

후레임 모델에 의한 연삭가공용 데이터베이스의 설계 Design of Grinding Database Based on the Frame Model

김 건희*¹ 이 재경*² 김 흥건*¹
G.H. KIM*¹, J.K. LEE*², and H.G. KIM*¹

Abstract

Grinding has difficulty in satisfying the qualitative knowledge based on the skilled expert as well as quantitative data for all user. Design of grinding database is based on the frame-based model for utilizing the empirical and qualitative knowledge.

In this paper, basic strategy to develop the grinding database by frame-based model, which is strongly dependent upon experience and intuition, is described. Design of grinding database is based on the frame-based model for utilizing the ambiguous knowledge and inference is accomplished by the object-oriented paradigm system.

Key Words: Grinding Operations, Frame-based Model, Manufacturing Automation, Grinding Database, Object-Oriented Paradigm System

1. 서 론

무인자동화 생산시스템의 실현을 하기 위해서는 이를 지원하는 데이터베이스의 **性能** 및 **效率**에 의해서 생산시스템의 기능이 좌우된다. 특히, 연삭가공 자동화 지원을 위한 데이터베이스의 **設計·構築**에 사용되는 지식의 표현에는 연삭가공의 특성상 숙련자의 **經驗**이나 **技能** 등의 정성적 지식을 이용할 수 있어야 한다. 또한, 연삭가공용 자동화 생산시스템의 지원을 하기 위한 데이터베이스에 **蓄積**되는 지식이 **經驗**이나 **技能** 등의 **定性的知識**에 크게 의존하는 경우가 많으므로 이를 유효하게 이용할 수 있도록 데이터베이스의 **設計**와 **知識表現**이 되어야 한다.

본 연구에서는 연삭가공의 특성을 고려하여 지식을 특정의 개념으로 분류해서 그 개념을 일정의 모델에 의해 구성하여 구축한 후레임 모델(Frame-based Model)을 설계하고, 그 시스템의 운용에는 **目的指向型(Object Oriented Paradigm System)**으로 구축하였다.

*1 전주대학교 기계공학과

*2 한국기계연구원 자동화연구부

따라서 본 연구에서는 효율적인 연삭가공용 데이터베이스의 설계를 위한 기본 알고리즘을 定立하고, 설계한 시스템의 성능을 검토하였다.

2. 후레임 모델적용을 위한 特性分析

본 연구에서 사용한 후레임 모델의 특징으로 후레임간의 관계표현에는 클래스(Class)와 인스턴스(Instance) 관계(*Instance-of relationship*), 슈퍼 클래스(Super class)와 서브 클래스(Sub-class) 관계(*Is-of relationship*), 그룹관계 (*Part-of relationship*), **關聯(Role)**와 **變數(Variable)**, **屬性(Priority)**, **Trigger**, **Method**을 정의하여 설계하였다. 이러한 방식은 **節次型 知識(Procedural Knowledge)**과 **宣言的 知識(Declarative knowledge)**⁽¹⁾을 기능별로 분류하여 수납할 수 있어 **多樣**한 후레임간의 Network를 쉽게 연결할 수 있어 **複雜**한 지식표현도 간단하게 수행할 수 있다.

Class-Instance relationship 본 시스템에서는 후레임 종류를 Instance, Sub-class, Class의 3 종류로 분류하고 있다. Instance는 개개의 사실을 표현하는 후레임, Class는 복수의 인스턴스에 共通

하는 후레임, Class는 복수의 인스턴스에 공통하는 데이터를 定義한 후레임, Sub-class는 Class에 속한 지식을 보다 細分化한 지식을 의미한다. 예로 Fig.1은 연삭숫돌에 관한 후레임 모델에 의한 지식의 수납형태이다. Grain는 Vitrified-Bonded Wheel에 있어서 KS규격에는 A, WA, MA, C, GC만으로 규정되어 있으나, 실제로는 연삭숫돌 회사에 따라 표시 기호가 다를 수도 있다. 따라서, Grain에 있어서 메이커의 제품별과 KS규격 등의 통일규격으로 양쪽 규격의 데이터를 수납할 필요가 있다. 즉, Fig.1과 같이 Class frame에 연삭숫돌 규격의 지식, Instance frame에 Maker에 의한 제품지식으로 분류하여 표현함으로써 效率있게 지식을 관리할 수 있다.

