

제조 리드타임 단축을 위한 NC 가공공정에서의 실시간 모니터링 시스템 모형

- 선박용 엔진블록 가공공정을 중심으로 -

공명달*

*영산대학교 의료경영학과

A Real-Time Monitoring System Model for Reducing Manufacturing Lead-Time in Numerical Control Process - Focusing on the Marine Engine Block Process -

Myung-Dal Kong*

*Dept. of Healthcare Management, Youngsan University

Abstract

This study suggests a model of production information system that can reduce manufacturing lead time and uniformize quality by using DNC S/W as a part of constructing production information management system in the industrial field of the existing marine engine block manufacturing companies.

Under the effect of development of this system, the NC machine interface device can be installed in the control computer to obtain the quality information of the workpiece in real time so that the time to inspect the process quality and verify the product defect information can be reduced by more than 70%. In addition, the reliability of quality information has been improved and the external credibility has been improved.

It took 30 minutes for operator to obtain, analyze and manage the quality information when the existing USB memory is used, but the communication between the NC controller computer and the NC controller in real time was completed to analyze the workpiece within 10 seconds.

Keywords: production information system, reduce, manufacturing lead time, DNC, marine engine block, real time

1. 서론

오늘날 제조 기업들을 둘러싼 치열한 경쟁 상황에서 지속적인 경쟁우위를 확보하고 수익성을 올리는 데 가장 중요한 요소는 제품의 품질 향상과 생산성을 제고시키는 것이다.

이를 위해서는 생산 자동화 시스템을 통해 현장의 모든 데이터를 발생시점에 실시간 및 자동으로 수집하고

제공하여, 현장의 생산 및 품질 현황을 즉시 파악하며 이를 생산계획, 설비관리 및 품질관리에 반영하는 것이 필수적이다.

뿐만 아니라 제조공정의 가공시간 및 품질산포를 줄여서 품질이 균일한 제품을 생산하기 위하여 가공기의 예측시간관리 기법의 활용과 더불어 공정의 자동화가 필요하다.

제조업의 생산현장에서는 아무리 동일한 공정에서

† 이 논문은 2018학년도 영산대학교 교내연구비의 지원에 의하여 이루어진 것임

† Corresponding Author : Kong, MyungDal, 288, Junam-ro, Yangsan-si, Gyeongsangnam-do, Republic of Korea M-P : 010-9488-9245, E-mail: mdkong@ysu.ac.kr

Received Aug 28, 2018; Revision Received Sept. 18, 2018; Accepted Sept. 27, 2018.

같은 설계와 기계, 원자재 및 작업자에 의해 만들어진 제품이라 하더라도 그 품질에는 산포나 변동이 생기게 된다. 이러한 공정의 품질변동을 측정하고 변화하는 데이터를 수집하기 위해서 기존 제작사의 고가의 전용 소프트웨어를 구매하여 운용해 오고 있는 실정이다.

그렇지만 아직도 많은 기업들은 NC 가공기의 해외 컨트롤러 제조사의 인터페이스 제약조건 파악의 어려움으로 가공작업시간을 예측을 작업자에 의존하여 관리되고 있다. 작업자의 스핀들 회전수를 조작하여 작업 시간을 늘리거나 줄일 수도 있는데 이를 관리 하는데 많은 어려움을 가지고 있다.

이러한 문제점들을 개선하기 위하여 본 연구에서는 컨트롤러(controller)의 제조사에서 제공하는 라이브러리(library)를 기반으로 데이터의 패턴 구조와 NC 가공기의 가공정보를 조합하여 가공 예측시간을 실시간으로 파악하고, 이들 NC 가공공정 중 특히 컨트롤러 가공정보와 NC 가공 정보를 인터페이스 장비를 통하여 직접 데이터를 수집하여 일일 기반으로 가공 예측 시간을 실시간으로 모니터링 및 관리함으로써 제품의 제조 리드타임을 단축시키고 생산성 향상과 품질의 정도를 향상시킬 수 있는 시스템 모형을 개발하여 제안하고자 한다.

2. NC 관련 기술동향

2.1 NC 개요

NC 기계는 작업지시용 프로그램인 NC 프로그램의 작업지시에 따라 가공물을 직접 가공하거나 처리하는 것이다.

CNC(computer numerical control)는 각 기계의 NC 기능을 수행하기 위하여 전용컴퓨터를 이용하며, 소형 컴퓨터가 한 NC 공작기계를 직접 제어하여 작업을 수행하는 방식이다. NC 공작기계는 가공의 자동화, 가공소요시간 단축, 정밀도 향상, 유연성 등의 장점으로 인하여 점차 응용범위가 확대되고 있다[1].

DNC는 NC 프로그램들을 저장한 주기억장치가 있는 중앙컴퓨터를 많은 공작기계와 네트워크를 통하여 연결한 것으로, NC 정보를 실시간으로 각 기계에 전달하여 제어하는 방식이다.

2.2 관련 연구현황

NC 관련 연구를 보면, 남성호 등[2]은 공작기계 제

어장치와 모니터링 시스템 사이에 인터페이스 부분을 독립시켜 이기종 제어장치의 종류에 관계없이 공통의 시스템으로 대응 가능한 개방형 CNC 모니터링 시스템을 개발하였다.

