

# 複合機械의 入力構造에 関하여 (On the Input-Structure of Polymachine)

金 玄 在 \*

(Kim, Hyeon - Jae )

### 要 約

複合機械에서 規定되는 制御入力は 特別한 意味을 지니고 있기 때문에, 이 制御入力の 性質을 알아 둔다는 것은 매우 重要的인 일이다.

이 制御入力の 性質을 比較 說明하기 위해서 다른 모델과의 變換過程을 例로 들었고, 또 複合機械의 몇 가지 類型도 紹介하였지만, 결국 複合機械가 受理하는 制御入力は 機械의 内部構造와 密接하게 關係되는 機械從屬的인 入力構造를 갖고 있음을 밝혔다.

### Abstract

The knowledge of the characteristics of the control input of polymachine has been highly emphasized.

Several transform processes of different types of polymachines are illustrated. It is proved that control inputs fed to the polymachines have machine-dependent structure which are closely associated with the interior structure of the machines.

### 1. 序 論

一般的으로 어떤 시스템(system)에 對한 入力は 그 시스템의 内部構造에 따르는 制約을 받으며, 複合機械<sup>[1]</sup>의 경우도 例外일 수는 없다.

더구나 複合機械는 그 構造上 二種의 入力を 必要로 하며, 그 中 데이터 入力(data input)은 素機械의 性質에 依해 規定되지만, 制御入力(control input)은 指示器의 狀態數 및 構造 等과 關係된다.

특히 制御入력이 複合機械의 形態와 어떠한 聯關性을 갖고 있는가를 확실히 밝힌다는 것은 매우 重要的인 일이다.

그러므로 몇 가지 간단한 例를 들어가면서 複合機

械의 形態와 그 入力構造 사이의 關係를 考察해 본다.

### 2. 複合機械의 表現法

그림 1은 미이리型 機械(mealy machine)<sup>[4]</sup>의 한 例이다.

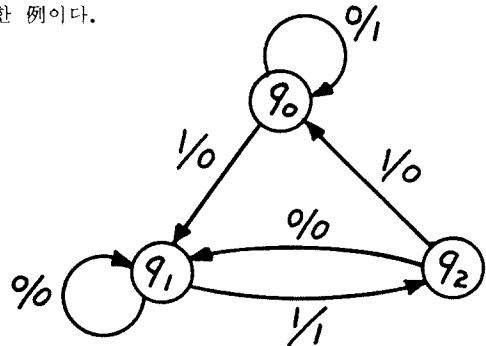


그림 1. 미이리型 機械  
Fig. 1. Mealy machine.

\* 正會員, 全南大學校 工科學 電子工學科  
(Dept. of Electronics Engineering,  
Chonnam National Univ.)  
接受日字: 1980年 6月 25日

이 미이리형 機械를 複合機械의 形態로 變換시키는 變換過程을 通하여 複合機械 表現法의 特徵을 說明하기로 한다.

우선 두 機械를 表現하는 그래프(graph)의 相異 點을 指摘한다면, 첫째로 그 節點(node)<sup>[3]</sup>에 歸屬되는 機能이 서로 다르고, 둘째로는 그 枝路(branch)<sup>[3]</sup>에 매겨지는 機能이 서로 다르다.

即, 미이리형 機械에서의 節點은 狀態의 遷移函數(transition function)<sup>[4]</sup>만에 關係되지만 複合機械에서의 節點은 素機械(element machine)의 機能을 指示하고 있으며, 또 미이리형 機械에서의 定向枝(directed edge)<sup>[3]</sup>는 어떤 入力值에 對한 出力機能까지 겸해서 나타내고 있는 形便이지만 複合機械에서의 定向枝는 單純히 遷移機能만을 나타내고, 있을 뿐이다.

따라서 미이리형 機械를 複合機械로 變換시키려면, 우선 미이리형 機械의 定向枝가 갖고 있는 出力機能(output function)<sup>[4]</sup>을 그 定向枝에 連結(incident)<sup>[3], [6]</sup>된 어느 한쪽 節點의 狀態機能(state function)에 歸屬시켜야 한다.

다시 말한다면, 한 개의 定向枝는 두 개의 端點(terminal node)<sup>[3], [6]</sup>을 가지고 있으므로, 그 定向枝의 出力機能을 始點(initial node)에 歸屬시켜서 第一型 複合機械로 表現하는 方式과, 終點(final node)에 歸屬시켜서 第二型으로 表現하는 두 가지 變換方式이 있을 수 있다.

