

선택적 분석기법에 기초한 로봇 작업측정 (Robot work measurement based on selective analysis method)

권 규 식*, 김 진 선*

Abstract

본 연구에서는 일반적으로 생산 현장에서의 로봇 작업이 "getting"과 "putting"의 동작으로 구성되는 것에 기초하여 이들 동작을 분류·표준화하여 2단계의 단위동작 (GET, PUT)별로 여러 가지의 모듈을 설정하고, 동작거리별로 표준시간을 산출하는 기법을 다룬다. 즉 기존의 로봇 작업측정법이 작업을 기본동작으로 분석하는 것과는 다르게 시간의 변동요인인 모듈의 Type과 동작거리의 Case를 선택함으로써 표준시간을 설정한다.

1. 서론

로봇의 수행도 측정을 위한 작업측정은 작업환경 하에서 로봇 측면과 관련된 연구와 분석을 실시하는 Robot Ergonomics의 분야[1]로서, 그 근본적인 목적은 로봇 생산성의 척도인 표준시간을 정확히 설정하는데 있다. 이러한 로봇의 표준시간을 설정하는데 있어서 작업현장에서 로봇을 조작하여 그 작업 수행 시간을 산출해내는 방법은 매 작업측정시 소요되는 로봇의 준비작업과 새로운 프로그램의 작성시간 및 시행착오적인 로봇 조작으로 인하여 과다한 시간 그에 따른 에러율의 증가가 발생한다. 이러한 단점을 보완하기 위하여 작업 또는 작업 방법을 분석하고, 각 기본동작에 대하여 그 성질과 조건에 따라 미리 정해진 시간을 사용하는 방법인 PTS (Predetermined Time Standards)법[2,3]을 이용하여 여러 로봇 작업측정법이 개발되었다. PTS법의 장점은 작업의 동작 형태를 사전에 알 수 있다면, 작업에 대한 표준시간을 실제 작업현장이 아닌 연구실에서도 산출할 수 있는 것이다. 로봇 작업측정법은 로봇의 동작을 몇 개의 기본동작으로 나눈 것에 기초함으로써 로봇의 사이클 타임을 미리 예측하기 위한 RTM (Robot Time and Motion)법[4-6]과 동일한 작업에 대해 인간조작자와 로봇의 수행 시간을 비교할 수 있도록 개발된 ROBOT MOST (Maynard Operation Sequence Technique)법[7,8]이 있다. 또한, 로봇의 각 관절의 기능 분석을 통해 동작을 분석하는 ROBOT MODAPTS (MODular Arrangement of Predetermined Time Standards)법[9,10]등이 있다.

이상의 작업측정법은 Methods Time Measurement (MTM)법과 같이 작업을 기본동작으로 분석함으로써 그 기법의 적용에 분석, 측정, 판단, 합성 등과 같은 전문적인 지식과 경험을 필요로 하기 때문에 전문적인 교육과 일정 기간의 경험을 갖춘 전문 요원에 의해서만 수행이 가능하였다.

따라서, 로봇의 동작분석시 나타나는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 연구에서 설정된 시간변동요인인 모듈과 동작거리를 선택함으로써 표준시간을 설정하여 기존의 분석적인 방법의 작업측정법보다 사용의 편의성을 향상시키고 분석의 비용 및 오류 등을 감소시킬 수 있는 ROMUM(ROBOT Modularization of the Unit Motion) 방법론을 제시하고자 한다.

* 전주대학교 산업공학과

2. ROMUM의 구조와 기본동작

일반적으로 생산 현장에서의 로봇 작업은 작업의 종류와 특성 및 공정 작업의 설계에 따라 극히 제한되고 대부분 중복 또는 반복되어 사용되기 때문에 대부분 "getting"과 "putting" 동작의 형태로 분류할 수 있다. 따라서 로봇 작업 (Robot Tasks)에서 집어 옮기기 (Pick and Place), 물자이송 (Material Transfer), 조립작업 (Assembly), 용접작업 (Welding)의 영역을 대상으로 대표적인 작업의 동작 형태를 분류·표준화하여 얻은 모듈화의 구조는 다음 그림 1과 같다.