이철수 등[3]은 CNC 공작기계를 이용한 가공에서 이상상태에 대한 모니터링을 위해 공구 이송위치에 따른 가공상태, CNC 인터페이스와 외부 센서 데이터를 모니터링하는 연구를 수행하였다.

윤주성 등[4]은 OPEN CNC API 를 활용한 데이터 인터페이스를 구현하고 이를 활용한 애플리케이션 프로토타입을 개발하였다.

남성호 등[5]은 공장 내 CNC 기계의 실시간 에너지(소비전력)를 실시간으로 수집/분석하여 기계운전 상태와 연동하고 실시간 에너지 소비패턴을 온라인으로 모니터링 할 수 있는 시스템 구조를 제시하였다.

이재원[6]은 PC 카메라를 이용하여 NC 밀링가공을 실시간으로 모니터링 할 수 있는 방안을 고찰하였다.

박광렬 등[7]은 제조업체에서 사용하는 NC기계의 상태를 모니터링하고 각 상태에 따라 위험 상황을 판단해 주는 안전검사 시스템의 원형(prototype)을 제안하였다.

박병희 등[8]은 머시닝센터에서 가속도 센서로 측정된 진동데이터를 3단계로 분류할 수 있고, 사용자에게 공구 마모단계를 확인할 수 있는 가속도센서를 스핀들에 부착한 모니터링 시스템을 개발하였다.

이제필[9]은 PC기반 CNC 컨트롤러의 고속·고정도 가공을 위한 실시간 선독보간 및 NURBS 보간의 알고리즘과 방법론을 제안하였다.

본 연구에서는 범용적 인터페이스 장비를 설치하여 NC 가공데이터를 수집하였고, 작업자의 조작에 의해 가공시간 및 품질에 영향을 많이 받았으나 NC 가공기의 스핀들 타임을 모니터링하고 품질데이터를 실시간으로 수집하여 NC 가공기의 최적의 품질상태 조건을 원격에서도 모니터링 할 수 있는 시스템을 개발하였다.

본 연구에서 2개의 정보가 동시에 전달되면서 발생하는 작업의 안정성에 대한 문제는 각 NC 가공기별로 작업 순서가 작업지시에 의거 NC 프로그램이 링크되어 있다.

가공 제품별로 링크된 NC 프로그램에 따라 가공이 되기 때문에 2개의 정보가 동시에 전달될 수 없으며, 2개 정보를 동시에 전달하는 것은 가공예약을 선택하여 순차적으로 가공할 수 있다.

본 연구에서의 DNC 시스템은 기존의 방식에서 사용하는 1:1 링크 프로그램이 아니고, 1:N 프로그램으로서 NC 가공기의 스핀들 타임을 계산하여 가공 예측시간의 판단에 의한 NC 가공을 실행하는 시스템이다.

Twana Jaff and Atanas Ivanov[10]는 제조공정에

서 작업 준비시간, 작업시간 및 비작업시간과의 관계의 연구를 통하여 제조 리드타임을 단축시키는 방안을 제시하였다.

Pius J. Egbelu[11] 는 각 작업장에서의 작업량(부하량) 처리에 이용될 기계율과 단위 부하량을 결정하는 모형을 제시하여 총생산시간을 최소화하고자 하였다.

Vinod Raj S N, Dr. M .Rajesh[12]는 생산 공정에 부가적인 활동을 향상시키고 시간연구를 통하여 부가가치가 없는 활동을 제거하는 레이아웃을 재설계하여 제조 리드타임을 단축시키고 생산성을 향상시키고자 하였다.

Twana Abdlkader Husain Jaff [13]는 제조공정을 실행하고 제어하기 위하여 조사분석, 능력계획 및 핵심성과지표의 적용을 통해 리드타임을 단축시키는 신뢰성있는 기법을 제안하였다.

Marco Perona et al[14]은 납성의류 제조공정에서 작업곡선(operating curves)에 더욱 일치하는 수준에 시스템의 재공품(system's work in process)을 설정함으로써 평균 시스템 리드타임의 감소와 변동계수를 감소시키는 방안을 제시하였다.

Olivier Malek et al[15]은 기하학 및 표면 특성을 지닌 고정밀 5축 밀링을 이용하여 프로토타입(prototype) 기어의 리드 타임을 10 주에서 24 시간 미만으로 가공하는 새로운 방법을 제시하였다.

