

공작기계와 공구관리시스템의 통합

이재종* · 이승우*

Integration of CNC Machine Tools and a Tool Management System

JaeJong Lee · SeungWoo Lee

(요 약)

가공시스템이 무인화, 지능화됨에 따라 가공품의 품질향상을 위해 공구관리의 필요성이 증대되고 있다. 본 연구에서는 전자결합소자를 이용한 공구식별장치를 사용하여 공구정보의 신뢰성 향상, 공작기계의 가공정보관리, 공구형상관리를 할 수 있는 공구관리시스템을 개발했으며 개발된 시스템을 Shop Floor Control System과 연계하였다. 공작기계 및 공구프리셋터는 RS-232C 및 FANUC 프로토콜을 사용하여 인터페이스되어 있다.

(Key Words : 공구식별장치, IC택, Presetter, 공구형상정보, 공작기계, 공구관리 Database)

1. 서론

생산체계가 전용라인의 소품종 대량생산방식에서 중/다품종 소량생산방식으로 전환됨에 따라 사용되는 공구수량이 급증함과 동시에 공구이상의 실시간 감시나 공구수명관리에 관한 연구가 확대되고 있다. 또한, 가공시스템이 무인화, 지능화로 발전함에 따라 사용공구의 수량, 소요공구의 검색시간, 소요공구의 정보가 급증하고, 가공품의 품질향상의 측면에서 보다 정확한 공구가공정보를 필요로 하고 있어 생산현장과 연계된 공구관리시스템의 필요성이 증대되고 있다[1,2].

종래의 공구관리시스템은 재고관리적 측면에서 많이 사용되었으며, 조금 발달한 경우는 작업자가 공구정보를 전표에 적어서 CNC 공작기계와 공구프리셋터(tool presetter)를 오가면서 공구보정치 및 가공정보를 공작기계로 직접 입력시키는 방법이 이용되어 왔다.

이 방법의 경우 다수의 CNC 공작기계를 운용할 경우 효율성이 떨어지고, 작업자에 의한 정보 입력의 번거로움과 기록의 손실 등 공구정보의 신뢰성 문제를 가지고 있다.

최근에는 공구관련정보의 신뢰성 향상 및 공구정보와 가공정보의 체계적인 관리를 위해 공구식별장치로서 IC 기억소자 또는 바코드(bar code)를 이용한 공구관리시스템의 개발 및 도입이 추진되고 있다. 그러나 바코드를 식별장치로 사용한 경우, 시스템을 간단히 구축할 수 있으나 절삭유나 냉각수를 사용하는 열악한 기계가공공장의 작업환경에서는 바코드의 라벨(label)이 떨어지거나 오염에 의한 인식에러(scanning error)가 발생할 수 있기 때문에 생산현장에 직접 적용하기는 곤란하다[1].

따라서, 본 연구에서는 전자결합소자를 사용한 공구식별장치(tool identification device)를 이용하여 공구

* 한국기계연구원 자동화연구부

일반정보(공구번호, 재질, 규격, 공구길이, 직경, 공구형상 등)와 공구 가공정보(공구수명, 공구마모량, 절삭조건, 프리셋정보 등)를 관리할 수 있는 공구관리 시스템을 개발했다. 본 시스템은 공구에 관한 제반정보를 공구관리시스템용 전용 DB(database)에서 관리하고, 공구인식코드 및 프리셋정보, 공구마모량, 절삭조건 등 가공에 필요한 공구정보를 각 공구별 IC택(tag)에 저장하여 동작기계에 전송함으로써 작업자의 직접적인 간섭없이 공구의 제반정보를 체계적으로 관리할 수 있는 생산현장형 공구관리시스템이다. 본 논문에서는 개발된 공구관리시스템의 특성 및 공구프리셋터 및 CNC 동작기계와의 통합 기법의 예를 소개하고자 한다.

2. Shop Floor형 공구관리시스템

2.1 공구식별장치 특성

공구정보의 신뢰성향상 및 공구정보의 체계적인 관리를 위해서 사용되는 공구식별장치는 공구정보의 전송방식에 따라 EEPROM이나 SRAM을 사용한 전자결합방식, 전자유도방식, 마이크로파방식, 광방식 및 바코드를 이용한 방식으로 구분된다. 식별장치의 데이터 저장용량은 수십 Byte에서 수십 KByte로 유사하나 장치의 내환경성, 내잡음성, 주위의 영향 및 절삭유와 냉각수 등의 영향에 대한 특성은 다르다[3].(〈표 1〉 참조)

이와 같은 공구식별장치 중에서 전자결합소자를 이용한 공구식별장치(이하 ID 시스템)는 우수한 정보통신 능력과 기계가공공장의 열악한 환경에서도 장시간 정보보존이 가능한 우수한 내구성이 있고, 상위기기(PC, PLC 또는 CNC 제어기)와의 인터페이스가 용이하며 전자유도, 마이크로파, 광방식 등의 시스템에 비하여 비교적 경제적으로 시스템을 구성할 수 있다.

이 방식은 기억소자인 IC택을 사용하여 공구정보와 필요에 따라 사용자 정의정보(user-defined information)의 저장 및 수정이 가능하며, 저장된 정보를 읽어 조건에 맞는 인식코드에 의한 IC택 정보의 인식이 가능하므로 공구관리시스템의 DB와의 통합이 쉽다.