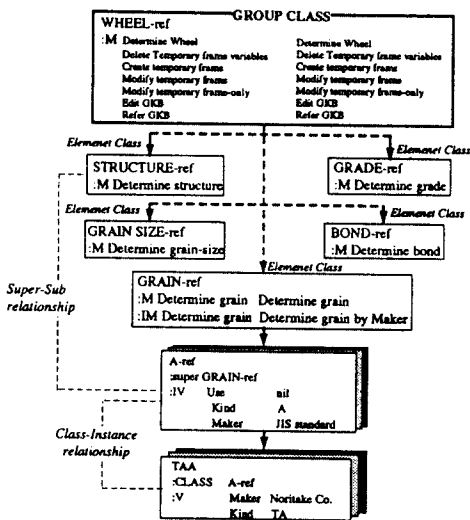


Fig.1 Database for the Grinding Wheel

Super-Subclass relationship 이는 Class와 복수의 공통하는 데이터를 갖는 Class를 추상화해서 한가지로 정리된 클래스간의 上位-下位 개념 관계를 의미한다. 이를 IS-A relationship이라고도 한다. Fig.2와같이 IS-A 관계에는 상위의 개념 Class인 Super-class의 데이터를 하위개념 클래스인 Sub-class에 계승시키는 遺傳作用(Inheritance role)을 한다. 유전의 제어는 屬性(Priority)에 의하여 이루어진다.

Group relationship 構成要素가 몇 개의 변수로 이루어져 있는 경우 각각의 변수를 취급한다든지 구성요소 전체를 일괄적으로 취급하면 편리해진다. 이러한 경우에 있어서 그룹 관계(PART-OF relationship)을 이용한다. 본시스템에서는 Fig.1과

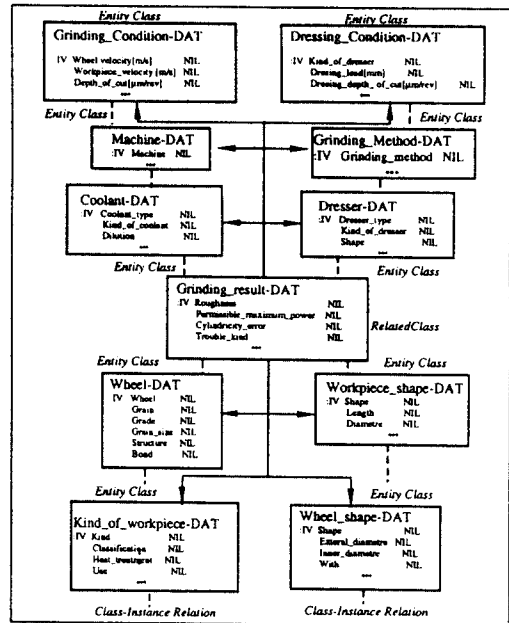


Fig.2 Role of Interacting on Frame-based Model

같이 연삭숫돌의 후레임 지식표현에 이용하고 있다.

Role Fig.2와 같이 關聯(Role)은 이용자가 새롭게 정의한 함수로 시스템의 有機的인 交信을 신속하게 해준다.

Variable 본시스템에서의 변수는 후레임에 수납되어 있는 宣言的 데이터를 의미한다. 즉 Fig.2의 각각의 Box가 하나의 Slot를 뜻하며, 이 Slot의 Slot명, Slot값은 변수명, 변수값에 對應한다. 즉 클래스와 인스턴스 관계에 있어서 클래스에 인스턴스 변수를 정의하고, Default value⁽²⁾로서 이용한다. 또한 Super-class와 Sub-class관계에 있어서 遺傳作用에 의해 Super-class의 후레임 변수가 Default value가 된다.

Priority 후레임 변수에 관련하는 情報을 기술하기 위해 屬性이라는 附加데이터를 정의하였다. 속성에는 시스템 속성과 사용자 속성으로 되어 있으며 시스템 속성은 遺傳(Inheritance) 제어를 하는 "Irole", ":trigger-for-get, :trigger-for-put" 등이 있다.

