

# 컴퓨터 지원의 로봇 작업 수행도 모델링에 관한 연구 Modeling the Computer Aided Task Performance of Robots

권규식\*, 최철\*\*, 김건희\*

\*전주대학교 공학부, \*\*전주대학교 공학부 대학원

## Abstract

This study deals with CARS (Computer Aided ROMUM System) which is a computer version of ROMUM (RObot Modularization of the Unit Motion). ROMUM was a method developed by the concept of modularization of the unit motion of robots. Because CARS is a computer assisted method of menu-driven type for human interface, this method can be easily applied for analyzing the work motion and measuring the execution time of robots. Therefore, it will be helpful for reducing the analysis effort and time of robot work.

## 1. 서론

로봇 작업시간을 측정하는 목적은 각각의 작업특성에 맞는 로봇을 선정함으로써 로봇의 작업능률을 최적의 상태로 유지하기 위함이다. 그러나 이러한 로봇을 평가하기 위해 투입되어야 할 시간 내지는 비용이 과도하게 소요된다면 로봇 작업시간을 측정함으로써 얻어지는 긍정적인 반응보다 손실이라는 부정적인 측면이 더 크게 나타날 것이다. 따라서 로봇 작업시간을 측정함에 있어 소요되어야 할 시간내지는 비용을 최소화 하는 것은 중요한 문제인 것이다[1]. 그러므로, 본 연구에서는 PTS (Predetermined Time Standard)기법을 응용해 개발된 여러 방법중[2], 로봇을 대상으로 개발된 ROMUM을 기초로 하여, 로봇 작업에 있어서 작업내용별로 일련의 기본동작으로 분석하고 이를 기준으로 하여 기본동작을 통합하여 규칙성 있는 단위동작으로 모듈화를 구현하여, 컴퓨터 지원 프

로그래를 개발하고자 한다. 이 프로그램은 사용자와의 interface가 강화되어 사용이 간편하다. 또한 분석 시간과 노력을 절감시킴으로써 효율적으로 표준시간을 설정할 수 있는 기법으로 개발된 ROMUM을 근간으로 하는 컴퓨터 지원 시스템을 개발하고자 한다.

## 2. ROMUM에 의한 로봇 작업 수행도 모델링

### 2.1 ROMUM의 구조

로봇 작업에 있어서 대다수를 차지하고 있는 작업은 목적물의 이동 및 조립 용접작업등이 있다. 특히, 이들 로봇 작업들의 동작형태를 분석해 보면 집어 옮기는 연속된 동작을 근간으로 하여 도장, 용접 등의 작업을 수행하게 된다. 즉, 로봇이 목표물을 향해 접근해서 이를 잡고 대상으로 하는 작업위치에서 각종 작업을 한 후, 원래의 정해진 위치에 복귀하는 것이다. 이러한 일관된 동작형태의 정형성에 기초하여 ROMUM에서는 우선 대상 목표물에 대한 실질적인 작업은 그대로 작업동작 설정하여 두고, 그 이외의 상황들에 대하여는 동작을 Reach(R), Move(M), Grasp(G), Pre-Grasp/Release (PG/PRL), Release(RL)를 기본동작으로 설정한다. 이 기본동작을 단위동작으로 모듈화하는 과정에서 기본적인 모티브로 사용하였다. 여기서, PG/PRL는 물체를 잡거나 놓기 직전에 발생하게 되는 예비동작들에 해당된다. 이것은 작업을 실시하기 위한 준비단계와 작업의 완료라 형식으로 구분하여 모든 로봇 동작을 표현하였다.