ID 시스템은 공구의 필요정보를 저장할 수 있는 IC택, 정보의 읽기/쓰기를 담당하는 ID안테나(read/write head scanner), 전송정보의 복조/변조를 가능케 하는 ID변환기와 상위기기와의 정보통신 및 ID안테나와의 정보통신을 처리하는 ID제어기로 구성되어 있다. 상위기기와의 연결방법으로는 RS-232C를 이용한 시리얼 통신과 페리렐통신 등 두 가지가 있으며, 하나의 ID제어기는 최대 5대의 변환기와 연결하여 사용할 수 있다.

본 연구에 사용된 ID 시스템은 벨립(balluff)사 제품으로 IC택을 공구홀더(holder)의 풀스텝볼트(pull stud bolt)에 삽입한 형태로 사용되며, 공구정보의 크기에 따라 IC택을 256 Byte EEPROM과 2 KByte의 SRAM(static RAM) 등을 사용한다.

2.2 개발된 공구관리시스템의 특성 및 환경

개발된 공구관리시스템은 직접적으로 생산현장과 연계되어, 작업에 필요한 공구가공정보(공구수명시간, 가공시간, 절삭조건, 공구마모량 등)와 공구프리셋정보(공구경, 공구길이) 및 공구의 일반정보 등을 현장 작업자의 간섭없이 체계적으로 관리할 수 있고, 필요정보를 외부기기(공구프리세터, CNC 동작기계 등)와 송/수신할 수 있다. 또한, 각 공구에 대한 형상관리가 가능하기 때문에 공구 선택시 작업자에 의한 오류를 최소화할 수 있어 공구관리시스템의 신뢰성을 향상시켰다.

공구실에서 관리되는 공구에 관한 모든 정보는 다음과 같이 관리된다. 공구실에 입고된 공구에 관한 모든 정보(일반정보, 가공정보, 형상정보)는 공구관리시스템의 공용 DB에서 관리하고, 이를 기초로 하여 별도로 기계가공과 관련되는 공구가공정보, 공구프리셋정보, 사용자 정의정보 등을 IC택에 저장/관리 하여 필요한 경우에 ID 시스템 단독으로 공구정보를 처리할 수 있도록 하였다.

사용된 IC택의 저장정보 영역의 분류를 〈표 2〉와 같이 정의했고, 저장영역은 사용자의 정보형태에 따라 정보영역의 자리수를 설정할 수 있으며, 전체 최대 자리수 256 Byte내에서 정의할 수 있다.

〈표 1〉 공구식별장치별 특성 비교

	전자결합 EEPROM	전자결합 SRAM	전자유도	Micro과	광	Bar code
통신거리	수 mm~ 수십 mm	수 mm~ 수십 mm	~ 1m	~ 3m	수 10mm~200mm	~ 1.5
Memory	수십 B~ 수백 B	수십 B~ 수 KB	수십 B~ 수 KB	수십 B~ 수 KB	수십 B~ 수 KB	~20항
ID Tag내 환경성	◎	◎	0	0	0	△
이물결영향	◎	◎	◎	◎	◎	△
주위금속의 영향	0	0	0	△	◎	◎
상호간섭	◎	0	△	△	△	△
내 Noise성	◎	◎	△	◎	△	△
전지수명	◎ (무전지)	△ ◎(*)	△	△	△	◎ (무전지)
ID Tag크기	◎	0	0	0	0	0
ID Antenna크기	◎	0	△	△	0	0