Trigger 후레임 변수에 參照나 更新 등의 Access가 있는 경우 미리 정의한 추가 절차형 지식을 기동하는데 이용된다. 본시스템에서의 Trigger는 변수가 參照되었을 때 기동하는 함수(Get function)과 경신후에 기동하는 함수(Put function)의 2종류가 있다. 이들을 조합하여 사용함으로써 高度의 推論이 가능하게 하였다. 그러나 Trigger의 濫

用은 推論制御가 복잡해져 시스템 전체로서의 안전성, 일관성, 모듈성의 확보가 어렵게 되어 되도록 억제하도록 하였다.

Method Trigger와 같이 절차형 지식을 수납하기 위한 것으로 Trigger와 다른 점은 Method가 후레임에 메시지를 송신하면 할 때마다 기동되는 점이다. Method를 이용하므로써 메시지 송신쪽에서는 송신쪽 후레임의 내용을 의미할 필요없이 지식의 표준화와 모듈화를 할 수 있다. Fig.1,2의 "M, :IM" 등이 이에 해당된다.

3. 目的指向型 시스템

후레임 모델은 지식을 階層的으로 표현할수 있으므로 시스템의 推論을 容易하게 하며 선언적 지식의 표현에 적합하다. Fig.3은 節次形知識에 Method를 두어 각 Module에 의한 데이터 베이스를 설계하여 그들의 Method의 기동에 의해 推論하는 Object-Oriented Paradigm System⁽³⁾을 나타낸다. Fig.3과 같이 후레임은 서로 메시지를 交通하면서 목표를 실행하므로 복잡한 추론도 쉽게할수 있는 장점이 있다. 또한 重要知識의 参照作業은 遺傳(Inheritance Role)과 같은 該當후레임간의 관련된 그밖의 후레임 지식을 参照할수 있으므로 Default 이론⁽²⁾을 도입하므로써 Production system에서 缺落되는 조건설정을 보충하는 지식처리가 가능해진다. 이와같은 후레임 모델을 이용한 지식은 일반적인 연삭가공에 관한 지식으로서 가공조건의 설정 변수, 실험식(條件設定, 研削動力과 표면조도의 예측), 연삭가공에 관한 파라미터의 규격, 절차형

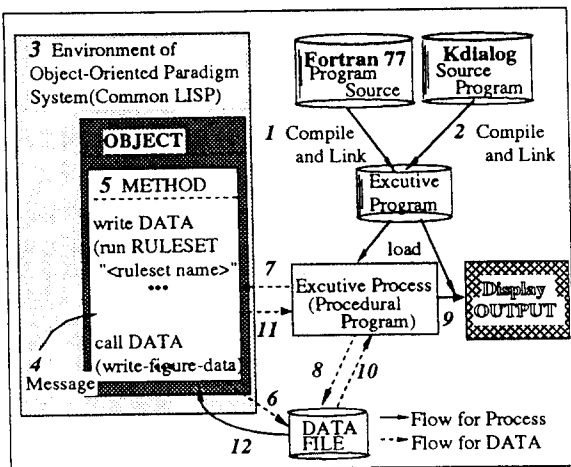


Fig.3 Object-Oriented Paradigm System

지식(연삭조건 설정 및 시스템 제어에 관한 함수) 등의 지식을 축적한다. 이들의 지식은 연삭가공의 특징을 고려하여 연삭방식, 기계, 공작물 종류, 공작물 형상, 연삭숫돌, 연삭숫돌의 형상, 연삭액, 드레싱 종류, 드레싱 조건, 연삭조건, 연삭결과 등의 후레임으로 구성하고 있다. Fig.3과같이 본 데이터 베이스에 收納되어 있는 연삭숫돌의 構成要素에 관한 知識型을 나타낸다. 연삭숫돌에 관한 지식은 모두 연삭숫돌 구성요소별로 각각의 후레임에 저장되고, 후레임 同士가 抽象-具體라는 계층구조로 설계되어 연삭숫돌의 선택시에는 숙련자의 경험적 지식까지도 포함할수 있도록 LISP함수를 이용하여 節次形知識과 宣言的知識을 이용하여 추론하도록 하였다. 또한 후레임 지식에는 연삭숫돌에 관계하는 규격이나 Control-용의 절차형 함수가 Element class에 수납되어 각 후레임 간에 交通될수 있는 구조로 설계하였다.