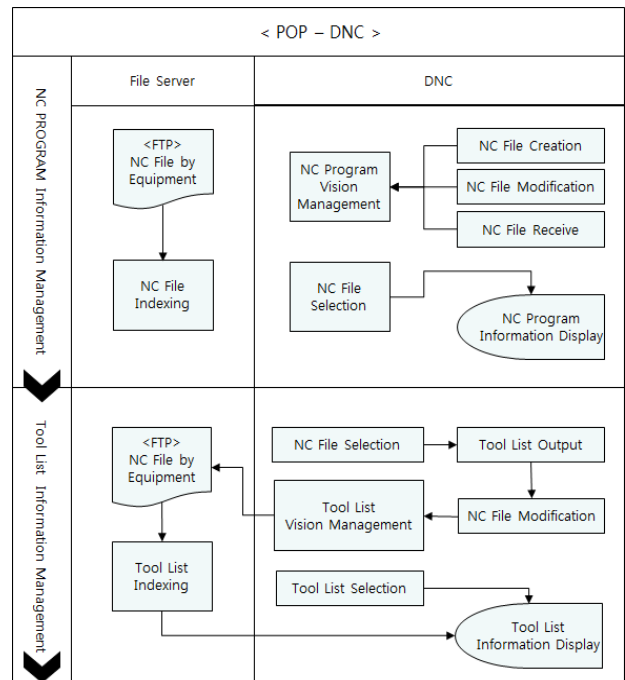
3. NC가공기 컨트롤러 인터페이스 설계

3.1 시스템 아키텍처

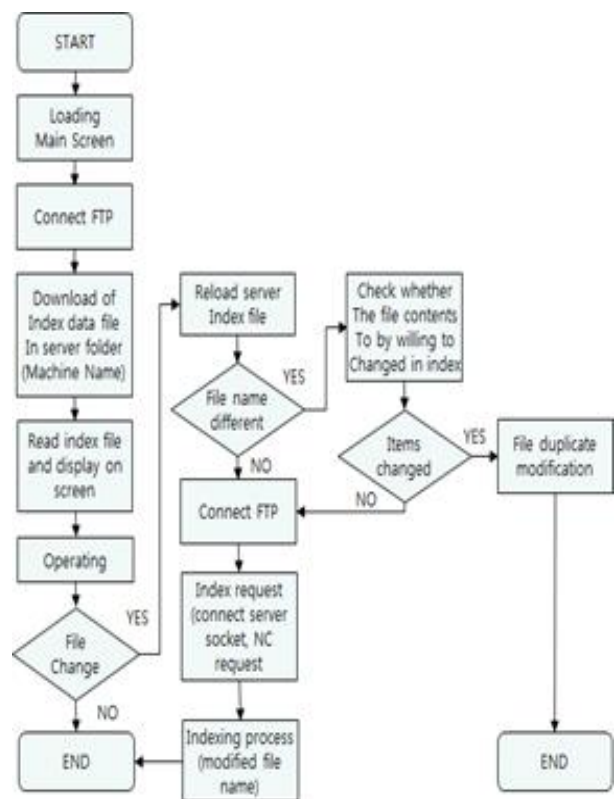
NC가공정보를 획득 및 모니터링하는 A사의 업무 흐름도는 [Figure 1]과 같다.

[Figure 1]에서 NC 가공데이터를 수집처리 순서는 생성된 NC 가공 프로그램을 NC관리 컴퓨터(POP)에 다운로드 하여 작업자가 작업 순서에 따라 선택적으로 NC 가공기에 UPLOAD하면 NC 가공기는 생성된 프로그램에 따라 가공이 시작되고, 가공된 데이터는 NC 관리용 컴퓨터(POP)에 저장된다.

NC 가공기에서 실시간으로 저장되는 품질정보를 획득하여 현장에서 품질정보를 분석하지 않고 사무실에서 필요한 정보만 가공하여 품질을 개선할 수 있는 활동을 전개함으로써 공정품질 정보를 관리 및 분석한다.



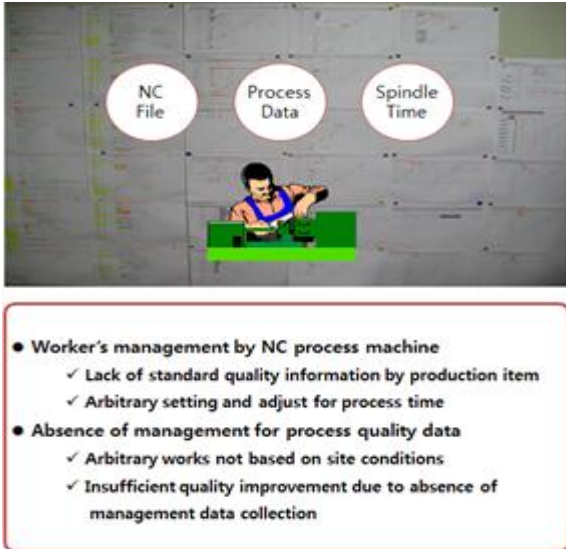
[Figure 1] Work Flow Chart



[Figure 2] System flow chart

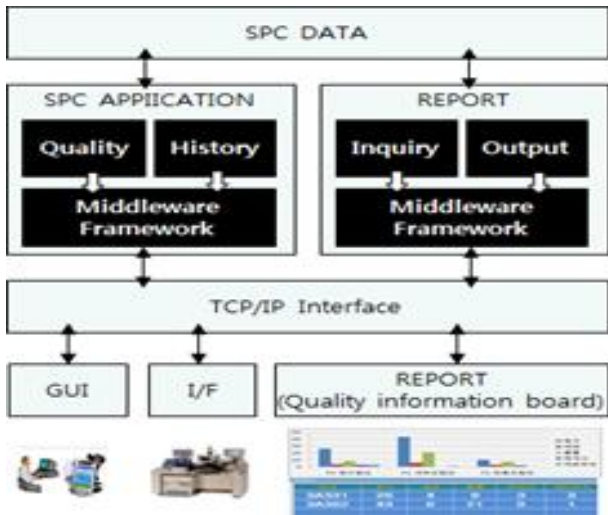
[Figure 2]는 현장 가공품질정보를 실시간으로 수집하여 품질기준정보와 비교 분석함으로써 표준완성품

기준에 부합하도록 처리하는 시스템 흐름도이다. 기존에는 가공기 제어기에서 표시되는 데이터를 작업자의 판단에 의해서 관리가 되었으나 실시간 가공품질 데이터를 수집함으로써 시스템에서 품질에 대한 기준을 판단할 수 있다.