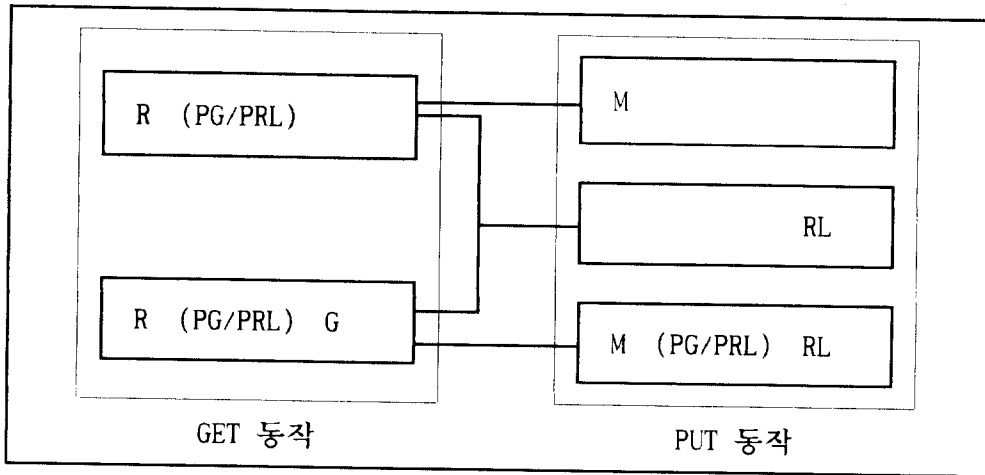


그림 1. 모듈화의 구조

표 1은 GET 동작, PUT동작의 모듈을 설정하기 위해 ROMUM에서 사용되는 10개의 기본동작을 나타낸 것이다. 여기서 기본동작은 다음 4개의 주요한 그룹으로 나누어진다.

그룹 1

이동동작 (Transport)은 접근과 운반으로 구분된다. End effector의 위치를 바꾸기 위해서 실시되는 이동을 접근 (Reach:R)이라고 한다. 이동이 물체의 위치를 변경하기 위해서 또는 이동 중에 필요한 작업을 하는 것을 본래의 목적으로 해서 실시될 경우 이것을 운반 (Move:M) 이라고 한다.

이동동작 시간에 영향을 미치는 주요인자와의 관계를 함수로 표시하면 다음과 같다.

$$\text{Transport_time} = f(\text{Transport_distance})$$

이동거리(Transport_distance)는 목적물의 초기위치와 목적지 사이의 거리이며, End effector의 이동거리이다.

그룹 2

잡기동작 (Grasp:G)은 1개 또는 복수의 물체에 접촉하고 이것을 그 로봇의 통제하에 두는 동작이다.

표 1. ROMUM의 그룹별 기본동작

그룹	기본 동작		기호
1	이동 동작	접근(Reach)	R
		운반(Move)	M
2	잡기 동작	접촉형 잡기(Contact grasp)	G0
		단순형 잡기(Simple grasp)	G1
		복잡형 잡기(Complex grasp)	G2
3	예비 동작	예비(Pre-grasp/release)	PG/PRL
4	놓기 동작	접촉형 놓기(Contact release)	RL0
		단순형 놓기(Simple release)	RL1
		단순 삽입형 놓기(Simple insert release)	RL2A
		복잡 삽입형 놓기(Complex insert release)	RL2B

$$\text{Grasp_time} = f(\text{Grasp_shape}, \text{Part_size})$$

잡기동작은 시간에 영향을 미치는 잡기형태 (Grasp_shape)에 따라 접촉형 잡기 (G0), 단순형 잡기 (G1), 복잡형 잡기 (G2)로 나누어진다. G0는 End effector를 접촉시키는 것만으로 목적물을 완전히 통제하에 둘 수가 있을 경우의 동작이고, G1은 단일 목적물로서 손가락을 한 번 합치는 동작으로 잡을 수 있는 경우의 동작이다. 그리고 G2는 단순히 손가락을 한 번 합치는 것만으로써 행할 수 없는 복잡잡기로서 목적물이 난잡하게 놓여져 있는 더미 중에서 1개를 잡는 동작이다. 또한 목적물의 크기 (Part_size)는 잡기동작 시간에 영향을 미친다. 예를 들어 크기가 작은 목적물일 때 큰 목적물보다 잡기동작 시간이 더 소요된다.

