 기능

저전압 고전압, 고전류 보호 등의 기본 보호외에도 모터가 이러한 트립상태에 이르지 않도록 막는 다양한 기능이 제공

표 2. 대표적인 필드버스의 비교

매 필드버스	통신 방법	전송 특징	버스제어 방법	Cycle Time: 256 Discrete 16 nodes with 16 I/Os
Profibus-DP	Master/Slave peer to peer	9.6, 19.2, 93.75, 187.5, 500 kbps, 1.5, 3, 6, 12 Mbps	Token Passing	Cofiguration dependent typ < 2ms
DeviceNet	Master/Slave, Multimaster, Peer to Peer	500 kbps, 250 kbps, 125 kbps	CSMA/with non-destructive bitwise arbitration	2.0ms M/S polling
Industrial Ethernet	Peer to Peer	10, 100 Mbps	CSMA/CD	Application layer dependent

된다. 범용 VF 인버터의 경우에는 전류제한 기능, 가감속 및 정상상태 스톱 방지 기능이 유용하다. 이외, 조절 가능한 저전압 검출 기능, 순간정전에 대한 대책, 이상 발생시 재기동 기능, 과부하, 과토크 검출 및 대책 기능이 있다. 또한, 이러한 특정 고장 발생 여부 및 고장 발생당시 인버터 상황은 기록되어 사용자나 제조사의 현장 대책에 도움이 되도록 하는 기능이 제공된다. 그러나, 불필요한 보호 기능의 동작으로 생산현장의 다운 타임이 증가하게 되는 것 역시, 사용자가 원치 않는 부분이다. 최신의 인버터는 운용중인 동작을 유지할 수 있도록, 불필요한 고장(Nuisance Trip)을 막아주는 지능형 보호 기능을 갖고 있다. 고장 발생가능성에 대한 경고를 함으로써 사용자가 미리 대책을 할 수 있도록 하며, 모터 및 인버터에 영향이 없는 응용 시스템의 동작을 위해서는 필수적인 부분이 되는 순간적인 고장에 대해서는 고장 검출을 유보시키는 기능을 제공하기도 하여 사용자의 편의를 극대화한다. 한편, 이러한 보호기능 외에 제조사는 응용 소프트웨어의 제공을 통해 고장 진단(Fault Diagnosis) 기능을 제공, 사용 환경 및 문제에 대한 정확한 정보를 제공할 수 있도록 한다.

한편, 최근의 전력소자 및 CPU 등의 급속한 발전에 의한 초소형화는 사용자에게는 설치의 용이성을 제공한다. 또한, 일련의 제품군 제공을 통해 사용자의 입장에서 특별한, 고민 없이 다양한 크기의 제품을 사용할 수 있도록 제공한다. 공간 활용을 위한 모터와 인버터 일체형이 개발, 판매되기도 한다. 그러나, 제조사 입장에서는 노이즈 및 고조파 등의 새롭게 제기된 문제점들을 해결해야 하는 과제가 남아 있다.

### 3. 결 론

지금까지 주요 사용자 인터페이스에 대해 살펴보았다. 현 산업용 인버터 사용자 인터페이스는 주로 단순한 용도의 사용을 대상으로 하여 사용편의성, 다양한 기능의 제공에 초점이 맞추어져 있다고 할 수 있다. 하지만 향후에는 발전하는 네트워크 기술과 함께 현재보다는 훨씬 넓은 관점에서 즉 여러 이종의 기기들과 함께 시너지를 발생시킬 수 있는 방향의 새로운 가치와 편의성을 제공하는 방향으로 발전할 것으로 예상된다.

### 참 고 문 헌

- [1] MOSCON E7, G5 사용자설명서, 로크웰 삼성 오토메이션.
- [2] Perry Sink, "Eight Open Networks and Industrial Ethernet: A Brief Guide To The Pros and Cons for Users and OEMs", Industrial Ethernet Association and Synergetic Micro Systems, Inc., 2001.
- [3] Perry Sink, "Industrial Ethernet: The Death Knell of Fielbus?", Industrial Ethernet Association and Synergetic MicroSystems, Inc., 2001.
- [4] Feng-Li Lian, et al., "Performance Evaluation of Control Networks: Ethernet, ControlNet and DeviceNet", IEEE Control Systems Magazine, Feb. 2001.

- [5] Gadi Kaplan, "Ethernet's winning ways", IEEE Spectrum, Jan. 2001.
- [6] David D. Blair, et al., "Networked Intelligent Motor-Control Systems", IEEE Industry Application Magazine November/December 2001.
- [7] ODVA, CI, IEA., "EtherNet/IP Developer Recommendations White Paper", 10 May 2001.
- [8] 필드버스 관련 주요 인터넷 사이트 :  
[www.profibus.com](http://www.profibus.com)  
[www.odva.org](http://www.odva.org)  
[www.modbus.org](http://www.modbus.org)  
[www.fieldbus.org](http://www.fieldbus.org)  
[www.synergetic.com](http://www.synergetic.com)  
[www.IndustrialEthernet.com](http://www.IndustrialEthernet.com)

### 〈저 자 소개〉



#### 이상훈(李尙勳)

1991년 서울대 공대 제어계측공학과 졸업(학사).  
1993년 동 대학원 제어계측공학과 졸업(석사).  
1997년 동 대학원 전기공학부(박사). 1997년  
~2002년 삼성전자 메카트로닉스센터 메카트로  
시스템사업팀 책임연구원. 2002년~현재 로크웰

삼성 오토메이션 책임연구원.



#### 허 권(許堅)

1996년 연세대 공대 전기공학과 졸업(학사).  
1998년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1998  
년~현재 삼성전자 메카트로닉스센터 로봇사업팀  
선임연구원.