

# 교육용 유연생산시스템 MASFLEX-ε의 개발

천수권\*, 김기현, 김두근

통일중공업(주)

## I. 서론

세상은 점점 더 빨라지고, 다양해지고, 복잡해지고 있다. 이는 제조업에서도 마찬가지로 최근의 기계 가공업 분야에서는 기술 및 숙련 기능 인력의 부족, 가공 품종의 다양화에 따른 SETUP 시간의 증가, 잔업 등의 문제로 인해 전체적인 기계 가동 시간의 감소를 초래하고, 또한 가공 품종의 증가는 설비 기계 대수의 증가와 직결되었다. 이러한 제반 문제들을 고려하여 투자 효과의 극대화를 위해 기계와 물류, 자동 창고, 컴퓨터 제어시스템을 하나의 시스템으로 통합한 유연생산시스템 (Flexible Manufacturing System)이 나타나게 되었다.

FMS는 생산성과 유연성의 양립을 지향한 시스템으로서의 가공, 반송, 제어 등의 기능을 유기적으로 결합한 것이다. 오랫동안 기본이 되었던 단독 기계 운영은 점점 한계를 나타내면서, 이러한 FMS가 대두되기 시작한 것이다. FMS 시스템은 생력화와 생산성의 향상, 플렉시빌리티의 확대, 품질의 균일화, 노동력 절감 등의 수많은 효과를 얻을 수 있어 근래에 들어서는 FMS가 필수 불가결한 요소로 인식되어져 기업체는 물론이고 학교에서도 학문의 한 분야로서 많은 관심을 보이고 있다. 특히 기계와 관련이 깊은 학교에서는 FMS의 중요성을 인식하고 학교 내에 FMS를 설치 하고자 하는 학교가 많이 나타나고 있다.

## II. 교육용 유연생산시스템 개발의 목적

소비자들의 다양한 욕구를 만족시키기 위한 여러 기업체들의 경쟁이 갈수록 심화되고 있는 추세에 대응하여 각 업체들의 제품 생산 방식이 단독 기계 운영의 소품종 대량생산 체제에서 다품종 소량 생산 혹은 다품종 주문생산으로 전환되고 있는 추세이다. 뿐만 아니라 근래에는 사회문제까지 야기되고 있는 3D현상 등으로 노동 인력의 수급이 점점 더 어려워지고 있으며 임금의

인상률은 해마다 높아지고 있어 이러한 문제들을 고려하여 기업의 이윤을 극대화하며 소비자들에게는 보다 우수한 제품을 공급하기 위한 새로운 생산 시스템이 필요하게 되었다.

유연생산시스템(FMS)은 다품종 중소량 생산에 있어서의 생산성 향상, 플렉시빌리티의 확대, 품질의 균일화, 정보관리의 향상 및 생력화, 생산계획의 변경 및 설계 변경 등에 의한 생산의 난조나 부품의 다양화와 옵션 증가에 대응, 생산관리 정보 시스템으로서, 매니지먼트와 직결되는 생산관리 지령에 바탕하는 운전, 생산관리 정보의 자동 수집 등의 많은 효과를 기대할 수 있는 생산 시스템이다.

유연생산시스템(FMS)의 일반적인 보급과 기술 혁신에 동반한 수치제어 방식의 CNC 공작 기계의 도입율의 상승에 대응하기 위해서는 각 기계의 요소를 충분히 이해하고 시스템화 기술 기법을 마스터할 필요가 있다. 이들의 각 수법을 학습하고 생산 공장에서 사회의 요구에 대응할 수 있는 시스템 기술자가 되기 위해서는 기초/응용/시스템화의 개념을 학습하는 교재의 도입이 급선무일 것이다.

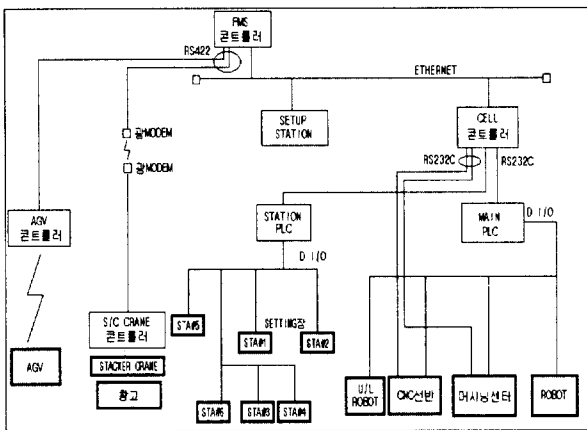
당사에서는 이러한 시대적 요구에 맞춰 관련 소프트웨어와 하드웨어 모두를 국산화한 교육용 유연생산시스템 MASFLEX-ε를 자체 개발하게 되었다.