* : Balluff

〈표 2〉 IC택의 저장정보 영역

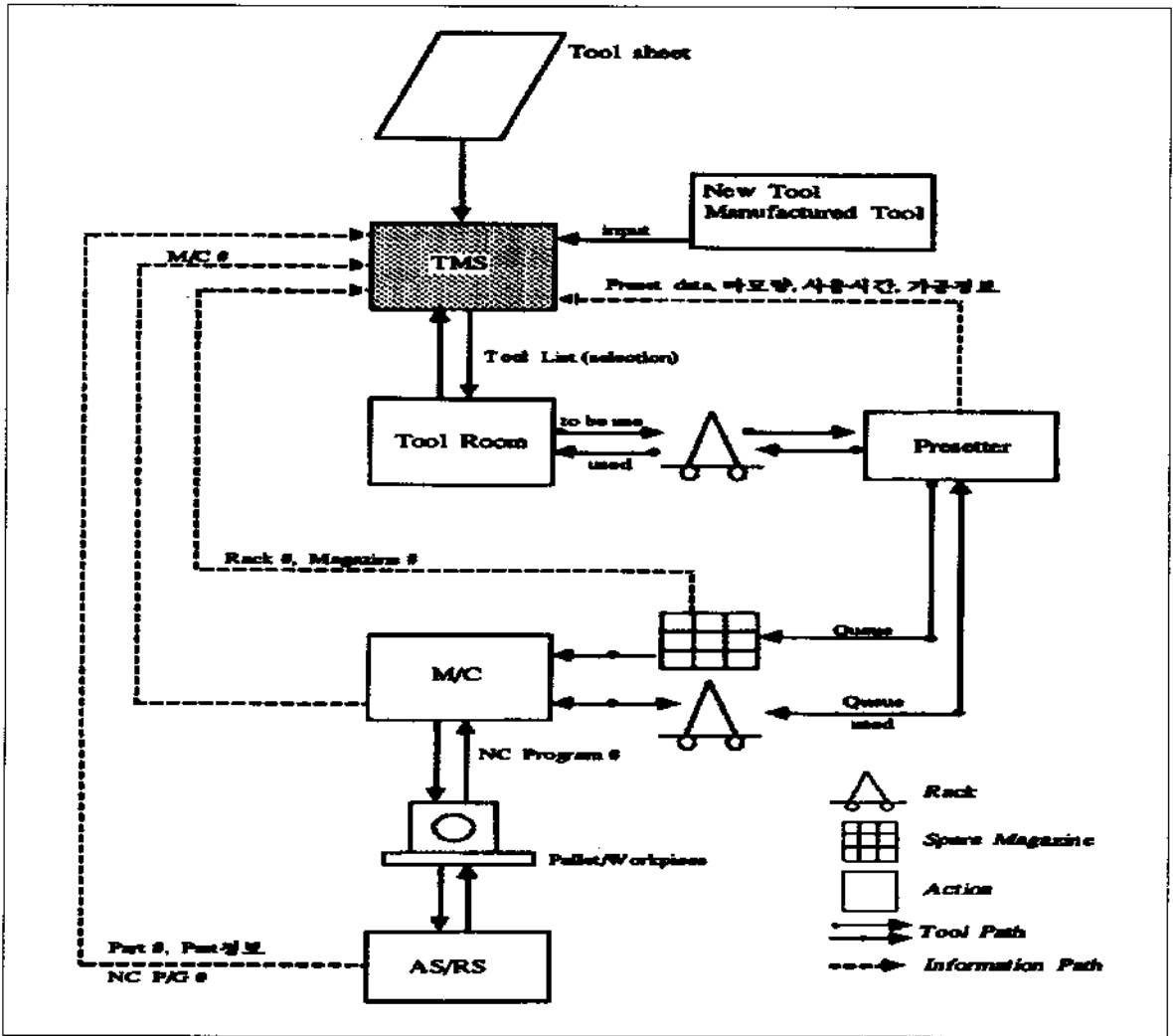
Memory Area	저장정보의 종류	Max. Digit
00	Write Protect	2
01	공구번호(TOOL ID)	9
02	공구재질	3
03	IC Tag 번호	5
04	홀더번호	18
05	커터길이	7
06	공구경 OFFSET	8
07	공구길이 OFFSET	8
08	NOSE RADIUS	7
09	공구상태	5
10	작업개시일	8
11	현재사용시간	4
12	사용횟수	2
13	공구수명시간	4
14	공구경 마모량	7
15	공구길이 마모량	7
16	표준회전수	4
17	표준이송속도	4
18	표준절삭깊이	4
19	사용자 영역	8
20	사용자 영역	8
21	사용자 영역	8
.	.	.
.	.	.

본 연구에서 공구관리시스템, ID 시스템, 공구 프리셋터, 공구 이동용 버퍼(buffer), CNC 공작기계 등에

서의 공구 및 정보 흐름은 〈그림 1〉과 같다. 새로 체결되는 공구, 작업을 마치고 공구실에 돌아오는 공구 및 재가공을 마친 공구들은 공구 프리셋터에서 공구 길이, 공구직경 등의 정보가 측정되고, 이들 정보가 RS-232C를 통해서 공구관리용 공용 DB에 저장된다. 측정된 프리셋 정보 및 공구 정보(일반정보 및 가공정보)는 다른 RS-232C를 이용하여 IC제어기, IC변환기 및 IC안테나로 구성되는 ID 시스템을 통해 지정 공구의 IC택에 저장된다[5].

공구실에 준비된 공구들은 현장의 공구요청에 의해 조건에 맞는 공구들이 선택되어 지정된 랙(rack)으로 삽입된다. 랙은 작업을 위해 선택된 공구를 중간 버퍼매거진(buffer magazine)과 CNC 공작기계의 Tool magazine에 이동시키는 운반도구이다. 랙에 삽입된 공구들은 중간의 버퍼매거진 혹은 CNC 공작기계들로 다시 보내어진다. 따라서 IC택에 저장된 프리셋정보 및 가공정보는 공구 이동과 함께 각 CNC 공작기계의 tool magazine에 부착된 공구식별장치와 가공기계 CNC 제어기의 RS-232C를 통해 공작기계의 CNC 제어기 기역장소에 전송되어 실제 가공에 사용된다.

가공시 공구별 절삭조건 및 가공 후 사용시간정보 등은 FANUC 15M 제어기의 경우 RS-232C를 통해 IC택으로 저장되며, 작업종료 후 사용된 공구는 프리셋



(그림 1) Shop Floor에서의 공구 및 공구정보 흐름

터에서 다시 측정된 공구마모량과 함께 공구관리시스템의 공용 DB에 갱신되고, 각 공구별 표준 사용시간과 실제 사용시간을 비교하여 사용된 각 공구의 수명관리를 한다.

2.3 공구관리시스템용 Database

종래의 공구관리시스템은 가공에 필요한 가공정보 및 공구정보 등 극히 제한된 정보를 중앙컴퓨터에서 관리하고, 이를 현장의 단말기를 통해 작업자의 도움을 받아 필요정보들을 습득하였다.

그러나, 이같은 방법은 주로 공구수량과 관련된 재고관리의 관점에서만 관리를 하고, 생산현장과 연계된 가공정보 등은 수작업에 의존하기 때문에 필요정보를 현장에 즉시 제공하지 못하는 단점이 있다.