다시 말해서, 로봇이 작업을 위해 목표물에 접근해서 대상 작업위치로의 이동까지를 통해서 발생하게 되는 물체를 얻기 위한 GET 기본동작의 조합과 각종 작업이 끝난 후에 발생하게 되는 즉

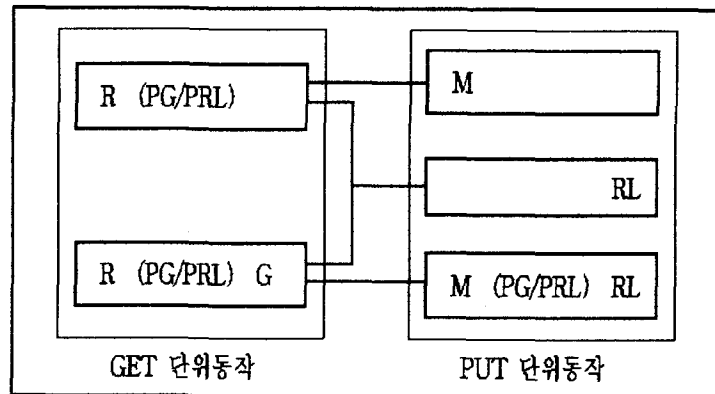


Fig.1. Structure of ROMUM

목적물을 원래의 위치에 옮겨 놓기 위한 PUT 기본동작의 조합 등의 2단계 동작형태로 설정하였다.

따라서, ROMUM은 단위동작 GET과 PUT의 동작형태를 작업의 목적과 특성에 따라 표준화하여 단위동작별로 동작모듈을 설정하고, 이 동작모듈과 동작거리별로 시간 치를 구성하였다.

이러한 여러 형태의 작업을 분류하고 표준화하여 얻은 단위동작의 모듈화 구조는 위의 그림 1과 같다.

## 2.2 단위작업의 분류

ROMUM에서 표현되는 모듈화된 단위동작은 크게 준비와 완료라는 형태의 GET과 PUT로 구분된다. 이것은 다양한 형태로 분석되었던 작업 형태를 보다 단순화하면서도 모든 작업형태를 포함할 수 있는 방법으로, GET 단위동작에는 R, PG, PRL, G등으로 구성되어 있다. 다음으로 PUT단위동작을 수행하는 작업은 전체적으로 GET 이후에 연속적으로 수행되는 작업들로 작업의 결과뿐만 아니라 GET단위동작의 결과일 수도 있다. 즉 모든 발생에 대한 결과인 것이다. PUT단위동작은 M, RL, PRL등이 있다. 이와 같이 ROMUM구조는 지극히 단순한 방법을 근간으로 하여 개발되었기 때문에 로봇 작업내용을 분류하는 것뿐만 아니라, 분석하여 결과를 도출하기에도 손쉬운 구조를 가지고 있어서 이의 사용을 위한 학습 및 숙달에 어려움이 없다. 지금까지 설명한 ROMUM은 총 12개의 단위동작을 포함하고 있는데, 4개의 GET단위동작과 8개의 PUT단위동작 구분된다.

### ■ GET 단위 동작

- GET1=R : 작업시작위치로 팔을 뺀 동작
- GET2=R+G0 : 스위치 누름 또는 용접과 같이 잡는 동작 없이 작업완료가 가능한 동작
- GET3=R+G1 : PG 동작 없이 목적물을 단숨에 잡는 상황에서 발생하는 동작
- GET4=R+G2 : 복잡한 형태의 목적물을 잡아야 하는 상황에서 발생하는 동작

### ■ PUT 단위 동작

- PUT1=M : 미는 동작같이 목적물을 잡지 않고 이동시키는 상황에서 발생하는 동작
- PUT2=RL0 : PUT1 완료 시에 발생하는 동작
- PUT3=RL2A : 쉬운 삽입작업 시 발생하는 동작
- PUT4=RL2B : 복잡한 삽입작업 시 발생하는 동작
- PUT5=M+RL0 : 물건을 밀 때 발생하는 동작
- PUT6=M+RL1 : 물건 운반 시에 발생하는 동작
- PUT7=M+RL2A : 쉬운 삽입작업 시 발생하는 동작
- PUT8=M+RL2B : 아주 복잡한 형태의 삽입작업의 형태에서 발생하게 되는 동작

위의 작업분류는 동일한 형태의 작업이라도 작업의 난이도 및 목적물의 포함여부 등에 의해 로봇 작업수행시간에 중대한 영향을 미치게 되기 때문이다.