2-1. 第一型 表現

미이리형 機械를 第一型 複合機械로 表現하기 위해서 먼저 調査할 것은 각 狀態에 出連結<sup>[3]</sup>된 定向枝의 이름(label)<sup>[6]</sup>이다.

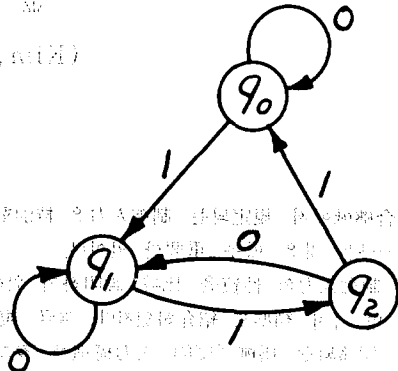
그런데 入力이 바이나리(binary value)인 경우에 각 狀態가 가질 수 있는 出度數(outdegree)<sup>[6]</sup>, 即 出連結되는 定向枝數는 둘 뿐이어서, 모두 네 가지의 狀態機能에 있을 수 있다.

即, 出連結되는 定向枝 이름의 組合은 ①(% , 1/0), ②(% , 1/1), ③(0/1, 1/0), ④(% , 1/1)의 네 가지만이 可能하다. 따라서 各各의 경우에 해당하는 狀態機能, 即, 素機械를 생각해 본다면, ①의 경우는 入力이 '0' 또는 '1'의 값에 불구하고 '0'의 出力을 내므로 0-生成原(0-generator)으로, ②의 경우는 入力이 그대로 出力에 전달되는 함수형태이므로 正의 傳達要素(positive transfer element)로, ③의 경우는 反轉器(inverter)로, 그리고 ④의 경우는 1-生成原(1-generator)으로 생각할 수 이들 모두가 實際로 可能한 素機械들이다.

따라서 以上과 같은 方法으로 規定되는 素機械를 導入해서 그림 1의 미이리형 機械를 變換시켜 複合機械의 形式으로 表現한다면 그림 2와 같이 된다.

- q<sub>0</sub> : Inverter
- q<sub>1</sub> : Positive transfer element
- q<sub>2</sub> : 0-generator

(a) Indexed elements



(b) Transition graph

	0	1
q <sub>0</sub>	q <sub>0</sub>	q <sub>1</sub>
q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>
q <sub>2</sub>	q <sub>0</sub>	q <sub>0</sub>

(c) Transition table

그림 2. 第一型 複合機械

Fig. 2. First-type polymachine.

그림 1과 그림 2를 比較해 볼 때, 그 그래프는 서로 同形(isomorphic)<sup>[3]</sup>이지만, 定向枝의 이름의 表示方式이 서로 다를 수 있다.

2-2. 第二型 表現

이 경우는 어떤 狀態에 入連結(incident into)<sup>[3]</sup>되는 定向枝의 出力機能이 그 狀態에 歸屬되므로, 狀態의 入度數(indegree)<sup>[3], [6]</sup>와도 關係된다. 한편으로 第二型에서는 第一型의 경우에서 可能할 뿐 아니라 또한 必要하다.

例로서 그림 1의 미이리형 機械를 이번에는 第二型 複合機械로 變換시키게 위해서 各 狀態別로 指示되는 素機械를 規定해 본다.

狀態 q<sub>0</sub>에는 入連結되는 定向枝가 0/1과 1/0의 둘 뿐이므로 q<sub>0</sub>는 反轉器로, q<sub>1</sub>은 入度數가 3이지만 定向枝名의 種類는 %와 1/0 뿐이어서 0-生

成原으로 삼을 수 있다.

또  $q_2$  에 入連結되는 定向枝는 1/1 뿐이므로 이  $q_2$  에 對應하는 素機械로는 1~生成原을 쓰거나 또는 正의 傳達要素를 쓸 수 있지만 여기서는 1~生成原을 쓰기로 한다.

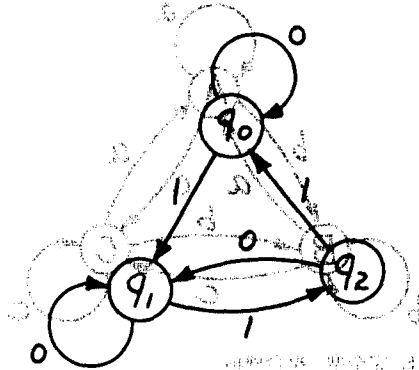
따라서 第二型 複合機械로 變換된 그래프는 그림 3과 같이 된다.