Fig.4 7은 Grinding Type, Grinding Machine, Dressing Condition, Grinding Result에 관한 후레임형 지식모델이다. Fig.4 7중에서 M, IM은 절차형 지식을 기동하기 위한 메시지를, V, IV는 該當 파라미터에 대한 특정값을 의미한다. 그리고 연삭작업을 위한 가공데이터의 정리에 관한 절차형 함수는 모두 Fig.7의 Grinding Result-Ref에 메시지의 형태로 수납되어 "send-function"에 의해 메시지를 해당 후레임에 송신하므로써 절차형 함수가 기동되

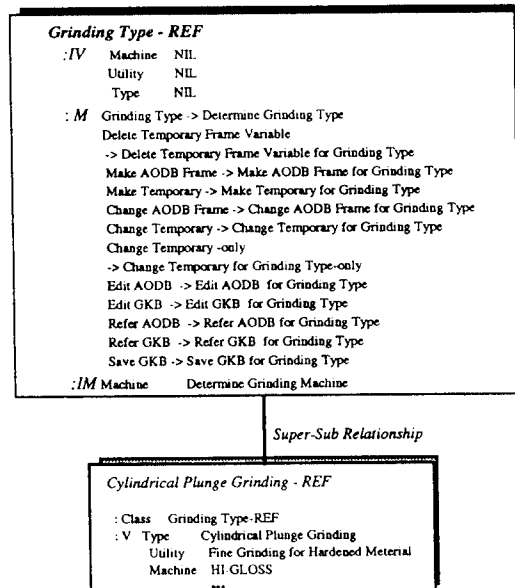


Fig.4 Accumulated Data for Grinding Type

여 처리를 한다. Fig.8는 절차형 지식의 처리를 위한 Procedural function에 의한 후레임 지식의 LISP의 한예를 나타내고 있다.

```

Grinding Machine - REF
: M Determine Grinding Machine -> Determine Grinding Machine
Delete Temporary Frame Variable
-> Delete Temporary Frame Variable for Grinding Type
Make AODB Frame -> Make AODB Frame for Grinding Type
Make Temporary -> Make Temporary for Grinding Type
Change AODB Frame -> Change AODB Frame for Grinding Type
Change Temporary -> Change Temporary for Grinding Type
Change Temporary -only
-> Change Temporary for Grinding Type-only
Edit AODB -> Edit AODB for Grinding Type
Edit GKB -> Edit GKB for Grinding Type
Refer AODB -> Refer AODB for Grinding Type
Refer GKB -> Refer GKB for Grinding Type
Save GKB -> Save GKB for Grinding Type

```

Super-Sub Relationship

```

HI-GLOSS
: Super Machine HI-GLOSS
: Swing Size(mm) 250
Center(mm) NIL [max 450 min NIL]
External Diameter NIL [max 150 min NIL]
Weight Utility(kg) NIL [max 50 min NIL]
External Diameter for Wheel NIL [max 405 min NIL]
Internal Diameter for Wheel 203.2
Wheel Width 38 [max 75 min 30]
Revolution of Wheel(RPM) 1500
Wheel Velocity(m/s) NIL [max 33.33 min NIL]
Feed Length of Wheel(mm) NIL [max 125 min NIL]
Turning Angle(degree) NIL [max 30 min -30]
Feed for table(mm) NIL [max 580 min NIL]
Traverse Speed(m/min) NIL [max 4 min 0.3]
Taper Hole for Spindle MIN03
Spindle Diameter(mm) 20
Revolution of Spindle(RPM) NIL
60Hz [65 155 260 355]
50Hz [55 130 215 295]
Taper Hole for Tail Stock MIN03
Tail Stock Diameter(mm) 20
Feed of Tail Stock(mm) NIL [max 25 min NIL]
Power Capacity(kW) 3.7
Power of Workpiece(kW) 0.4
Utility of Coolant Tank(t) 80
: M Determine Revolution of Wheel(RPM)
-> Determine Revolution of Wheel(RPM) to HI-GLOSS
Determine Revolution of Spindle(RPM)
-> Determine Revolution of Spindle(RPM) to HI-GLOSS