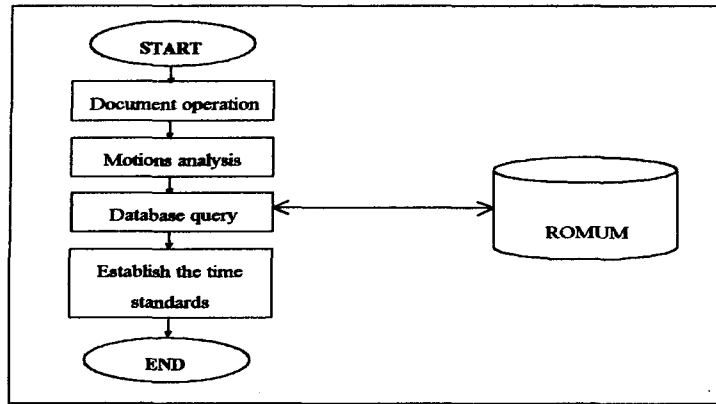


Fig.2. Flowchart of CARS

### 3. CARS에 의한 로봇 작업 수행도 모델링

#### 3.1 CARS의 개요

컴퓨터기술의 발전은 기존에 stop-watch를 이용해 수 작업으로만 측정되었던 PTS기법이 컴퓨터화 되어 자동측정 및 처리까지를 빠른 시간에 처리할 수 있게 하고 있다. 이들 시스템의 주된 목적은 수 작업으로 작업측정을 함으로써 과다하게 소요되었던 시간과 노력을 줄여 작업측정시 소요되는 제반 비용을 최소화하는 것이다. 그러나 지금까지 개발되었던 RTM, Robot MOST, 및 Robot MODAPTS기법 등은 작업을 기본동작으로 분석함으로써 관리자와 로봇작업 측정자 들에게 사이에 숙련과 분석에 많은 시간을 요구하고 있었다[3.4].

그러나 본 연구에서는 기존 연구에서와 같이 기본동작을 로봇 작업수행시간측정을 위한 단위로 사용하지 않고, 로봇의 작업내용에 따른 기본동작을 규칙성 있는 단위동작으로 모듈화한 작업측정기법을 기반으로 하여 사용에 있어 간편성 및 소요시간의 감소를 가능하게 하였다. 더욱이 이를 가능하게 한 ROMUM을 컴퓨터지원 system으로 CARS를 개발하여 보다 효율적인 로봇작업 측정이 실현될 수 있도록 하였다. 산업현장에서 로봇에 의해 수행되어지는 작업을 측정하는데 있어서 CARS는 기존 로봇의 각 관절의 운동단위에 의한 기본 동작으로 분석하여 실시하지 않고, 대상 작업을 ROMUM의 단위 동작모형과 동작 거리로

선택하여 시간을 산출하는 방법을 사용자 위주의 시스템으로 구성하기 위해 menu-driven 형태로 구축하였다. CARS 프로그램의 흐름도를 살펴보면 그림 2에 표시한 것과 같이 문서작업에서부터 로봇작업 시간치 분석에 이르기까지 전반적인 내용을 통합하여 처리할 수 있도록 설계하였다. 이것은 ROMUM이라는 Data base와의 정보 공유를 통해 분석자에게 보다 간편하면서도 빠르고 정확하게 분석내용의 제시가 가능하게 된다. Data base에 포함되는 정보내용들은 위에 제시한 module화된 GET 및 PUT작업에 대한 로봇이 수행하는 시간치가 포함되어 있다.

#### 3.2 CARS의 적용사례

CARS의 실전분석을 위해 연구용으로 개발된 SCORBOT-ER V를 이용, 그림 3과 같은 삼입작업의 배치를 통해서 CARS를 적용시킨 작업 사례를 다루게 된다. 위의 그림같이 로봇의 작업은 3단계로 구분되어 수행되게 된다.

- 1) Start position으로부터 5cm 떨어져있는 base를 집어서(①), table의 점선으로 표시된 작업위치로 30cm 만큼 이동하여 놓는다(②).
- 2) 작업위치에서 20cm 떨어진 peg를 집어(③) base에 삽입한다(④).
- 3) Start position으로 돌아오는(⑤) 3단계의 연속 작업으로 이루어진다.