그룹 3

예비동작 (Pre-Grasp/Release; PG/PRL)은 Grasp 동작 전에 End effector의 위치를 변경하거나, Release 동작 전에 물건의 방향을 바꾸어 Grasp과 Release동작에 편리하도록 하는 경우에 발생한다.

$$\text{Pre-Grasp/Release_time} = f(\text{Part_symmetry})$$

예비동작 시간에 영향을 미치는 주요한 인자는 목적물의 대칭성(Part_symmetry)이다. 목적물 단면의 기하학적 모양이 대칭인가 아닌가에 따라 예비동작의 정도가 다르다.

그룹 4

놓기동작 (Release)은 제어 하에 있던 물건을 목적의 장소에 놓을 때 발생하는 동작이다.

$$\text{Release_time} = f(\text{Release_shape}, \text{Insert_distance})$$

놓기동작은 시간에 영향을 미치는 놓기 형태(Release_shape)에 따라 접촉형 놓기(RL0), 단순형 놓

기(RL1), 단순 삽입형 놓기(RL2A), 복잡 삽입형 놓기(RL2B)로 나뉘어진다. RLO는 접촉 잡기의 반대로써 물건을 내던지거나 밀어내는 동작이고, RL1은 단순 잡기와 반대 동작으로써 손가락을 벌려서 목적물을 지정한 장소에 놓는 동작이다. 그리고 RL2A는 삽입, 놓기 동작으로 이루어지며 비교적 단순한 삽입 동작이다. RL2B는 Slide, 삽입, 놓기 동작으로 구성되며 목적물이 내·외부의 센서 등의 도움으로 옆으로 미끄러지면서 목표물에 삽입되는 동작이다. 또한 삽입 거리(Insert_distance)는 삽입형 놓기 동작 시간에 영향을 미친다.

3. ROMUM의 모듈 설정

3.1 GET 동작

GET 동작은 {R, PG/PRL, G}의 조합으로 발생하므로 작업 조건에 따라 4가지의 동작모듈의 Type을 설정한다. PG/PR 동작은 항상 발생하지 않기 때문에 조건적 추가시간으로 설정한다.

- GET1 = R

; 대기 위치로 End effector를 뺀 동작이거나 arc용접이나 도장 작업을 위해 작업점까지 뺀 동작의 경우에 발생한다.

- GET2 = R + G0

; End effector를 갖다 대는 동작이나 spot용접 작업할 때 발생한다.

- GET3 = R + G1

; 하나의 목적물을 잡는 경우에 발생한다.

- GET4 = R + G2

; 목적물이 복잡하게 놓여 있어 한 번에 잡기 어려운 경우에 발생한다.

3.2 PUT 단위 동작

PUT 동작은 {M, PG/PRL, RL}의 조합으로 발생하므로 작업 조건에 따라 8가지의 동작모듈의 Type을 설정한다. PG/PR 동작은 항상 발생하지 않기 때문에 조건적 추가시간으로 설정한다.

- PUT1 = M

; End effector가 이동하며 arc용접, 도장 작업을 행하는 경우에 발생한다.

- PUT2 = RLO

; Spot용접과 같이 순간적으로 접촉 후 떼는 작업일 때 발생한다.

- PUT3 = RL2A

; 호스를 통한 자동 나사 공급기와 같은 주변장치의 도움으로 비교적 간단한 삽입 작업을 할 때 발생한다.

- PUT4 = RL2B

; 호스로 연결된 자동 부품 공급기와 같은 주변장치의 도움으로 복잡한 삽입작업을 할 때 발생한

다.

- PUT5 = M + RLO

;물건을 밀어내거나 던지는 경우에 발생한다.

- PUT6 = M + RL1

;목적물을 다른 장소에 갖다 놓는 경우, 즉 자재 운반 작업 등에 발생한다.

- PUT7 = M + RL2A

;목적물을 다른 장소에 삽입하는 경우로서, 비교적 단순한 삽입작업 등에 발생한다.

- PUT8 = M + RL2B

;내· 외부의 센서의 도움으로 물체의 위치를 수정하며 한 번에 삽입 작업을 할 수 없을 때 발생한다.

4. ROMUM에 의한 작업측정

ROMUM의 시간 자료는 각 기본동작별로 동작시간에 영향을 미치는 주요인자와 동작시간과의 관계를 파악하여 시간을 설정하고, 이를 모듈별로 합성하여 산출한다.

ROMUM에 의한 작업시간의 측정은 다음 단계로 구성된다.