[Figure 3] Operation by current method

A사에서는 [Figure 3]에서와 같이 제품가공 품질정보를 작업자가 USB MEMORY로 복사하여 NC가공기에 UPLOAD하여 왔다.



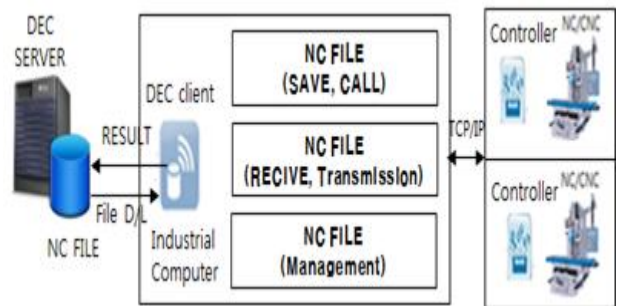
[Figure 4] Configuration by new method

[Figure 4]는 현장 가공기의 제어 컴퓨터에 저장되는 품질정보를 공정품질정보 서버와 네트워크로 연결하여 실시간으로 가공품질정보를 획득함으로써 현장의

가공품에 대한 품질 상태를 실시간으로 분석·관리 및 현장에서도 모니터링 할 수 있도록 구성되어 생산 및 품질향상에 혁신을 이루게 하는 신규시스템의 구성도이다.

관리자가 설비에 대한 작업 정보를 수집하고, 작업자가 효율적으로 작업을 진행할 수 있도록 작업시작과 작업의 완료정보 및 비가동 정보를 관리할 수 있는 시스템을 제공한다. 또한 작업자간의 전달사항 및 관리자와 메시지를 통해 실시간 통신을 제공하여 작업상의 문제점을 용이하게 해결할 수 있는 환경을 제공한다.

3.2 하드웨어 구조



[Figure 5] Hardware configuration

[Figure 5]에서는 가공기의 품질 데이터를 저장하는 제어컴퓨터에 네트워크를 연결하는 드라이브를 추가하고 NC파일을 다운받아 가공기로 UPLOAD하여 가공 데이터를 서버로 전송한다. 시스템 구축 후 작업자의 이동반경이 작아지고 데이터의 신뢰성 및 정확도가 향상되었다.

기존의 제품 가공 시 작업자는 설비의 제어 판넬에 직접 입력하거나 USB를 가지고 연구소나 생산 사무실에서 가공 제품의 해당 프로그램을 USB로 다운받아 설비에서 직접 업로드하여 가공을 하였다.

이는 작업자에 의하여 가공이 이루어져서, 휴먼에러 (human error)나 작업자의 경험에 근거하여 가공 데이터를 조작함으로써 품질에 많은 영향을 미칠 수밖에 없다.

본 연구에서는 설비에 연결된 단말기를 이용해서 서버에 저장된 가공지시를 실시간으로 다운받아 직접 설비와 인터페이스를 통하여 가공을 함으로써 휴먼에러를 방지하고 작업시간을 단축하며 제품의 기준정보에 의한 가공으로 품질향상을 기할 수 있다.

본 연구 시스템 구성에서 사용된 데이터 수집 네트워크 디바이스 사양은 <Table 1> 과 같다.

<Table 1> Basic specification of network device

Communication Method	RS232 to WiFi converter / Ethernet to WiFi converter
Protocol	IEEE802.11b/g
Antenna	2dBi dipole Antenna
Interface	RS232 1Port(Max 230,400bps, DB25-M Interface) / RJ45 Interface
Security	Security Features(IP filtering, WEP, WPA-PSK, WPA2-PSK)

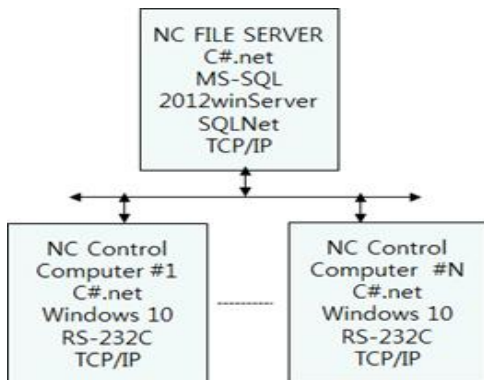
본 연구에서 사용되는 네트워크 드라이브의 특징은 기존 드라이브는 제어기에서 USB포트로 데이터를 수작업 전송을 하였으나, 본 연구에 사용되는 드라이브의 경우 2PORT(RS232, TCP/IP)를 지원하여 데이터를 빠르게 전송할 수 있는 드라이브로

내부에 멀티 코어프로세서를 채용하여 실시간으로 공정품질 서버에 전송할 수 있도록 구현하였다.