MASFLEX-ε는 첨단 기술화가 가미된 수치제어 방식의 각종 기계 및 기기의 기초 학습에서 시스템 학습까지 폭넓게 학습할 수 있으며, 시스템의 구성 요소를 기능별로 CELL화 시켜 각 CELL별로 준비/조작/제어/통신/운용 등의 각 단계마다 실습이 가능하여 각 기계와 가공 형태의 기능, 용도까지 이해하기 쉽게 CELL 시스템화하였다.

### III. 시스템의 개요

당사에서 개발한 MASFLEX-ε의 가장 두드러진 특징은 FMS를 제어하는 컨트롤러들을 네트워크를 이용하여 시스템 컨트롤러와 각 기계의 제어를 담당하는 CELL 컨트롤러로 분할하여 각각의 정보를 분산 처리할 수 있도록 한 것이다. 이는 ① 단독 기계 운영으로 생산 방식을 채택하고 있는 기존의 업체가 FMS로 시스템을 전환하고자 할 때 혹은 ② 다품종의 제품 가공을 위해 여러 회사의 기계를 동시에 가동해야 하는 경우에 타회사의 기계 및 컨트롤러에 큰 영향을 받지 않는 이식성이 탁월한 시스템이 필요하며 ③ 새로운 시스템의 도입 또는 ④ 기존의 시스템을 확장할 경우 용이한 확장성이 필요한데 당사의 분산 시스템이 이러한 점들에 도움이 될 수 있을 것이라 생각된다.

#### III-1. 시스템의 구성



[그림 1] MASFLEX-ε의 구성도

MASFLEX-ε의 제어장치 구성은 [그림 1] 과 같다. FMS 시스템 전체를 관리하는 PC 1대(이하 FMS 컨트롤러라고 부른다), 기계들을 컨트롤 하는 CELL 컨트롤러 및 PLC, 물류제어하는 AGV 컨트롤러 및 STACKER CRANE 컨트롤러와 SETUP COMPUTER로 구성된다. 또한 기계 컨트롤러와 CELL 컨트롤러간의 DNC용 RS-232C 회선이 2회선 설치되며 CELL 컨트롤러와 MAIN PLC, Station PLC는 RS-232C로 연결되고 MAIN PLC와 기계 컨트롤러는 DIGITAL I/O로 연결된다. FMS 컨트롤러와 CELL 컨트롤러, AGV 컨트롤러

및 SETUP COMPUTER는 Ethernet으로 연결되어 명령 지시와 실적을 주고받게 되어 있다. AGV 컨트롤러 및 STACKER CRANE 컨트롤러는 FMS 컨트롤러와 RS422로 연결되고 FMS 컨트롤러 상에서 물류 관리를 한다.

#### III-1-1. 소프트웨어 구성

종류	품명	비고
OS	SCO-UNIX (SCO Open Server Enterprise System)	시스템 컨트롤러
OS	MS-WINDOWS95	CELL 컨트롤러/ SETUP COMPUTER
통신	WINDOWS NETWORK(TCP/IP)	정보교환