```

Fig.5 Accumulated Data for Grinding Machine

```

Grinding Result-REF
: M Delete Temporary Frame Variable Delete Temporary Frame Variable
Calculate Grinding Power(kW) Calculate Grinding Power(kW)
Calculate Surface Roughness(Rmax, μm) Calculate Surface Roughness(Rmax, μm)
Calculate Material removal Rate(mm3/min) Calculate Material Removal Rate(mm3/min)
Change Grinding Power(kW) Change Grinding Power(kW)
Change Surface Roughness(Rmax, μm) Change Surface Roughness(Rmax, μm)
Change Material removal Rate(mm3/min) Change Material removal Rate(mm3/min)
Pre-estimate Grinding Power(kW) Pre-estimate Grinding Power(kW)
Pre-estimate Surface Roughness(Rmax, μm) Pre-estimate Surface Roughness(Rmax, μm)
Determine Grinding Result frame
Make AODB Frame Make AODB Frame
Make Temporary Frame Make Temporary Frame
Change AODB Frame Change AODB Frame
Change Temporary Frame Change Temporary Frame
Change Temporary Frame-only Change Temporary Frame-only
Edit AODB Edit AODB
Edit GKB Edit GKB
Refer AODB Refer AODB
Refer GKB Refer GKB
Save in AODB Save in AODB

```

Fig.7 Accumulated Data for Grinding Result

```

Dressing Condition - REF
: M Determine Dressing Condition Frame Determine Dressing Condition Frame
Delete Temporary Frame Variable -> Delete Temporary Frame Variable for Dressing Condition
Make AODB Frame -> Make AODB Frame for Dressing Condition
Make Temporary -> Make Temporary for Dressing Condition
Change AODB Frame -> Change AODB Frame for Dressing Condition
Change Temporary -> Change Temporary for Dressing Condition
Change Temporary -only -> Change Temporary for Dressing Condition -only
Edit AODB -> Edit AODB for Dressing Condition
Edit GKB -> Edit GKB for Dressing Condition
Refer AODB -> Refer AODB for Dressing Condition
Refer GKB -> Refer GKB for Dressing Condition
Save GKB -> Save GKB for Dressing Condition

```

Super-Sub Relationship

```

Dressing Condition of Single Point Diamond Dresser - REF
: Super Dressing Condition-REF
: V Dresser Sort Single Point Diamond Dresser
Edge Angle(degree) 15 [max 20 min 10]
Dressing Depth of Cut(μm/pass) NIL [max 20]
Wheel Velocity at Dressing(m/s) NIL [max 30 min 25]
Traverse Velocity at Dressing(m/s) NIL [max 5 min 1]
: M Determine Edge Angle(degree) Determine Edge Angle(degree) for Dressing
Determine Dressing Depth of Cut(μm/pass) Determine Dressing Depth of Cut(μm/pass) for Dressing
Determine Wheel Velocity at Dressing(m/s) Determine Wheel Velocity at Dressing(m/s) for Dressing
Determine Traverse Velocity at Dressing(m/s) Determine Traverse Velocity at Dressing(m/s) for Dressing
Change Edge Angle(degree) Determine Edge Angle(degree) for Dressing
Change Dressing Depth of Cut(μm/pass) Dressing Depth of Cut(μm/pass) for Dressing
Change Wheel Velocity at Dressing(m/s) Wheel Velocity at Dressing(m/s) for Dressing
Change Traverse Velocity at Dressing(m/s) Traverse Velocity at Dressing(m/s) for Dressing
Delete Temporary Frame Variable -> Delete Temporary Frame Variable for Dressing Condition
Make AODB Frame -> Make AODB Frame for Dressing Condition
Make Temporary -> Make Temporary for Dressing Condition
Change AODB Frame -> Change AODB Frame for Dressing Condition
Change Temporary -> Change Temporary for Dressing Condition
Change Temporary -only -> Change Temporary for Dressing Condition -only
Edit AODB -> Edit AODB for Dressing Condition
Refer AODB -> Refer AODB for Dressing Condition
Save AODB -> Save AODB for Dressing Condition