따라서, 본 연구에서는 위와 같은 문제점들을 해결할 수 있도록, 2개의 RS-232C 통신선을 이용해 공구 프리셋터의 프리셋정보와 ID 시스템의 공구정보를 실시간(real-time)으로 처리할 수 있는 공구관리시스템용 database를 구축/개발하였다. 모든 공구는 공구번호, 커터재질 및 IC택 번호를 조합한 합성코드를 인식코드(primary key)로 하여 공구 정보를 관리하며, 따

라서 사용되는 공구는 공구번호, 커터재질이 같은 동일한 공구라도 IC택 번호(IC택에 저장되어 있는 공구 정보)의 상이함에 따라 다른 공구로 분류된다.

개발된 공구관리시스템용 database는 현장에서의 사용 편리성과 관리의 용이성을 위해 PC의 Windows 환경에서 개발되었으며 LAN에 의해 상위시스템과의 정보 교환이 가능하다. 프로그램은 Pull-Down 메뉴 방식으로 7개의 주메뉴와 이를 구성하는 약 40개의 서브메뉴로 구성되어 있으며, 주요 기능은 다음과 같다.

2.3.1 공구기본정보

공구실에 입고되는 공구의 기본정보를 관리한다. 사용자가 공구의 정보를 입력하면 공구프리셋터에서 측정된 프리셋정보(공구경, 공구길이)가 자동으로 입력된다. 동시에 background session에서 실행되고 있는 image용 프로그램과 편집 모듈을 이용하여 각 공구에 해당되는 공구의 형상을 입력한다. 공구형상은 홀더와 커터(cutter)가 결합된 형태를 보여준다.

검색은 공구번호, 커터재질, IC택 번호별로 조회할 수 있으며 세 개의 코드를 결합한 합성코드로도 검색이 가능하다. 이 인식코드를 이용하여 현장에서 요청된 공구를 지정된 랙에 삽입한다. 또한 파손된 공구 정보의 삭제기능과 오동작에 의해 삭제된 정보의 복구기능도 가지고 있다.

<그림 2>는 공구의 기본정보를 ID 시스템을 이용하여 IC택에 저장된 인식코드를 읽어 원하는 공구정보를 수정하는 작업을 예시하며, 이와 동시에 공구프리셋터에서 측정된 공구 프리셋 값이 수정하고자 하는 공구의 DB에 자동으로 갱신된다.

공구조회의 기능을 다양화하기 위해 공구번호별, 커터재질별, IC택 번호별, 앞의 세 가지를 포함한 인식코드별 조회로 구분하였다. <그림 3>에 커터재질별 공구조회의 예를 나타내었으며, 모든 공구의 조회, 삭제, 등록, 복구, 삽입 등의 작업시 항상 공구형상을 보여 주어 작업자의 공구선택 오류를 최소화 할 수 있게 하였다.

2.3.2 대기 및 기계별 공구정보

공구실에서 준비된 공구들은 랙을 이용하여 중간

버퍼매거진과 CNC 공작기계의 tool magazine에 삽입된다. 현장에서 공구가 요청될 때에는 이 공구가 어떤 공작물의 가공을 위하여 준비되었는지가 명시되어 있으며, 공구를 각 랙에 삽입할 때 공작물의 정보를 이용하여 특정 랙에 삽입된 공구들과 공작물간의 관계를 쉽게 파악할 수 있다. 또한 공구가 중간 버퍼매거진 혹은 CNC 공작기계의 tool magazine에 삽입될때 삽입되는 각 공구의 위치 및 삽입 수량 등을 실시간으로 파악하여 화면 또는 프린터를 이용하여 출력할 수 있다.

2.3.3 부족 공구정보

현장에서 요청된 공구를 랙에 삽입할 때 발생하는 부족공구들을 관리한다. 부족공구란 현재 공구실에 등록되어 있지 않거나, 등록되어 있더라도 공구의 재고수량이 없는 경우를 의미하며 이 때에는 사용자의 확인에 의해 자동으로 공구번호와 커터재질로만 등록을 하게 된다. 부족공구정보에 등록된 공구들은 주기적 혹은 특정한 시점에 구매부서에 발주하여 부족공구들을 납품받게 된다.

2.3.4 공구 위치정보

공구는 현장의 요청에 의해 랙, 중간 버퍼매거진, CNC 공작기계 tool magazine을 거쳐 다시 공구실에 되돌아 온다. 일반적으로 사용되는 공구의 경우 여러 개의 같은 공구를 준비하지만 특정가공에 필요한 특수공구 등은 비용이 비싸기 때문에 많은 공구를 복수로 준비하기 어렵다. 따라서 현장에서 요청하는 공구를 즉시 준비하기 위해서는 현재 공구가 위치해 있는 랙, 중간 버퍼매거진의 위치와 삽입 Cell No., 사용 CNC 공작기계 및 tool magazine에서의 Cell No. 등을 공구가 이동될 때마다 정확히 관리하여야 한다. 개발된 시스템에서는 이러한 위치정보의 관리를 위해 랙, 중간 버퍼매거진, CNC 공작기계의 간단한 이력을 관리하여 필요 공구들이 이동될 때마다 바뀌는 위치를 공구기본정보와 함께 사용자에게 제공하여 공구의 원활한 수급을 가능케 한다.