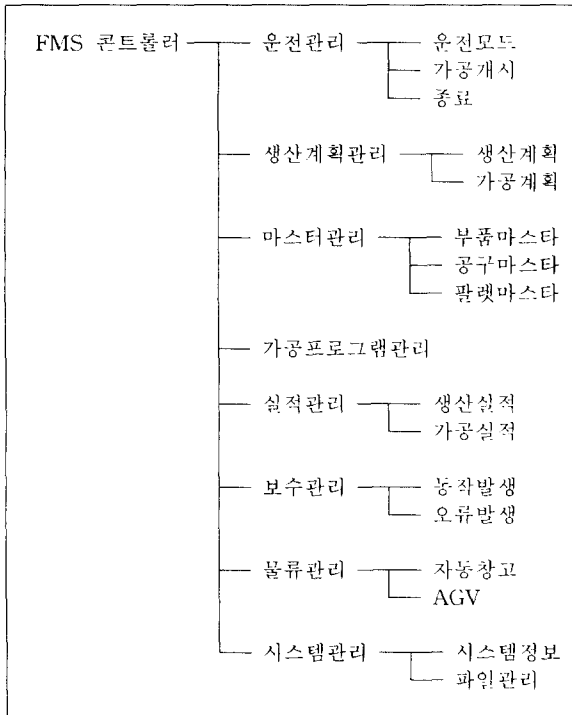
#### III-1-1-1 소프트웨어 구성도

[표 1] FMS 컨트롤러 소프트웨어 구성도

APPLICATION	
NFS	MOTIF
TCP / IP	XWINDOWS
SCO - UNIX	

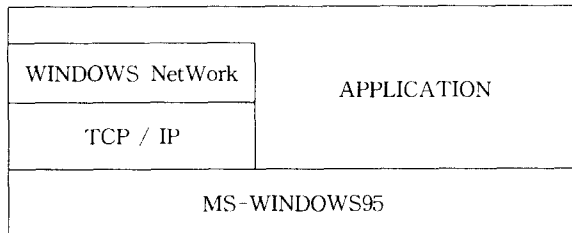
FMS 컨트롤러는 CELL 컨트롤러가 보내 온 정보를 통합하여 제어하고 있으며, 수동/자동 운전과 Real-time Control이 가능하다. 가공 장비 및 자동창고의 상태, 각 제어시스템을 유저가 손쉽게 모니터링 할 수 있다. 메인 메뉴에는 가공물의 실질적 가공에 사용되는 NC-Program을 편집 및 관리하는 가공프로그램 관리, 생산실적과 가공장비의 가동률을 관리하는 실적관리, 물류 흐름과 SYSTEM의 오류를 관리하는 보수 관리 자동창고의 부품과 팔렛(PALLET)을 관리하는 자동창고 관리, 시스템의 공정을 제어하는 시스템관리가 있다. 특히 생산계획관리는 ORDER, MACHINE, PROCESS, PALLET 등 생산을 위한 모든 상황을 고려한 Dynamic Scheduling이 가능하다.

[표 2] FMS 컨트롤러의 기능

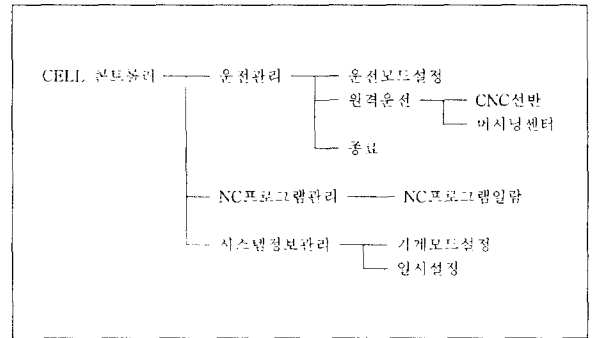


FMS를 구성하고 있는 CNC 선반, 머시닝 센터와 같은 일련의 장비들을 CELL이라 한다. CELL 컨트롤러는 각 CELL을 사용자가 임의적으로 관리할 수 있는 기능을 가지는 제어기이며 가공 장비군 즉, Hardware 만을 관리하는 제어 시스템이다. 이는 FMS 컨트롤러보다 더 상세한 정보를 제공하며 FMS 컨트롤러와 통신하여 CELL 컨트롤러가 제어하는 가공장비군의 상태정보를 전송한다. 각 머시닝 센터와 CNC 선반의 상태를 실시간 모니터링 할 수 있으며 팔렛정보 로봇의 상태 또한 모니터링 할 수 있다.