3.3 소프트웨어 설계

본 연구는 선박용 엔진블록 가공 공정의 품질정보를 실시간으로 수집하여 품질의 신뢰성을 향상시키고자 구현된 시스템으로 신속한 자료처리와 작업자에게 편의를 제공하기 위하여 NC FILE서버에서 NC FILE을 다운받아 NC가공기로 업로드한다. 이 시스템은 기존의 USB로 복사하여 업로드하는 시스템을 실시간으로 업로드하는 시스템으로 가공시간을 크게 단축하였다.

기간 프레임은 MS의 .net 2012를 사용하였으며 OS는 Windows 2010이다.



[Figure 6] Software configuration

[Figure 6]은 소프트웨어 구성도로서 가공기 제어용 컴퓨터에 가공 품질정보를 수집하여 서버에 실시간으로

로 데이터를 전송하는 통신프로그램과 수신된 품질정보를 처리하는 서버에서 운영되는 가공기 품질정보 관리용 통신 프로그램이 수집되는 데이터를 데이터베이스에 기록·저장한다.

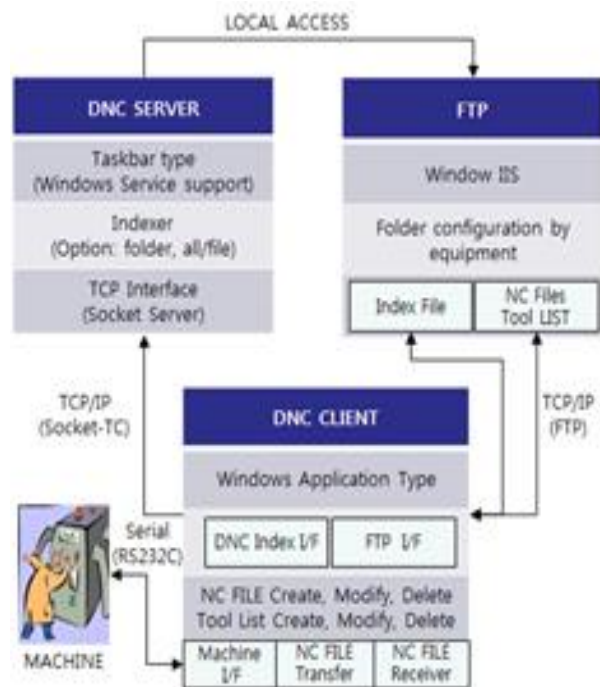
통신의 기본적인 구조는 Windows IIS(Internet Information Service)하에 TCP/IP통신이다. 소프트웨어의 주요 기능은 가공 품질정보 수집, 가공기 통신 데몬(daemon)의 상태 감시, 데이터 처리 및 공정 품질 프로그램으로 구성되어 있다.

설비의 스핀들 회전속도를 자동 인터페이스를 통하여 가공시간을 예측하고, 제품별 회전속도의 기준정보를 기준으로 제품별로 정확한 속도로 가공을 할 수 있는지를 검사 하며 실시간으로 모니터링을 할 수 있도록 구현하였다.

이것은 작업자의 조작에 의한 지연 가공시간을 방지하고 또한 제품별 표준 회전속도에 의한 가공을 함으로써 제품의 품질을 향상시킨다.

3.4 제어 프로그램

NC File 처리 프로그램인 DNC(direct numerical control) 소프트웨어와 가공품질 데이터 수집 및 모니터링 소프트웨어로 구성된 프로세스는 [Figure 7]과 같다.



[Figure 7] Control program flow chart

[Figure 7]은 가공기 NC 제어기와 공정품질정보 서버 간의 통신 구조로 가공기의 가공정보, 품질정보,

NC제어컴퓨터와 PLC 간의 통신상태 정보를 통신 데몬 프로세서에서 모니터링 하여 가공상태 정보, 품질정보 및 이벤트 정보를 NC 서버에 실시간으로 전송하는 구조이다.

```

string Util.GetOption(string optionName)
- Get option information
- Parameter
string optionName: Option name
- Return Value: string
- Used example

string machcd = COMMON.Util.GetOption("MACHCD");

bool Util.CheckFTPFile(string uri, string uid, string pwd)
- Check FTP server's file or folder status
- Parameter
string uri: FTP server address
string uid: FTP server login ID
string pwd: FTP server login password
- Return Value: string
- Used example

string uri = COMMON.Util.GetOption("FTPSERVER");
string fileName1 = this.DrawingTextBox.Text + ".tif";
string uid = COMMON.Util.GetOption("FTPUID");
string pwd = COMMON.Util.GetOption("FTPPWD");
if (COMMON.Util.CheckFTPFile(uri + fileName1, uid, pwd)) {}

bool Util.DownFTPFile
(string sourceFile, string targetFile, string uid, string pwd)
- Check FTP server's file or folder status
- Parameter
string sourceFile: FTP sever's file name to download
string targetFile: FTP name included folder to download
string uid: FTP server login ID
string pwd: FTP server login password
- Return Value: bool

