

# 진화 에이전트의 전략적 연합을 이용한 노동시장의 실험적 분석

양승룡,<sup>o</sup> 민준기, 조성배  
연세대학교 컴퓨터과학과  
{saddo, loomlike, sbcho}@sclab.yonsei.ac.kr

## Empirical Analysis of Labor Market Using Evolutionary Agents with Strategic Coalition

Seung-Ryong Yang, Jun-Ki Min, Sung-Bae Cho  
Dept. of Computer Science, Yonsei University

### 요약

일반적으로 노동시장은 노동자와 고용주들로 구성되며, 이들은 복잡한 상호작용을 통해 노사관계를 형성한다. 본 논문에서는 진화 에이전트들로 구성된 노동시장 모델 상에서 노동자들 또는 고용주들 사이에서 형성될 수 있는 전략적 연합을 적용하여 노동자와 고용주의 수적인 비율로 표현할 수 있는 직업밀집도와 직업집중도에 따른 행동 특성을 분석한다. 전략적 연합은 다중에이전트 환경에서 상호간의 이득을 보장하는 효과적인 방법이 될 수 있다. 진화 노동시장에서 노동자와 고용주들은 집단 내에서 자율적으로 연합을 형성하며 죄수의 딜레마게임으로 진행되는 거래에 참여한다. 실험결과, 에이전트들의 행동이 직업밀집도와 직업집중도에 따라 다르게 나타나며, 특히 전략적 연합이 허용될 경우 노동자와 고용주들이 보다 공격적인 형태로 노사거래에 참여함을 보여준다.

### 1. 서론

노동자와 고용주로 대표되는 현대 노동시장에서 고용과 근로관계에서 발생하는 이들의 상호작용(노사관계)은 노동시장의 유연성에 큰 영향을 미친다. 따라서 오래 전부터 미래의 노동시장 환경을 예측하여 새로운 노동수요를 창출하고 제조정하기 위한 연구들이 많이 진행되어 왔다. 노동시장의 주체인 노동자와 그들을 채용하는 고용주와의 관계는 우호적일 수도 있고 때로는 적대적일 수도 있다[1]. 또한 노동자와 고용주들은 서로 자신들의 이익증대를 위하여 다른 노동자 또는 고용주들과 전략적 연합을 형성하기도 한다. 본 논문에서는 일상적인 노동시장에서 노동자와 고용주간에 발생할 수 있는 상호작용과 이들 간의 전략적 연합에 대해 설명하고 이를 바탕으로 앞으로 발생할 수 있는 노동시장 환경의 변화를 모델링 한다.

노동자와 고용주의 관계는 경우에 따라 협동 또는 배반의 관계로 설명될 수 있다. 즉 노동자는 고용주가 제시한 근로조건에 따라 적극 협조하는 양상을 띠기도 하고 반대로 이를 악용하기도 한다. 이는 반복적 죄수의 딜레마(Iterated Prisoner's Dilemma: IPD) 게임[2]에서 두 죄수가 서로 상대방에 대하여 협동을 선택하거나 배반을 선택하는 경우와 유사하다. 본 논문에서는 노동시장에서의 노동자와 고용주간의 관계를 죄수의 딜레마게임에 적용하여 분석하였다.

### 2. 노동시장 모델

노동시장을 진화적으로 모델링하기 위해서는 먼저 노동자와 고용주들로 구성된 구성원들의 관계를 설정하여야 한다. 노동시장은  $M$ 명의 노동자와  $E$ 명의 고용주로 구성되며, 이들은 시장에서의 상호작용 결과에 따라 정해진 이득을 얻는다. 그리고 노동자는 고용주에 대하여  $wq$ 만큼의 작업쿼터(work offer quota)를 제안할 수 있고 고용주는 노동자에 대하여  $eq$ 만큼의 채용쿼터(acceptance quota)를 가질 수 있다. 이를 바탕으로  $(E*eq)/(M*wq)$ 로 표현할 수 있는 노동시장의 직업밀집도(job capacity: JCAP)가 결정되며  $M/E$ 는 고용주에 대한 노동자의 비율인 직업집중도(job concentration: JCON)로

나타낼 수 있다[1].