공구기본정보

ToolID(Tooling No.) B5-ME5001
 Cutter 재질 [REDACTED]
 IC Tag 번호 [REDACTED]

< 공구일반정보 >

Holder Code	[REDACTED]
Cutter 명칭	[REDACTED]
규격	[O X L I X I X T]
제작사	[REDACTED]
가격	[REDACTED]
위치(Tool room)	[REDACTED]

< Cutter 정보 >

날 수	[REDACTED]
날의 형태	[REDACTED]
최대 가공경	[REDACTED]
최소 가공경	[REDACTED]
날의 길이	[REDACTED]
공구경 보정량 (Offset)	123.45
공구길이 보정량 (Offset)	266.80
연선 Radius	0.00

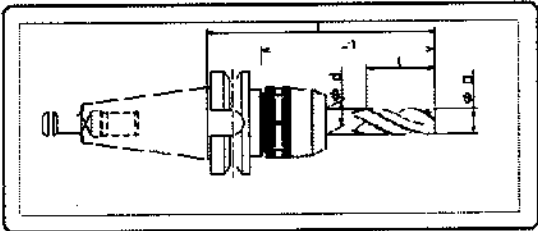
< 공구수명/상태정보 >

공구 상태	[REDACTED]
공구경 마모량	3.00
공구길이 마모량	0.00
예정 사용시간/횟수	[REDACTED]
사용시간/횟수	0.0
상용 빈도수	0
적용 계시형	//
적용 시간	0.0

< 가공 조건 >

피삭재	[REDACTED]
표준 절삭속도	[REDACTED]
표준 회전수	[REDACTED]
표준 마모속도	[REDACTED]
표준 절삭깊이	[REDACTED]

공구형상



비고

[REDACTED]

<그림 2> 인식코드에 의한 공구기본정보의 수정

3. Shop Floor와의 통합

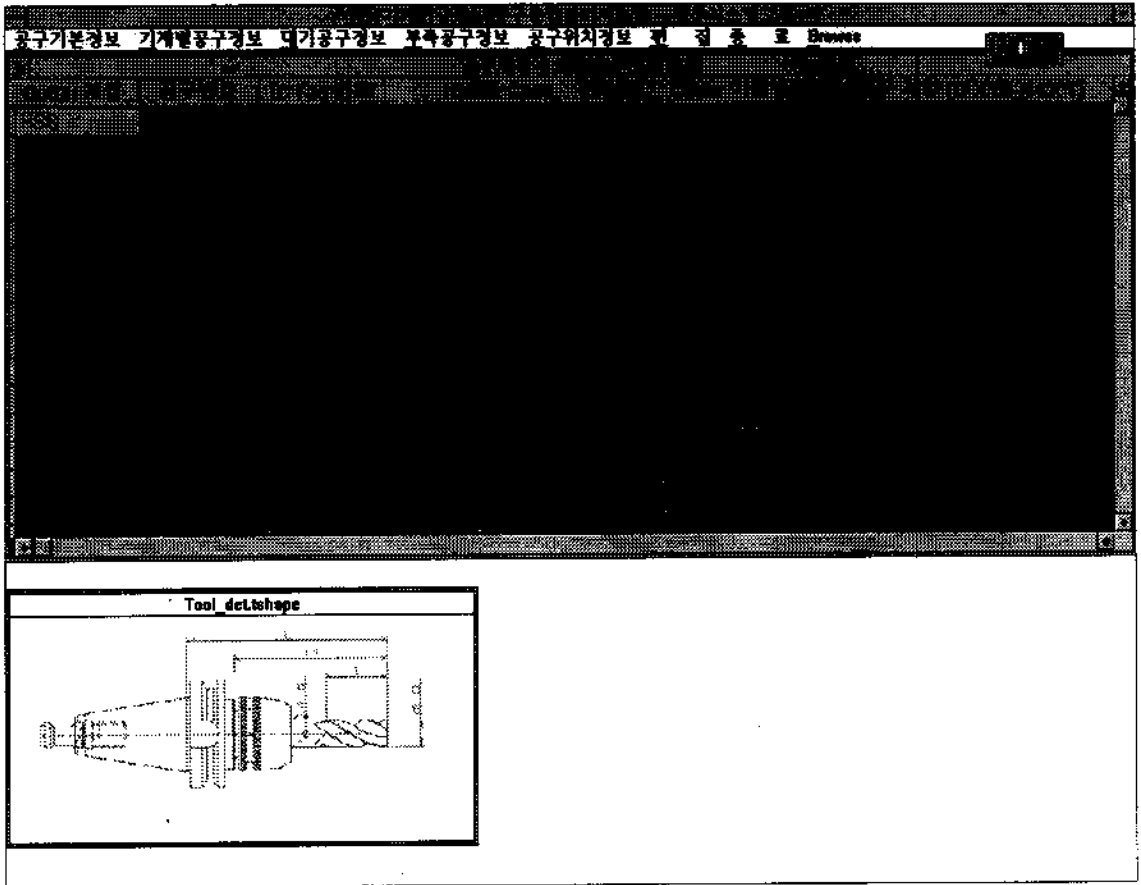
기계가공에 있어 가공품의 품질을 결정하는 요인은 실제 가공을 담당하는 공구이다. 따라서 가공과 관련된 공구정보의 높은 신뢰도를 유지하고 실시간으로 가공시스템에 이와 같은 정보를 제공하는 것이 중요하다.