[표 3] CELL 컨트롤러 소프트웨어 구성도

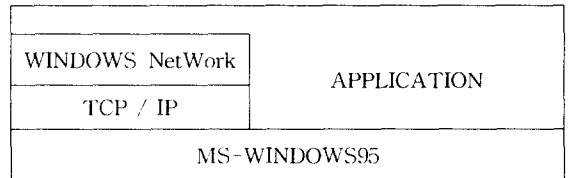


[표 4] CELL 컨트롤러의 기능

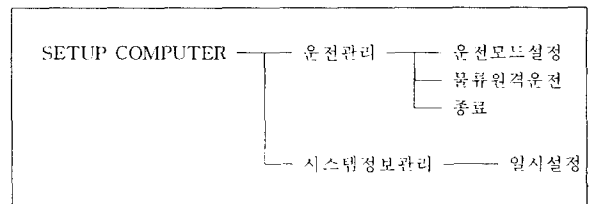


FMS를 구성하고 있는 CNC 선반, 머시닝 센터, 자동창고, 무인 운반차(AGV) 등과 같은 일련의 장비들은 가공하거나 운반, 입/출고와 같은 작업을 수행하기 전에 작업의 기반이라 할 수 있는 SETTING을 하여야 한다. 이러한 일의 수행은 SETUP COMPUTER가 한다.

[표 5] SETUP COMPUTER 프트웨어 구성도



[표 6] SETUP COMPUTER의 기능



### III-2.시스템의 운용

FMS 시스템의 운용은 시스템의 전반적인 흐름(FLOW)를 따르는 것이 가장 중요하다고 할 수 있으며, 이는 곧 시스템의 수행능력과도 깊은 관련이 있다.

### III-2-1 일정계획의 정의 및 수립

본 교육용 FMS의 설비 일정계획 (machine scheduling) 문제는 general job shop scheduling problem으로 모형화가 가능하다. General job shop scheduling 문제는 K 개의 기계와 N 개의 job이 있을 때, job이 M 개의 공정 (operation)을 각각 K 개의 기계에서 수행할 때 발생하는 일정 계획 문제로서, FMS 뿐만 아니라 일반적인 제조 시스템의 일정계획에 많이 사용되는 기법이다. 일반적으로 job I의 공정 j가 기계 k에서 수행될 경우, 하나의 공정은 (i, j, k)로 표시되며, 하나의 일정계획(schedule)을 표현하기 위해서는 Gantt chart가 널리 사용된다. Gantt chart에서 블록 한 개의 길이는 그 공정의 공정 시간을 의미한다. 만일 두 개의 공정이 동시에 같은 기계에 할당되지 않은 일정 계획이라면 이를 feasible schedule이라 한다. 일정계획에 대한 입력으로는 각각 공정시간 데이터와 공정 routing(경로) 데이터가 필요하다.

논리적으로는 주어진 job shop scheduling 문제에 대하여 무한개의 feasible schedule이 존재한다. 따라서 무엇이 좋은 일정계획인가에 대한 판단 기준으로서, 일반적으로 설비의 유휴 시간 (idle time)이 사용된다. 이는, 설비가 작업을 하지 않는다는 것은 설비의 가동률(utilization)의 측면에서나, 또는 해당 공장의 생산성 측면에서도 바람직하지 않기 때문이다. 따라서, 일정계획은 각각의 기계에서의 유휴시간이 최소화되도록 블럭들이 왼쪽으로 이동되도록 조정되는 것이 바람직하며, 이를 local left-shift라고 한다. 만일 주어진 일정계획에서 어떠한 local left shift도 가능하지 않다면 이 일정계획을 semi-active schedule이라고 부른다. 반면 하나의 공정이 다른 모든 공정의 종료시간을 늦추지 않으면서 left shift될 수 있다면 이를 global left shift라 하며, global left shift가 불가능한 일정계획을 active schedule이라 한다. 모든 active schedule을 생성한다면 그 중 하나는 최적 일정 계획이라는 의미이다. 그러나, 일반적으로 active schedule의 갯수는 매우 많으므로, nondelay schedule이라는 부류의 일정 계획을 많이 사용한다. 이는 하나의 기계가 처리할 수 있는 공정이 있으면, 무조건 그 공정을 기계에 할당하는 방식으로서(intentional delay가 없음), nondelay schedule(ND)은 최적

일정을 포함할 수도 있고 그렇지 않을 수도 있다.

최적 일정계획이란 주어진 목적함수에 대한 최적성을 의미하는 것인 바, 여기서 목적함수란 예를 들어 가동률 (average machine utilization), 평균 흐름 시간 (mean flow time), 총 생산 시간 (makespan) 등을 의미한다. 개념적으로 흐름 시간이란 하나의 job이 shop에 투입되어 모든 공정을 마칠 때까지의 시간을 평균한 것이고, 총 생산시간은 주어진 모든 job을 수행하는 데에 걸리는 총 시간을 의미 한다.