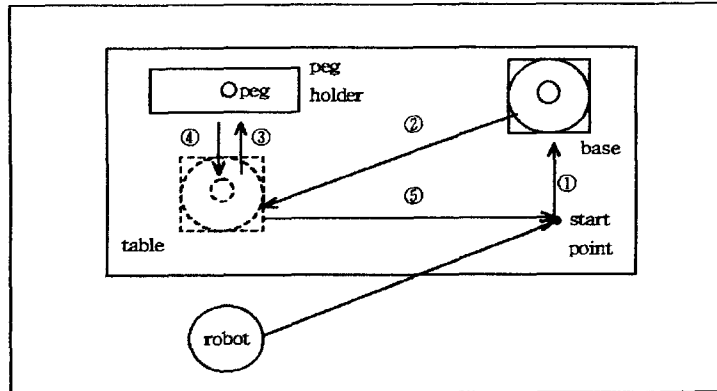


Fig.3. Layout of Insertion Task

이러한 3개의 연속된 작업은 최초에 작성된 문서작업이 완료된 상태에서 동작분석을 통해 작업의 시작과 완료라는 형식의 GET과 PUT작업으로 구분 분류하여 전체적으로는 ROMUM 구조를 따르게 된다. 이러한 ROMUM구조로 분석된 내용들은 CARS에의 적용을 가능하게 하는 기본적인 정보로서, 이러한 정보를 통해 로봇 작업수행시간을 산출할 수가 있다.

CARS로 로봇작업을 분석하기 위한 초기화면을 그림 4에 제시하였다. CARS가 갖는 메뉴기능은 여타의 컴퓨터프로그램이 갖는 기본적인 기능들을 포함하면서 ROMUM의 구조를 컴퓨터화면에 제시하여 전체적인 작업의 흐름을 한눈에 파악 선택할 수 있는 구조를 갖도록 하였다. 여기에 포함된 내용들은 작업내용을 입력할 수 있는 창과

초기작업완료 후에 다음진행을 선택할 수 있는 버튼 및 여러 기능버튼 들로 구성되어 있다.

다음으로 그림 5는 GET Type작업을 입력하는 창으로 로봇 작업수행시에 이동하게 되는 이동거리를 입력하게 된다. 이것은 이동속도 및 거리에 따라 작업수행시간이 영향을 받게 되기 때문이다. 또한 예비 잡기의 유무 및 목적물의 두께 등도 로봇 작업시간에 영향을 미치게 되므로 이 또한 고려하여 모든 변수를 선택할 수 있도록 하였다. 앞의 설명에서 제시한 것과 같이 초기 화면에 작업내용을 기입하고 GET 단위동작의 동작형태에 맞는 동작모듈을 선택하고 GET 단위동작의 이동거리, 예비동작의 발생유무, 잡기 형태, 목적물의 두께 등을 선택하고, PUT 단위동작에서 발생하는 동작모듈을 선택하여 PUT 단위동작의 이동거리,