실시간으로 고신뢰성의 공구정보를 가공시스템에 공급하기 위하여 본 연구에서 개발된 공구관리시스템은 직접적으로 생산현장과 통합되어 있다. 개발된 시스템은 공구프리셋터 및 CNC 동작기계와 통합되어 있어 기계가공에 필요한 공구마모량, 절삭조건, 프리셋정보, 공구수명정보 등 공구가공정보는 RS-232C 또

는 전용프로토콜(FANUC Protocol)에 의해 상호정보 전송이 가능하다.

3.1 공구관리시스템과 Presetter의 Interface

공구프리셋터는 앞에서 기술한 바와 같이 가공전에 랙에 준비된 공구의 프리셋데이터(직경 및 길이)를 측정하며, 가공후 사용된 공구에 대한 공구마모량, 절삭조건 및 공구별 사용시간 등의 정보를 ID 시스템을 통하여 읽어들이 후 공구관리용 전용 DB에 갱신함으로써 제반정보에 대한 사용공구의 이력관리가 가능하다. 공구관리시스템과 공구프리셋터는 RS-232C에 의해서 인터페이스되고 있으며 측정된 프리셋 데이터

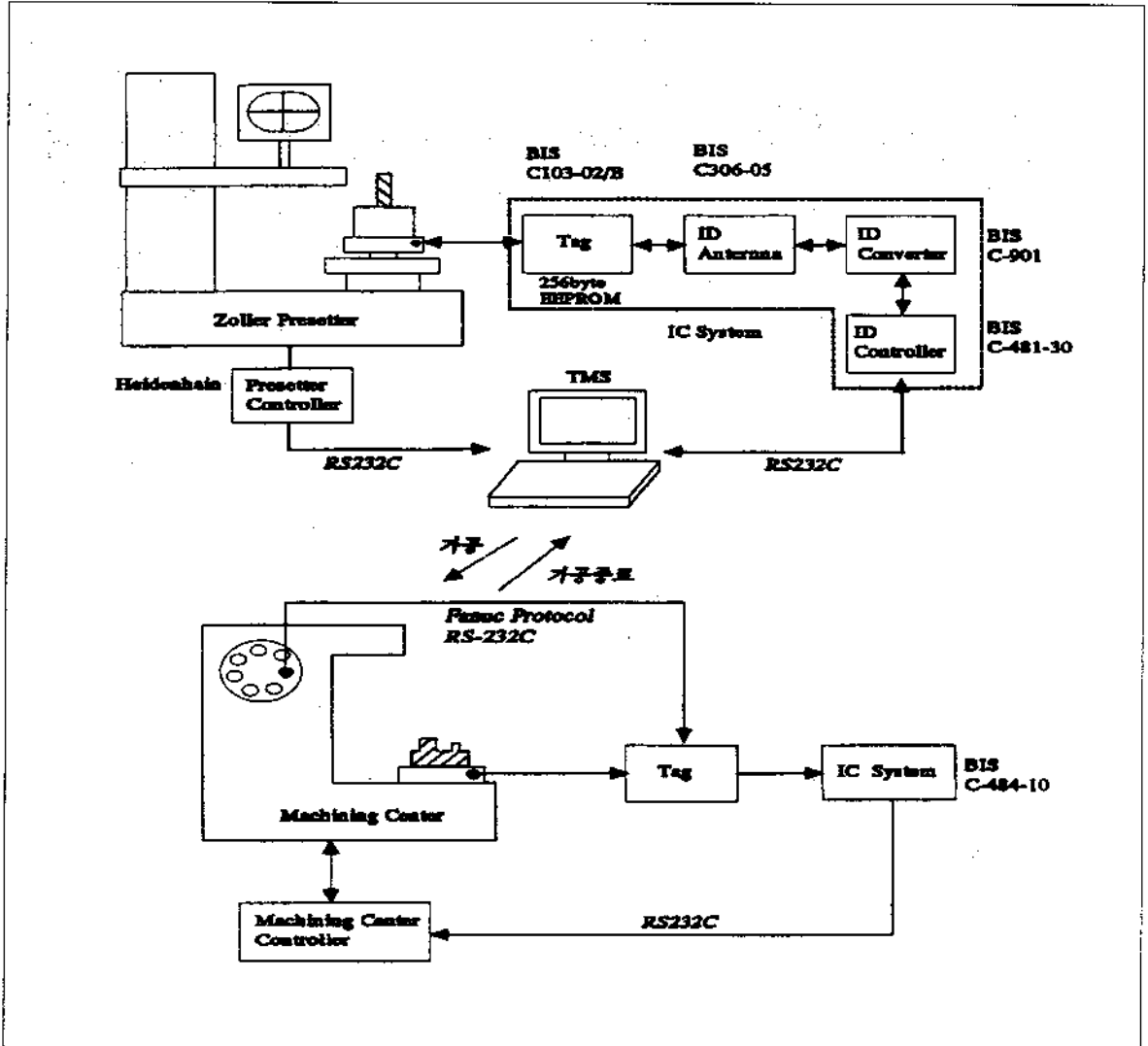


〈그림 3〉 커터재질에 의한 공구정보의 검색

는 공구별 IC택에 저장된 후 공구관리용 DB에 갱신된다. 〈그림 4〉에 공구관리시스템과 공구프리셋터 및 CNC 공작기계간의 공구정보흐름을 나타내었다. 공구 마모량의 대상은 공구직경과 길이로 구분하며, 이는 각 공구의 IC택에 저장된 프리셋 데이터와 작업전에 공구관리용 DB에 저장된 프리셋 데이터의 차를 이용하여 구한다. 공구별 수명관리는 이미 설정되어 있는 공구별 추천사용시간을 기준으로 실제 CNC 공작기계에서 사용된 작업시간을 누적하여 계산하는 방식을 사용했다.