본 프로그램에서 제공하는 일정계획 수립 규칙은 모두 3 가지로서, 다음과 같다.

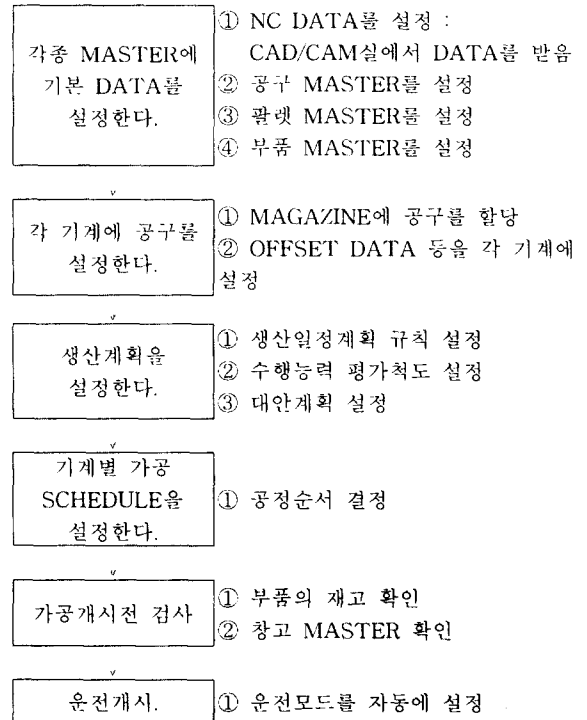
- SPT (Shortest Processing Time) rule을 이용한 휴리스틱 방법
- FIFO (First In First Out) rule을 이용한 휴리스틱 방법
- 작업우선순위 (PRIORITY) rule을 이용한 휴리스틱 방법

여기서 휴리스틱 방법이란 최적의 일정계획을 산출할 수는 없으나, 계산 속도가 빠르므로 많이 사용되는 방법을 뜻한다.

### III-2-2 시스템의 설정

시스템의 개략적인 설정 순서는 다음 [표 7]과 같다.

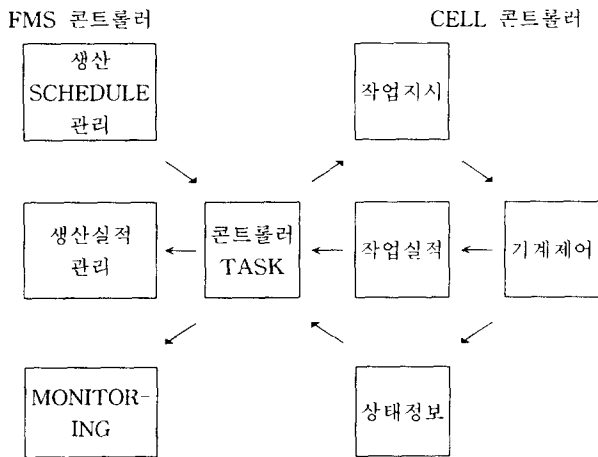
[표 7] 시스템의 설정순서



### III-2-2 시스템의 운전

시스템의 운전중 각 컨트롤러가 상호간에 주고 받는 정보의 관련성은 [표 8]에 나타난 바와 같다.