$q_0$  : Inverter

$q_1$  : 0~generator

$q_2$  : 1~generator

(a) Indexed elements



(b) Transition graph

	0	1
$q_0$	$q_0$	$q_1$
$q_1$	$q_1$	$q_2$
$q_2$	$q_1$	$q_0$

(c) Transition table

그림 3. 第二型 複合機械

Fig. 3. Second-type polymachine.

그런데 한편으로 複合機械의 持示器에 印加된 入力이 다시 複合體에 印加되려면 1-刻時펄스(1-clock pulse)만큼 늦어져야 되는 것이 第二型을 꾸밀 때 要求되는 事項이므로, 이러한 種類의 第二型 複合機械를 꾸밀 때는 該當個所에 遲延器(delay)를 쓸 것을 잊지 말아야 한다. 이 그림 3에 나타난 複合機械의 그림 1과 比較해 볼 때 同形 그래프임을 알 수 있지만, 다음에 나오는 生成原型 複合機械의 例를 통해서 알 수 있는 바와 같이, 一般적으로 항상 이렇게 되는 것은 아니다.

2-3. 生成原型 複合機械

이 型은 第二型에 屬하는 機械이지만, 特히 複合體의 素機械가 모두 生成原(generator)만으로 構成되기 때문에 生成原型 複合機械(generator-type polymachine)라 부른다. 그런데 다음에 알 수 있는 바와 같이, 이 生成原型 複合機械는 바로 무우어型 機械(Moore machine)와 같은 表現構式을 取한다.

그림 1의 미이리型 機械를 生成原型으로 表現시킬 자면, 그 素機械의 種類로서는 0~生成原과 1~生成原의 두 가지를 쓸 수 있다.

우선  $q_0$  부터 생각해 본다면,  $q_0$ 는 그에 入連結된 定向枝名이 1/0 과 0/1 의 두 가지이고, 그에 對應하는 素機械로서는 出力이 '0' 인 것과 '1' 인 것의 두 가지가 必要하다. 따라서 狀態  $q_0$ 를 出力值가 '0'인  $q_{01}$  과 '1'인  $q_{02}$  의 두 가지 狀態로 狀態分割시켰다.

$q_1$ 은 그에 入連結된 定向枝의 出力值가 모두 '0' 이므로 狀態分割이 必要 없으며, 그 素機械로는 0~生成原을 쓸 수 있다. 또 같은 方法으로  $q_2$ 에는 1~生成原을 쓰면 된다.

即, 그림 4는 이런 方法으로 얻어진 生成原型 複合機械이다.

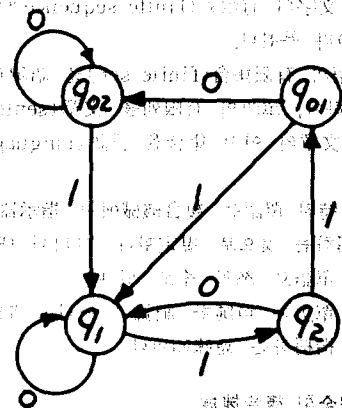
$q_{01}$  : 0-generator

$q_{02}$  : 1-generator

$q_1$  : 0-generator

$q_2$  : 1-generator

(a) Indexed elements



(b) Transition graph

	0	1
q <sub>01</sub>	q <sub>02</sub>	q <sub>1</sub>
q <sub>02</sub>	q <sub>02</sub>	q <sub>1</sub>
q <sub>1</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>2</sub>
q <sub>2</sub>	q <sub>1</sub>	q <sub>01</sub>

(c) Transition table

그림 4. 生成原型 複合機械

Fig. 4. Generator-type polymachine.

이 그림 4의 그래프를 그림 1과 比較해 볼때 同形이 아닌은 쉽게 알 수 있다.

또 이 生成原型 機械는 앞에서 말한 바와 같이 第二型에 屬하기는 하지만 데이터入力を 必要로 하지 않기 때문에 第二型의 構成을 爲해서 必要로 했던 遲延器는 必要로 하지 않는다.

둘이켜서, 第一型和 第二型을 다시 比較해 본다면, 그 둘 사이의 差異點은 出力機能과 遷移機能의 時間的인 先後配列順序의 相違에 있음을 알 수 있다.

即, 出力이나 遷移는 모두 現在의 入力과 現在의 狀態에 關한 函數인 點은 다를 바 없지만, 入力에 依해서 出力이 먼저 나타난 다음에 狀態遷移를 하는 것이 第一型이며, 入力에 依해 狀態遷移를 먼저 일으킨 다음, 出力을 내는 것이 第二型이다.