3.2 공구관리시스템과 공작기계와의 연결

공구별 절삭조건, 사용시간 등의 가공정보는 〈그림 4〉와 같이 CNC 공작기계와 ID 시스템의 인터페이스를 통해서 관리가 가능하고, 이 때 CNC 공작기계에는 공작기계전용의 ID 시스템(BIS C-484-10)이 설치되어 운영된다. 데이터 통신은 CNC 공작기계의 전용 프로토콜을 이용하거나 RS-232C를 이용할 수 있다. 전용프로토콜을 이용할 경우는 FANUC 제어기에서 제공하는 C 라이브러리를 사용하여 CNC 제어기에서 실행되는 프로그램을 제작하여야 하며, 다른 방법으로 CNC 제어기에서 제공하는 사용자 매크로 프로그램(custom macro program)을 이용하여 CNC 공작기계와



(그림 4) 공구관리시스템, 공구프리셋터, CNC 공작기계사이의 공구정보 흐름

ID 시스템과의 인터페이스가 가능하다.

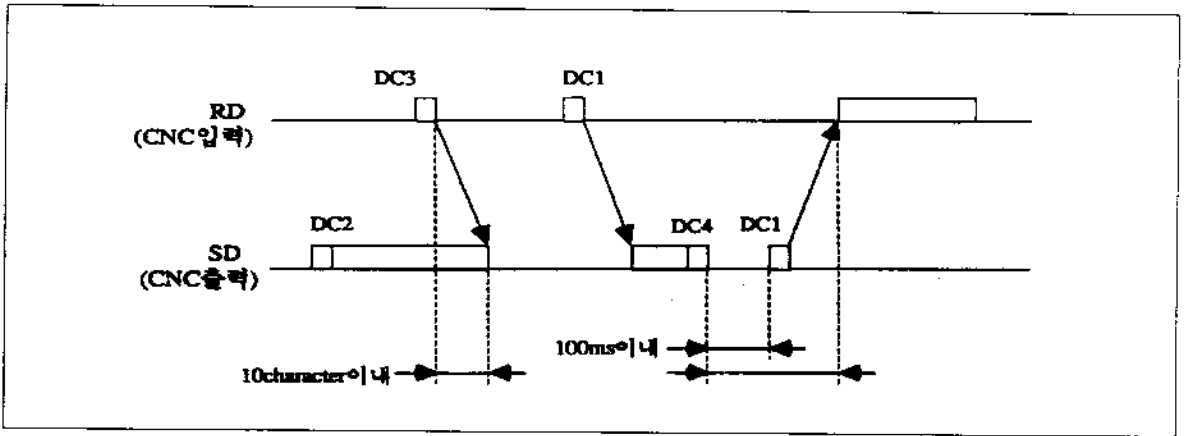
사용자 매크로 프로그램을 이용하는 방법은 NC 프로그램중 공구코드(T code)의 전후에 작업시간계산, 절삭조건 등을 계산하는 부프로그램을 M 코드로 만들어 삽입함으로써 가능하다. 각 공구별 사용시간, 변화된 절삭조건 등 공구별 가공정보는 CNC 제어기의 매크로 변수에 담아 RS-232C를 이용하여 IC택에서 저장/관리할 수 있다. <그림 5>와 <그림 6>은 CNC 공작기계에서 가공정보를 ID 시스템에 저장할 때 RS-232C에 의한 DC1, DC2, DC3, DC4의 제어방법과 통신프로

토콜을 나타낸 것이다.