[표 8] 컨트롤러의 상호연관성

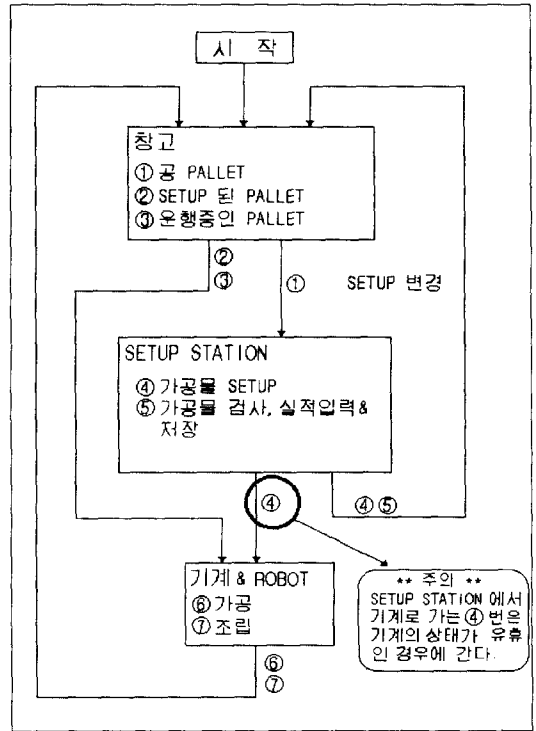


- ① FMS 컨트롤러는 생산 SCHEDULE를 생성한다.
- ② 생성되어진 생산계획은 곧 작업지시가 되고,
- ③ 이는 CELL 컨트롤러에 하달된다.
- ④ CELL 컨트롤러는 기계를 제어하여 작업지시에 의한 공정을 수행하며,
- ⑤ 수행한 결과는 다시 작업실적과 상태정보로 나누어 시스템 컨트롤러로 FEED-BACK 된다.
- ⑥ FMS 컨트롤러는 이러한 작업실적과 상태정보를 통해 생산실적 관리와 MONITORING 관리를 한다.
- ⑦ 결국은 FMS 컨트롤러와 CELL 컨트롤러의 작업지시, 작업실적, 상태정보 등의 생산정보를 공유하게 되는 것이다.

### III-2-3 PALLET 운행 CYCLE

PALLET의 운행 CYCLE은 순환적인 구조로 되어있으며 다음과 같다.

- ① PALLET의 운행은 FMS 컨트롤러의 시스템정보관리중 공정제어설정에서 결정.



[그림 2] PALLET CYCLE 운행 구조

- ② 공정제어설정의 모드값은 '0', '1', '2', '3'의 4가지가 있고, 초기 지정값은 수동모드이고, '0'으로 정해져 있다.
- ③ '0'은 SETUP STATION에 작업자가 항상 1명이 존재하며, 수동으로 SETUP-STATION-N이나 기계에서 요청이 있을 때 마다 자동창고에서 PALLET를 이송해 주며, SETUP 1회에 검사 1회를 실시한다.
- ④ '1'은 SETUP만 자동이며, 가용한 PALLET는 우선적으로 전부 SETUP시킨 후 자동창고로 되돌아 간다. 만약 가용한 PALLET가 없으면 수동으로 전환된다.
- ⑤ '2'는 검사만 자동이며, 가공되어진 PALLET는 우선적으로 전부 검사 시킨 후 자동창고로 되돌아간다. 만약 가공되어진 PALLET가 없으면 수동으로 전환된다.
- ⑥ '3'은 '1', '2'의 복합적인 모드이다. 가용한 PALLET는 우선적으로 전부 SETUP 시킨 후 자동창고로 되돌아 가고 수동모드로 바뀐다. 자동으로 설정하면 SETUP 되어진 PALLET는 전부 가공을 하고 다시 자동창고로 되돌아 오며 다시 수동 모드로 바뀐다. 다시 자동으로 설정하면, 가공되어

저장되어진 PALLET는 전부 검사 시킨 후 자동창고로 되돌아간다. 만약 가공되어진 PALLET가 없으면 수동으로 전환된다.

#### IV. 결론

국내의 교육용 유연생산 시스템의 보급이 아직은 시작 단계라 할 수 있으나 당사에서는 I공고, K공고, S공고, Y공고 등에 설치하여 성공적인 운영을 하고 있으며 각급 학교 기관에서 설치 문의가 계속 되고 있는 가운데 보다 안정적이고 우수한 시스템 구축을 위한 노력을 계속하고 있다. 현재 설치 되어 운영중인 교육용 유연생산 시스템을 보다 교육효과가 높은 시스템, 산업발전에 기여할 수 있는 시스템으로 만들기위해 보완 할 점이 있다면 NC가 더욱더 지능화 되어 각 시스템의 상황을 호스트에 송신하는 것 뿐만 아니라 고장진단 기능을 추가하여 더욱 고신뢰성의 시스템으로 발전했으면 한다. 또한 공구 교환 시스템의 설치 및 CIM과의 연결 등 교육용 유연 생산 시스템의 초기 단계를 뛰어 넘은 좀더 확장된 시스템으로 교육시스템을 구축한다면 지금까지 개발하면서 아쉬웠던 몇몇 부분들을 해소할 수 있는 시스템이 될 것으로 생각한다.