```

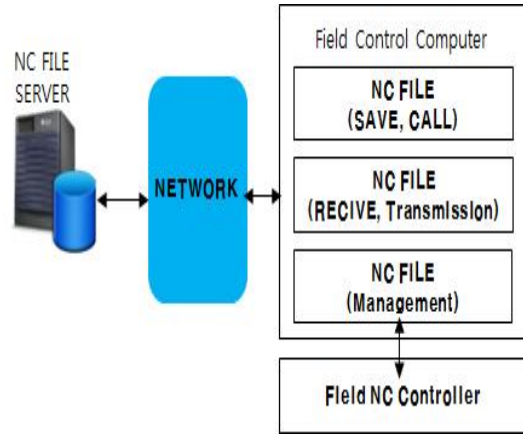
[Figure 8] Control program

[Figure 8]은 NC FILE서버로 부터 수신되는 NC 가공프로그램과 현장 제어컴퓨터와 통신 프로그램으로 가공기 상태정보 및 처리 상태, 품질정보 유효값 등을 체크하는 프로그램이다.

4. 실증적 실험 및 결과

4.1 실험장치 구성

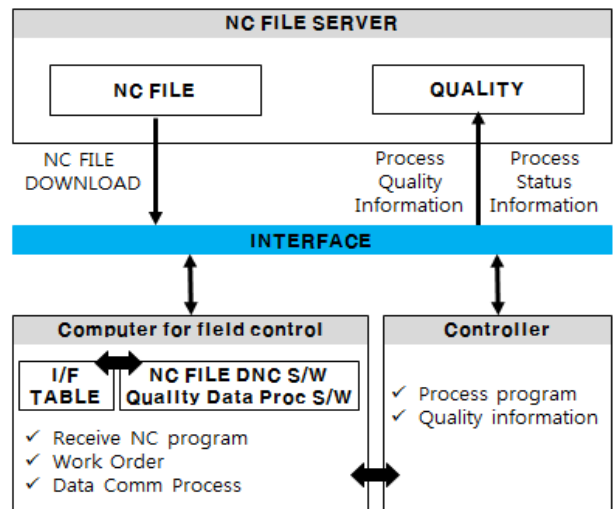
시스템의 성능과 안전성 등의 평가를 위하여 실험 장치를 [Figure 9]와 같이 구성하였다. [Figure 9]에서 NC 제어기로부터 가공정보, 품질정보를 수신하여 NC서버로 전송하는 구성이다. NC 가공기 제어컴퓨터에는 NC서버와 통신을 위한 기가비트 2PORT 멀티프로세스 네트워크 드라이브로 구성하였다.



[Figure 9] Configuration of experimental equipment

4.2 시스템 인터페이스

가공 제어기와 제어용컴퓨터, 서버 간의 데이터 인터페이스와 통신과정을 나타내면 [Figure 10]과 같다.



[Figure 10] System interface

[Figure 10]은 가공 제어기에서 제어용 컴퓨터에 수집된 품질정보를 제어용 컴퓨터에 전송을 하고, NC 가공 상태를 모니터링 하여 NC가공기의 상태 정보 및 품질정보를 서버에 전송하는 프로그램 구조이다.



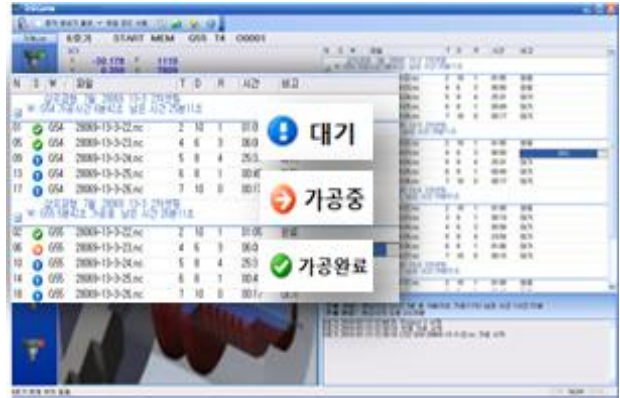
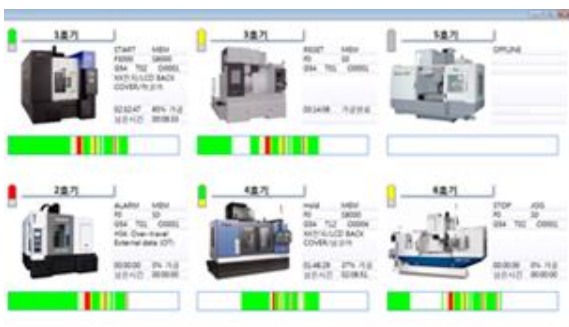
[Figure 11] Setting screen for program distribution

[Figure 11]은 프로그램 배포 시 환경설정 및 배포권한을 설정하는 화면으로 한 번 setting으로 프로그램 변경 시 자동 배포로 설정된다.