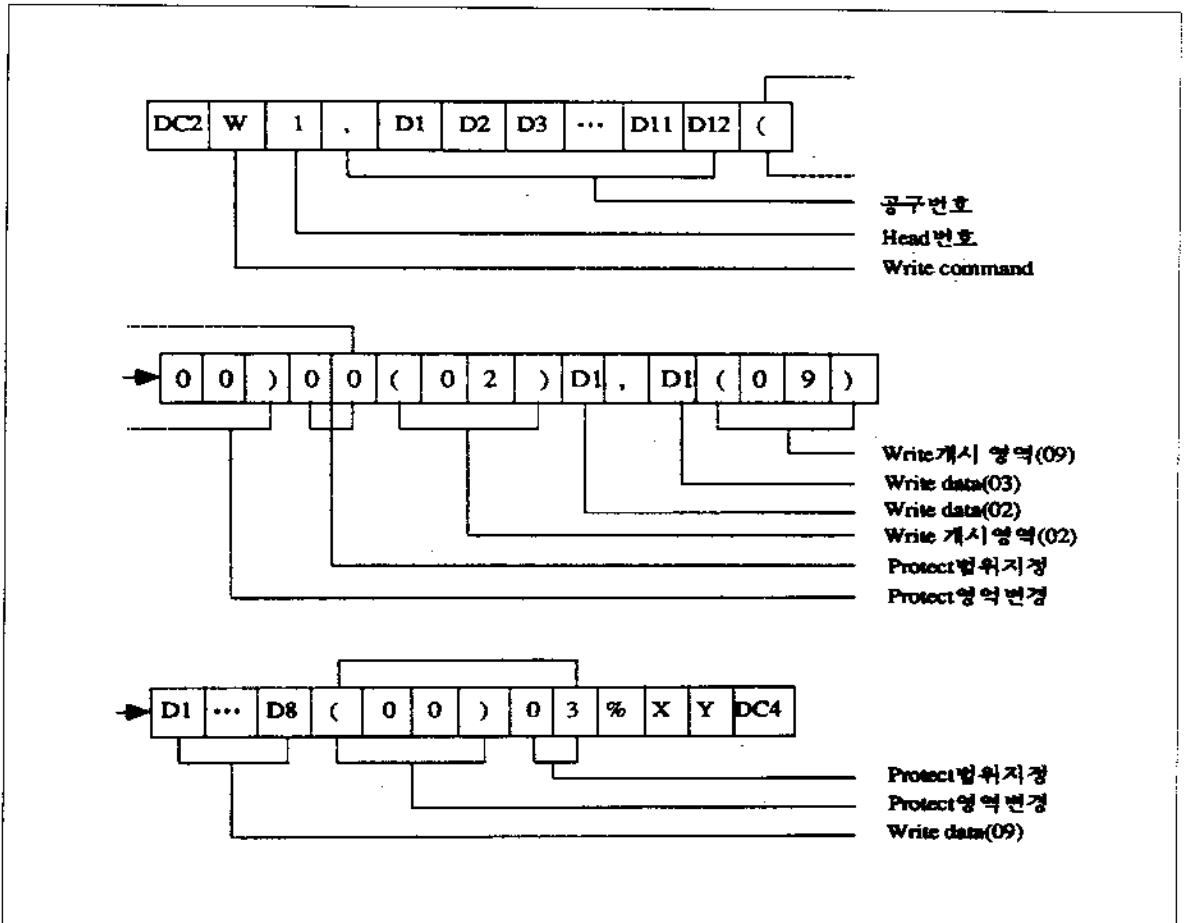
4. 결론

본 연구에서는 전자결합소자를 이용한 공구식별장치를 이용하여 열악한 환경의 기계가공공장에서 작업자의 도움없이 공구의 수명관리 및 가공정보를 관리할 수 있는 생산현장중심의 공구관리시스템을 개발했다.

개발된 시스템은 공구일반정보(공구형상, 길이, 직



(그림 5) CNC 공작기계에서 IC택의 정보전송을 위한 DC 제어



(그림 6) RS-232C를 통한 FANUC 통신 프로토콜

경, 커터재질 등)와 가공정보(공구마모량, 프리셋데이터, 절삭조건, 작업시간 등)를 효율적으로 관리하고, 공구형상을 Graphics를 이용하여 관리함으로써 공구선택시 작업자의 오류를 최소화할 수 있으며, 공작기계와 가공정보의 자동송신 및 수신이 가능하다. 공구프리셋터와는 RS-232C를 사용하여 연결되어 있고, CNC 공작기계는 RS-232C 또는 FANUC 전용프로토콜에 의해 인터페이스되어 사용 공구별 가공정보를 실시간으로 가공에 사용할 수 있다.

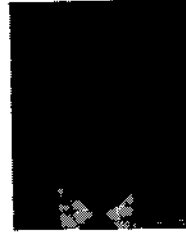
프리셋 데이터, 절삭조건, 공구수명, 공구형상 등과 같은 가공과 밀접한 공구관련 정보를 개발된 시스템에서 실시간으로 가공시스템과 사용자에게 제공할 수 있으므로 공구정보관리의 효율성 향상과 정확한 위치 관리에 의한 공구 사용횟수 회전을 향상이라는 효과를 기대할 수 있다.

【참고문헌】

- [1] F. Mason, "Computerized Cutting Tool Management", *American Machinist*, May, 1986.
 [2] Abraham Ber, et al, "Tool Management for FMS", *Annals of the CIRP*, Vol.34, No.1, 1985.
 [3] 増田 眞, "工具 ID 시스템과 工具負荷監視機能", *機械技術*, Vol.40/1, Jan., 1992.
 [4] 中島秀人, "ツ-ル ID 시스템による ト-タル工具

管理", *機械와 工具*, Nov., 1993.

- [5] 이재중, 이승우, "ID 시스템에 의한 지능형공구관리 시스템", *한국자동제어학술대회논문집*, 1994.



이재중

1985년 2월 전북대학교 정밀기계공학과 졸업(학사)

1987년 8월 한국과학기술원 생산공학과 졸업(석사)

1987년 8월~현재 한국기계연구원 자동화연구부 생산시스템그룹 선임연구원

관심분야: 시스템상태감시, 공구이상감시, 공작기계오차측정, 데이터베이스 구축 등



이승우

1989년 2월 인하대학교 산업공학과 졸업(학사)

1991년 2월 인하대학교 산업공학과 졸업(석사)

1991년 1월~현재 한국기계연구원 자동화연구부 생산시스템그룹 연구원

관심분야: 데이터베이스 구축, Computer Simulation, 시스템 감시/제어 등