```

Fig.6 Accumulated Data for Dressing Condition

```

(defun determine_the_grinding_wheel ()
  (erase_function)
  (setq wheel (system:string-append grain (format nil
    "_2 a" grain_size) grade structure bond))
  (defun determine_the_grain-size (g-method mat heat)
    (let ()
      (kdialog_message "determine the grain size")
      (cond ((get-instance 'wheel-dat)
        (kdialog_message3 "indicate the grinding
          wheel in database"
            "select the number(or NIL) ")
          (setq grain_size (input_ans
            (list-menu-and-select
              (get-all-instance-database-variable
                'wheel-dat 'grain-size
                (list (list 'grindig type-data)
                  (list 'grinding type g-method ))
                (list 'workpiece-dat
                  (list 'workpiece mat)
                  (list 'heat-treatment heat)))
                ))
            ))
          (cond ((not (equal grain_size 'nil))
            (return grain_size)))
          )
      (kdialog_message "determine the rule-base")
      (run-ruleset 'grain_size rule)
      (setq grain_size (input_ans grain_size))
      (return grain_size)
    ))
  )

```

Fig.8 A Part of LISP Program for Selecting Grain Size

한편, Fig.9는 후레임 모델을 이용한 절차형 지식의 有機的 이용관계를 나타내고 있다. 즉 User로부터 요구조건이 입력되면 그 Message에 따라 시스템은 해당되는 Slot인 1-1, 1-2, 1-3, ..., 3-1, 3-2 등을 照合하여 해당 후레임을 찾아 최종적으로 이용자에게 제시하게 된다. 또한 Fig.10은 그때의 시스템의 흐름을 나타내고 있다.

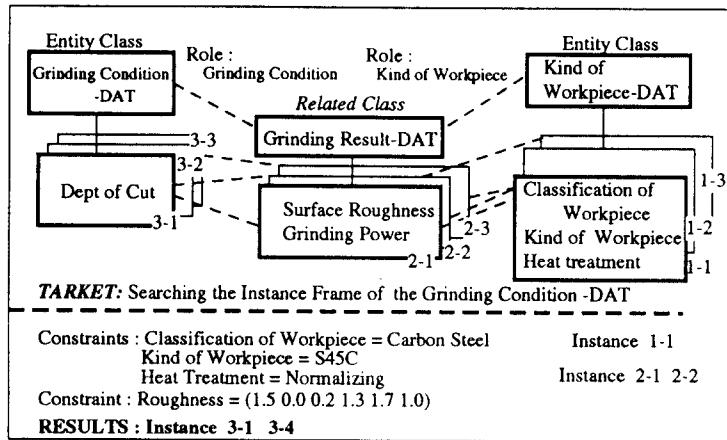


Fig.9 Procedural Diagram at the Establishment of Grinding Conditions by Frame Model

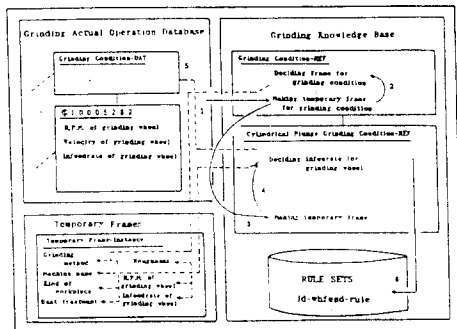


Fig.10 Flow Diagram for a Reasoning Process

参考文献

- (1) D.Didier and P.Henri; "Processing Fuzzy Temporal Knowledge," IEEE, Trans. Sys., Man, and Cyb., Vol.19, 1989, p.729
- (2) R.Reiter; "A Logic for Default Reasoning," Artificial Intelligence, Vol.13, 1980, p.81
- (3) M.Birch and K.Whiteley; "An Object-Oriented Expert System Based on Pattern Recognition," IEEE, Trans. Sys., Man, and Cyb., Japan, 1990, p.33

4. 결론

본 연구는 연삭가공의 자동화 생산 시스템의 구현을 위한 데이터 베이스를 후레임 모델을 이용하여 設計·構築하였다. 본 시스템의 특징은 숙련 경험자의 정성적 지식과 정량적 지식 등도 유기적으로 축적·이용할 수 있도록 하였으며, 目的指向型 推論方式을 도입하여 시스템의 효율성을 강화하였다.