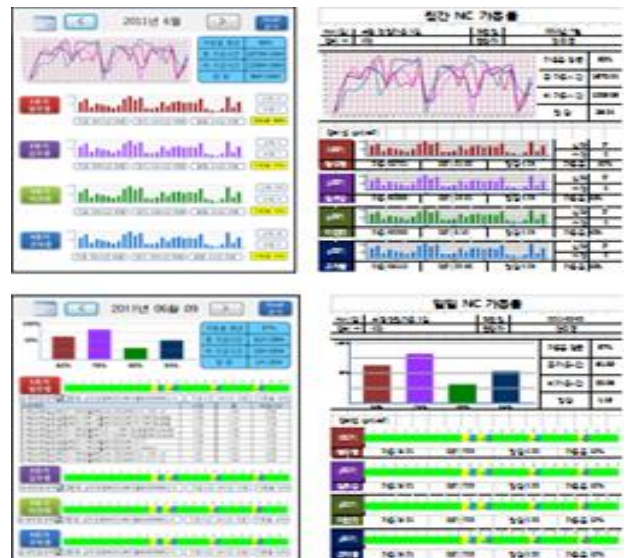
[Figure 12] Download screen of NC file

[Figure 12]는 NC 파일 다운로드 화면으로 NC 파일이 해당 제어기에 정확하게 전송이 되는지 통신상태 및 처리상태 등을 모니터링 하여 제어용 컴퓨터에 전송하는 프로그램이다. 기존의 USB로 복사하여 사용하는 작업을 개선한 화면이다.



[Figure 13] Process monitoring screen by process machine

[Figure 13]은 가공기 제어용 컴퓨터로 부터 수신되는 데이터를 통합하여 가공기별로 가공 상태정보를 실시간으로 모니터링 하는 화면이다.



[Figure 14] Quality analysis screen by process machine

[Figure 14]는 가공기의 제어용 컴퓨터로 부터 수신되는 데이터를 통합하여 가공기별 품질정보를 분석 및 관리하는 화면이다.

4.3 실험 결과

NC 서버, NC제어기, 제어용 컴퓨터 간의 실험 결과, 서버의 데이터베이스 조회와 수정 등을 비롯하여 데이터 송수신이 모두 정상적으로 처리되었으며, 데이터 품질, 송수신 속도가 양호하며 실제 업무에서 전혀 이상이 없고 만족한 결과가 나타났다.

작업자가 기존의 방식인 USB memory로 품질정보를 획득하여 분석·관리하는데 30분이 소요되었으나, NC제어기 컴퓨터와 NC 제어기 간의 통신을 실시간화함으로써 10초 내에 가공품에 대한 가공상태 정보 및 가공 품질분석이 완료되었다.

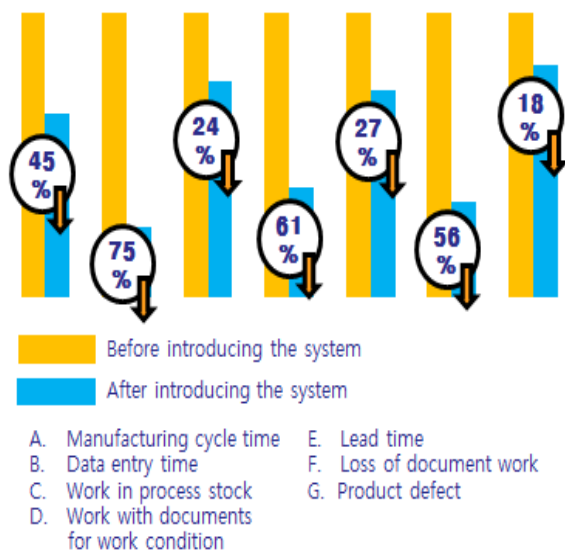
<Table 2> Main experimental results

Data processing Method	Data processing TIME	Administrative Ability
USB	30 min	50%
DNC/NETWORK	10 sec	95%

또한, 작업자 기준의 가공방식에서 제품별 기준정보에 의한 작업의 표준화로 가공을 함으로써 작업자 주관에 의한 가공을 방지하여, 제품의 품질을 향상시키고, 가공시간을 단축하고, 적시에 납품이 가능해져 대외 신인도를 향상시켰다.

작업자 기준의 가공방식의 경우 엔진블록 가공 시 스피들 타임(표준 : 1,300RPM)은 임의조작으로 인하여 800~1,300RPM이었으나, DNC 가공시스템의 스피들 타임은 1,300RPM으로 일정하였다. 평균가공시간에 있어서도 엔진블록 가공 시 작업자 기준의 경우 8시간 소요되었으나, DNC 가공시스템의 경우 6시간 소요되었다.

4.4 효과 분석



[Figure 15] Effectiveness analysis

[Figure 15]는 시스템도입 전후의 효과를 그래프로 보여주는 그림이다. 제어용 컴퓨터에 DNC S/W를 설치하여 가공품 품질정보를 실시간으로 획득함으로써 공정품질의 관리가 효율적으로 이루어지고, 이를 통하여 제조 리드타임 단축 등의 직접작업시간과 데이터 입력시간, 문서작업시간 등의 간접작업시간의 절감을 가져와 원가절감에도 기여하게 된다.