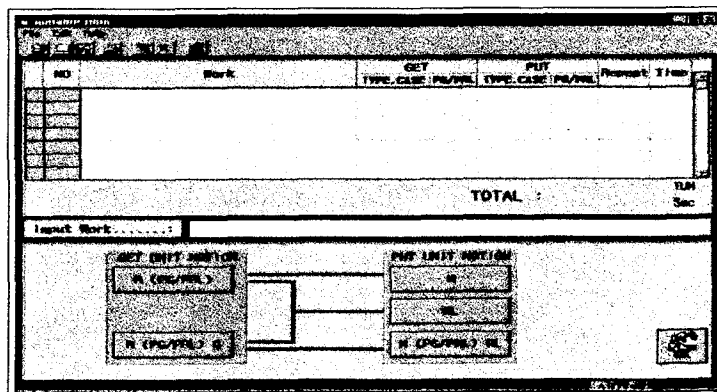


Fig.4. Screen of First Work

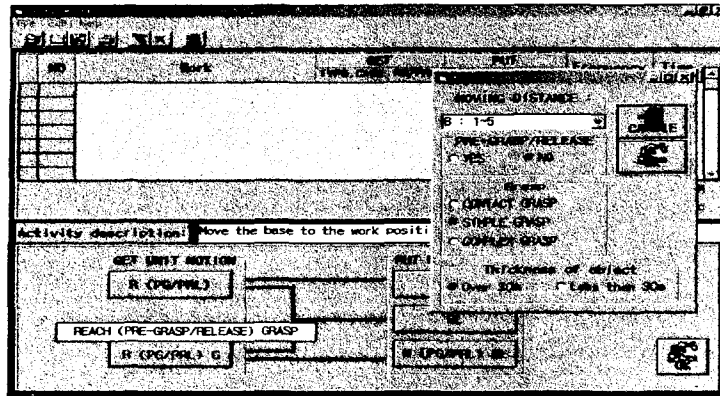


Fig.5. GET Type Working

예비동작의 발생유무, 놓기 형태, 목적물의 두께, 목적물의 무게를 설정한 후, 작업내용의 반복횟수 등의 입력을 완료하고 난 후의 작업시간측정에 대한 마지막 결과를 그림 6에 제시하였다.

#### 4. 결론

Robot Ergonomics를 추구하는 목적은 각 로봇의 기능적 특성을 분석하고 파악함으로써 보다 적절한 작업현장 배치를 통해 기업의 이윤을 극대화 하고자 하는 목적이다. 이를 위해 본 연구는 Robot Ergonomics를 추구하기 위한 방법론에서 로봇이 작업을 수행하는 동작을 모듈화 하여 집합체로 이해하고 추가적으로 동작거리 및 목적물의 유형에 따라 로봇 작업수행시간을 도출해낼 수 있

도록 하였다. 이를 통해서 작업의 유형 및 형태에 따라 적절한 종류의 로봇을 배치할 수 있는 알맞은 현장에 배치할 수 있게 될 것이다.

ROMUM에 적용된 알고리즘뿐만 아니라 CARS의 사용에 있어서도 menu-driven 형태로 구축되어 Human-Computer Interface적인 측면에 이르기까지 그 기능을 다할 수 있도록 설계되었다. ROMUM의 컴퓨터 버전인 CARS를 산업현장에서 적용하여 작업특성별로 로봇 작업수행시간분석에 적용할 경우 분석 자들과 현장간의 이질감이 최소화 될 것으로 보인다. 또한 측정 및 분석시간에 있어서도 기존에 제안된 다른 여타의 기법과 비교해 볼 때 보다 빠르고 정확한 결론에 도달할 수 있을 것으로 기대된다.

The screenshot shows the results of the CARS analysis. It features a table with columns for 'NO', 'Work', 'GET', 'PUT', 'Number', and 'Time'. Below the table, a 'TOTAL' row shows a sum of 872 for 'RUN' and 8.12 for 'Sec'. At the bottom, a flowchart is visible, similar to the one in Fig. 5.

NO	Work	GET	PUT	Number	Time
1	Move the base to the work position	GET30 NO	PUT3E NO	1	285
2	Insert a peg into the base	GET3D NO	PUT7D NO	1	322
3	Insert a peg into the base	GET1E NO		1	185
<b>TOTAL</b>				<b>872</b>	<b>8.12</b>
				<b>RUN</b>	<b>Sec</b>

Fig.6. Result of CARS

### 참고 문헌

- [1] Nof, S.Y., "Ergonomics", In: R.C. Dorf(Ed.), International Encyclopedia of Robotics, pp.443-451, John Wiley & Sons, New York, 1988.
- [2] Barnes, R.M., "Motion and Time Study", Design and Measurement of Work, pp.361-389, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [3] Nof, S.Y. and Lechtman, H., "Robot Time and Motion System Provides Means of Evaluating Alternate Robot Work Methods," Industrial Engineering, April, pp.38-48, 1982.
- [4] Wygant, R.M., "Ergonomics, Robot Selection" In:R.C.Drof(Ed), International Encyclopedia of Robotics, pp.462-477, John Wiley & Sons,New York, 1988.