- (1) 생산 현장에서 발생하는 로봇작업을 GET, PUT의 단위동작으로 분류한다.
- (2) 분류된 단위동작에서 작업의 목적과 특성에 맞는 동작모듈의 TYPE을 선택한다.
- (3) 선택된 동작모듈에서의 이동거리를 CASE에서 선택한다.
- (4) 단위동작별로 작업상황에 따라 발생하는 조건적 추가동작을 합하여 표준시간을 결정한다.

5. 실험

연구용 로봇 SCORBOT-ER V를 이용하여 ROMUM을 적용시킨 사례를 다룬다.

최초에 직경 2.5cm의 원형 peg는 고정구에 있고 base는 table의 side에 놓여져 있다. 먼저 시작위치로부터 5cm 떨어진 base를 집어서 작업위치에 30cm 만큼 이동하여 놓는다. 그 다음으로 작업위치에서 20cm 떨어진 peg를 집어 base에 놓은 후 최초의 지점으로 돌아오는 일련의 연속작업이다.

위의 작업에 대한 ROMUM의 분석결과는 표 2와 같다.

표 2. ROMUM 분석 결과

번호	작업 내용	GET 단위동작		PUT 단위동작		반복 횟수	시간
		Type, Case	추가 동작	Type, Case	추가 동작		
1	base를 작업위치로 이동	GET3B		PUT6E			295
2	peg를 base에 놓음	GET3D		PUT6D			308
3	시작점으로 이동	GET1E					195
합 계							798 TUM
							7.98 sec

예를 들면, 작업내용 1번의 경우, GET단위동작의 Type과 CASE는 5cm을 이동하여(case B) 하나의 목적물을 잡는 동작(R, G1 → type GET3)이므로 GET3B로 표시한다. 그리고 PUT단위동작의 Type과 Case는 30cm을 이동하여(case E) 목적물을 다른 장소에 놓는 동작(M, RL1 → type PUT6)이므로 PUT6E로 표시한다. 이상의 단계를 작업내용 2, 3에 대해서도 반복하여 실시하고 각 시간을 합산하여 표준시간을 설정한다. ROMUM의 시간단위로 사용되는 1TUM (Time of Unit Motion)은 10^{-2} sec이다.

6. 결론

본 연구에서는 로봇의 다양한 작업 방법을 작업의 목적과 특성에 따라 표준화된 유형의 단위 동작으로 모듈화하였으며, 또한 시간 변동 요인인 동작모듈과 동작거리를 선택하여 표준시간을 설정할 수 있는 ROMUM 방법론을 제시하였다. 즉 기존의 분석적인 방법의 작업측정법과 다르게 선택적인 방법으로 작업을 분석함으로써 사용자에게 사용의 편의성을 향상시키며 분석의 비용 및 오류 등을 감소시킬 수 있을 것이다.

앞으로의 연구는 표준시간을 설정하는데 있어서 분석시간, 사용의 편의성 및 판단의 최소화 등을 실현하기 위해 컴퓨터를 이용한 사용자 중심의 로봇 작업측정으로 발전되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Nof, S. Y., Ergonomics, In R.C. Dorf(Ed.), International Encyclopedia of Robotics, Wiley, New York, pp. 462-477, 1988.
- [2] Barnes, R. M., Motion and Time Study Design and Measurement of Work, John Wiley & Sons, New York, 1980.
- [3] Niebel, B. W., Motion and Time Study, Richard D. Irwin, Inc., Homewood, Illinois, 1982.
- [4] Lechtman, H. and Nof, S. Y., "Performance Time Models for Robot Point Operations," International Journal of Production Research, Vol.21, No.5, pp. 659-673, 1983.
- [5] 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.
- [6] Paul, R. L. and Nof, S. Y., "Work Methods Measurement-A Comparison between Robot and Human Task Performance," International Journal of Production Research, Vol.17, No.3, pp. 277-303, 1979.
- [7] Wygant, R. M., Ergonomics, Robot selection, In R.C. Dorf(Ed.), International Encyclopedia of Robotics, Wiley, New York, pp. 462-477, 1988.
- [8] Zandin, K. B., Most Work Measurement Systems, Marcel Dekker Inc., New York, 1990.
- [9] 권규식, 이순요, "ROBOT MODAPTS 기법에 의한 로봇의 동작 분석에 관한 연구", 대한인간공학회지, Vol.11, No.2, pp. 15-21, 1992.
- [10] 한국 MODAPTS협회, MODAPTS, 현대기술연구소, 서울, 1986.