5. 결론

본 연구에서는 실존하는 선박용 엔진 블록 제조 기업을 대상으로 산업현장에서 생산정보시스템 구축의 일환으로서 DNC S/W를 이용하여 제조 리드타임을 단축시키고 품질의 균일화를 기할 수 있는 생산정보관리 시스템의 모형을 개발하였다. 그리고 향후 현장에서 공장자동화 시스템을 구축할 경우 필요한 하나의 모델로서 실제로 활용 가능한 방안을 제안하였다.

본 시스템의 개발에서 나타난 뚜렷한 효과는 무엇보다도 제어용 컴퓨터에 NC 가공기 인터페이스장치를 설치하여 가공품 품질정보를 실시간으로 획득함으로써 공정 품질에 대한 검사 시간과 제품 불량정보를 파악하는 시간을 70%이상 단축하여 제품의 제조 리드타임 단축 및 품질정보의 신뢰성 향상과 이로 인한 대외 신인도가 향상되었다는 것이다.

이를 통하여 품질 향상은 물론 생산성도 제고시킬 수 있는 효과가 기대된다. 또한 데이터 송수신 시 정확성과 자료의 이중화를 고려하여 시스템의 안전성 및 신뢰성을 확보하였다.

본 제안시스템은 선박용 엔진블록 제조 기업들뿐만 아니라 이와 유사한 공정을 가진 제조 기업들이 품질 개선 및 공정개선의 노력과 함께 NC 가공설비의 자동제어와 이와 연계한 시스템을 도입할 경우 생산성 향상과 원가절감이 기대된다. 앞으로 이 분야의 공장자동화 시스템 구축 시 DNC 방식에 의한 생산시점관리 (POP) 시스템을 구축하는 기업들이 점차적으로 늘어날 것으로 예상된다.

6. References

[1] Dictionary of Common Sense(2018), png Knowledge EngineResearch Institute, Park Moon Gak.
[2] Sung-Ho Nam et al(2008),Development of Flexible CNC Monitoring System for Machining, Korean

- Society for Precision Engineering, Autumn Conference, Vol. 2008, No. 11, pp. 17-18.
- [3] Cheol-Soo Lee et al(2014), On Machine CNC Monitoring System, Korean Society for Precision Engineering, Autumn Conference, Vol. 2014, No. 10, p. 799.
- [4] J. S. Yoon, Y. J. Choi(2014), Development of CNC Data Interface for Machining Process Monitoring, Korean Society for Precision Engineering, Spring Conference, Vol. 2014, No. 10, p. 494.
- [5] Sung-Ho Nam et al(2013), An On-Line System Architecture for Remote Energy Monitoring of CNC Machine Tools, Korean Society for Precision Engineering, Vol. 30, No. 5, pp. 480-485.
- [6] Jae-Won Lee(2003), Development of PC Camera-Based Monitoring System for NC Milling, KAIST, Master's Thesis.
- [7] Gwang-Ryeol Park et al(2004), A Development of Prototype System for Monitoring and Checking the Safety-Status of NC Machines, IE Interfaces, Vol. 17, No. 1, pp. 13-21
- [8] B. Park, C. Lee(2017), A Study on Tool Monitoring System of Machining Center, Korean Society for Precision Engineering, Autumn Conference, Vol. 2017, No. 12, p.892.
- [9] Je-Phil Lee(2001), Real-Time Algorithm of a Look-Ahead Interpolation and a NURBS Interpolation for High Speed and High Precision Machining Based on an Open Architecture CNC Controller, Chonnam National University, Doctoral Thesis.
- [10] Twana Jaff and Atanas Ivanov
- [11] (2015), Manufacturing Lead-Time Reduction and Knowledge
- [12] Sharing in the Manufacturing Sector, The Journal of Innovation Impact, Paper sdm15-068, pp. 618-629.
- [13] Pius J. Egbelu(1991), Reduction of Manufacturing Lead-Time through Selection of Machining Rate and Unit-Handling Size, Procedia CIRP, Volume 21, Issue 1, pp. 21-34.
- [14] Vinod Raj S N, Dr. M. Rajesh
- [15] (2017), Lead Time Reduction in Manufacturing Process of CNC Machines by Lean Principles, International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), e-ISSN: 2395-0056 Volume: 04 Issue: 06, p-ISSN: 2395-0072, pp. 1297-1301 .
- [16] Twana Abdulkader Husain Jaff(2016), An Analytical Investigation into Lead-Time Reduction in the Manufacturing Sector: A Study of Discrete Manufacturing in Kurdistan Region of Iraq, Brunel University, Doctoral Thesis.
- [17] Marco Perona et al(2016), Manufacturing Lead Time Shortening and Stabilisation by Means of Workload Control: An Action Research and a New Method, Journal of Production Planning & Control, The Management of Operations, Volume 27, Issue 7-8, pp. 660-670.
- [18] Olivier Malek et al(2016), Lead Time Reduction by High Precision 5-Axis Milling of a Prototype Gear, Procedia CIRP, Volume 46, pp. 440-443.

저자 소개

공명달



동아대 산업경영공학과 박사
영산대 의료경영학과 교수 재직
중
영국 서리대학교 의료경영학과
교환교수(2014. 9 ~ 2015. 8)
관심분야: MIS, 의료정보화,
병원정보시스템(HIS), ERP