### 3. 入力字母<sup>[2]</sup>와 語彙

複合機械의 入力言語(input language)를 表現하기 爲해서 쓰이는 記號(symbols)<sup>[2]</sup>나 文字(letters)<sup>[2]</sup>의 集合을 入力字母(input alphabet)<sup>[2], [5]</sup>라 하며, 또 文字의 有限列(finite sequence)<sup>[5]</sup>을 單語(word)라 부른다.

또, 單語의 有限集合(finite set)을 語彙(vocabulary)라 하며, 單語의 有限列을 文章(sentence)이라 하고, 文章의 어떤 集合을 言語(language)라 부른다.

그런데 特히 單語는 複合機械에서 指示器의 狀態名을 指稱하는 것으로 規定한다. 그러나 때로는 單一文字가 單語로 쓰일 수도 있다.

따라서 單語는 單純한 記號가 아니고 間接的으로 素機械를 指稱하는 意味體이다.

### 4. 完全型 複合機械

完全型 複合機械(complete polymachine)란 廣義의 完全定向그래프(generalized complete digraph)로 表現되는 複合機械를 말한다.

한편으로 廣義의 完全定向그래프란, 한 그래프內의 各 頂點(vertex)이 自己를 包含한 다른 모든 頂點과 各各 1個씩의 正連結(positively connected)<sup>[3]</sup>된 定向枝를 通해서 連結되어 있는 그래프를 말한다.

이 그래프는 또한 齊度그래프(homodegree graph)이며, 各 頂點의 出度數와 入度數는 서로 같고, 또 그 數는 그래프의 頂點數와도 같다.

다음의 그림 5는 狀態數가 3개인 完全型 複合機械이다. 그리고 이 完全型 複合機械는 앞서 말한 第二型에 屬함을 알 수 있다.

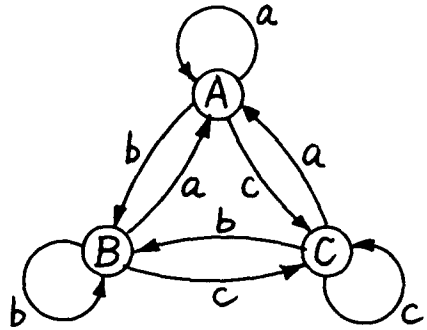


그림 5. 完全型 複合機械

Fig. 5. Complete polymachine.

一般적으로 制御入力語彙(control-input vocabulary)를  $I_c$ , 데이터入力語彙(data-input vocabulary)를  $I_d$ , 狀態集合(state set)을  $Q$ , 出力語彙(output vocabulary)를  $Z$ , 狀態遷移函數(state-transition function)를  $\delta$ , 그리고 出力函數를  $\omega$ 라 할 때, 複合機械  $S_p$ 는 다음과 같이 表現된다.

$$\text{即, } S_p = \langle I_c, I_d, Q, Z, \delta, \omega \rangle^{[1]}$$

그런데 그림 5에서  $I_c = \{a, b, c\}$

그리고  $Q = \{A, B, C\}$ 이며, 이 두 集合은 等價(equivalent)임을 알 수 있다.

또  $I_c^*$ 를 入力語彙  $I_c$  위에서 만들어지는 모든 文章의 集合이라 한다면,  $I_c^*$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\text{即, } I_c^* = \{\epsilon, a, b, c, aa, ab, ac, ba, \dots\}$$

但  $\epsilon$ 은 空文章(empty sentence)임.

그런데 完全型 複合機械는  $I_c^*$ 에 屬하는 文章이면 어느 것이나 다 受理(accept)할 수 있으므로 入力語彙  $I_c$  위에서 完全히 프로그램 可能(completely programmable on  $I_c$ )한 機械라고 말할 수 있다.

바로 이 性質은 完全型 複合機械의 重要한 特性이다.

### 5. 變型 複合機械

複合機械에는 여러 가지 變型이 있을 수 있는데, 一般的으로 完全型에서 벗어난 構造를 가진 複合機械를 모두 變型 複合機械 (metamorphic polychine), 또는 略해서 變型 (metamer)이라 부르기로 한다.

變型이 나타나는 理由中에서 매우 重要한 理由는, 制御入力語彙와 複合體間의 不整合 (mismatch)이다.

即, 制御入力語彙와 複合體가 처음부터 無關係하게 規定되었다면, 그 두 가지 集合 사이에 一般的으로 等價關係가 成立하지 않으며, 같은 素機械를 指示하는 指示器의 狀態도 두 가지 以上이 있을 수 있다.

때로는 各 狀態의 出度數가 入力語彙數와 같지도 않고, 또 出度數는 같더라도 入度數가 不均一하게 偏在되는 等, 變型이 나타나는 理由는 多樣하다.

必要에 따라서는 初期狀態 (initial state)와 最終狀態 (terminal state)의 概念을 導入해서, 狀態遷移의 始點과 終點을 指定하게 되는데, 이렇게 되면 複合機械의 指示器가 受理할 수 있는 文章의 種類는 더욱 制限을 받는다.

以上과 같은 여러 가지 限定條件들은 結局 入力文章의 文法에 關係된다.

앞서 나온 그림 2, 그림 3, 그림 4는 모두 變型의 例이다.

### 6. 入力言語의 機械從屬性 (Machine

Dependency of Input Language)

어떤 文章의 集合 L이 있어서, 이 L위의 모든 文章의 集合 L\*는 亦是 文章의 集合일 뿐 아니라 變型複合機械 S<sub>p</sub>가 受理할 수 있는 모든 文章의 集合을 意味하며, 또 L內的 各 要素는 그 要素 自身을 除外한 다른 要素들을 連接시키는 方法으로는 얻을 수 없는 要素들 만으로 이루어진 集合이라고 할 때 이 L을 變型複合機械 S<sub>p</sub>가 受理할 수 있는 文章의 最簡素集合 (simplest set)이라 부르기로 한다. 그런데 이 變型複合機械 S<sub>p</sub>가 I<sub>c</sub>를 制御入力語彙로 가졌다면, I<sub>c</sub>\*는 I<sub>c</sub> 위의 모든 文章의 集合으로 이루어진 言語이고, L과 L\* 및 I<sub>c</sub>\* 사이에는 다음 關係가 成立한다.

即,  $L \subseteq L^* \subseteq I_c^*$

따라서, 變型複合機械가 受理하는 文章은 I<sub>c</sub>\*의 一部分에 지나지 않는다.

그러므로 結局 우리는 I<sub>c</sub>\*에서 L\*를 抽出하거나 또는 識別하는 方法을 알고 있어야 하며, 또 必要에

따라서는 그 方法을 써서 L\*을 生成시킬 수도 있어야 하는데, 그 方法은 바로 複合機械가 갖는 入力言語의 構造를 規定짓는 文法 (grammar)이다.

이 文法은 어떤 外部問題의 機械的 處理를 爲해서 問題爲主로 設計되는 問題指向的 言語의 文法이 아니고, 複合機械自身的 內的屬性에 關係되는 文法이다. 따라서 우리는 入力言語의 構造, 即 入力構造 (input structure)가 機械的 從屬性을 지니고 있다고 말할 수 있다.

### 7. 結 論

複合機械는 미이리型 機械 및 무우어型 機械와 매우 손쉬운 互換性을 지니고 있다. 그런데 여기서는 그와 같은 互換性을 強調하지는 않았고, 오히려 그 互換性을 利用해서 複合機械를 다른 機械와 比較하며 그 特徵을 밝히는 한편, 複合機械의 內部構造가 入力言語와 어떤 聯關性을 갖고 있는가를 밝히는 데 力點을 두었다.

複合機械의 制御入力은 그 나뉠대로 하나의 言語體系를 이루고 있는데, 그 言語體系는 語彙와 文法의 두 가지 部分으로 區分하여 생각할 수 있다.

그 中, 語彙는 指示器의 狀態를 통해서 間接的으로 複合體를 表現하고 있기 때문에, 그 單語는 各各 어떤 素機械와 對應關係를 갖고 있다.

그리고 文法은 指示器의 狀態遷移特性 即, 그래프의 構造에 關係된다.

따라서 複合機械가 주어졌을 때, 그에 關한 入力文章을 作成하자면 그 機械의 內部構造 特性에 充實히 追從해야 한다.

특히 變型의 경우에는 그 內部構造에 對한 限定條件이 增加할 수록 機械에 許容되는 入力文章의 種類는 더욱 制限을 받게 되기 때문에, 完全型에 比해서 入力文章을 多樣하게 作成할 수 있는 自由度는 더욱 줄어들게 된다.

이와 같이 複合機械의 內部構造와 그 入力間의 密接한 相關關係는, 또한 複合機械를 그 入力の 定義域 (input domain)위에서도 嚴密히 表現할 수 있음을 示唆해 주고 있다.

### 參 考 文 獻

1. 金玄在, “制御入力과 複合機械”, 電子工學會誌 第 14卷 第1號, 1~4, 1977年 4月
2. 本多波雄, “オートマトン・言語理論”, 1~109, コロナ社, 日, 1972.
3. 小野寺力男, “グラフ理論の基礎” 禁北出版, 日, 1968.