노동자와 고용주가 상호 기대이득에 부응하여 노동자가 고용주에게 채용될 경우에는 죄수의 딜레마게임의 관계가 성립되어 서로 자신의 전략으로 상대방을 대하게 된다. 즉 노동자는 고용주에 대하여 협동(cooperation)하거나 배반(defection)을 할 수 있으며 고용주도 자신이 채용한 노동자에 대하여 협동하거나 배반을 선택할 수 있다. 예를 들어, 노동자는 고용주가 임금을 높게 책정하고 근로조건을 양호하게 유지할 경우 이에 대한 보답으로 열심히 근무하여 고용주의 이득을 높여 주거나(협동관계), 그 반대로 이를 악용하여 근무에 태만함으로써 자신의 이득만 챙길 수도 있다(배반관계). 반대로 고용주는 자신이 채용한 노동자가 열심히 근무하는데 대하여 임금을 높여주고 근로조건을 개선하는 행동을 할 수 있으며(협동관계), 그 반대로 노동자를 착취 할 수도 있다(배반관계).

노동자와 고용주의 관계에서 노동자가 배반을 당할 경우 노동자는 가혹이득(sucker's payoff:  $S$ )을 받고 고용주는 유혹이득(temptation payoff:  $T$ )을 받는다. 노동자와 고용주 모두 서로 배반할 경우 이들 둘은 벌칙이득(penalty payoff:  $P$ )을 받으며, 둘이 상호 협동을 할 경우에는 보상이득(reward payoff:  $R$ )을 받게 된다. 그밖에 노동자의 제안이 거절되었을 때 노동자가 받는 거절이득(refusal payoff:  $F$ )과 아무런 제안을 하지 않을 때 받는 비활동이득(inactivity payoff:  $I$ )이 있다. 모든 가능한 이득들 간의 관계는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$S < P < F < 0(I) < R < T$$

노동시장에서 노동자와 고용주들이 죄수의 딜레마게임 방식으로 상호작용을 할 경우 에이전트들은 다음 몇 가지 행동양상을 띠게 된다. 즉 에이전트의 성향에 따라 소극적(inactivity)으로 활동하는 에이전트들도 나타날 수 있고, 상대방의 협동에 대하여 배반을 주로 하는 공격적(aggressive)인 행동을 하는 에이전트도 나타나며, 서로 호의적(nice)인 성향을 가진 에이전트들도 나타나게 된다. 일반적인 죄수의 딜레마 게임에서는 게임이 무한히 반복될 경우 호의적인 전략이

집단을 지배하게 되나, 노동시장의 경우에는 노동자와 고용주의 수적 비율에 따라 공격적이거나 비활동적인 에이전트들이 집단을 지배할 수도 있다. 노동자와 고용주가 자신의 전략을 구사하여 얻을 수 있는 이득은 유효이득(utility:  $U$ )으로 나타내며, 이 이득은 노동자 또는 고용주들의 적합도(fitness)를 평가하는 기준이 된다.

### 3. 전략적 연합

노동시장에서 전략적 연합의 적용은 노동자와 고용주들이 서로 자신들의 이득을 향상하기 위한 방법으로 사용된다[3]. 일반적으로 단순한 노동시장에서는 연합의 형태를 찾아볼 수 없으나 노동시장의 조건이 복잡해지고 동일한 노동환경에 많은 노동자 또는 고용주들이 속해 있는 상황에서는 상호간의 전략적 연합이 가능해진다. 예를 들면, 각 기업에서 활동하는 노동조합이나, 기업가들의 연합인 경제인 연합회 등이 그것이다.

최수의 딜레마 게임으로 모델링되는 진화 노동시장에서 노동자와 고용주들은 자신이 속한 집단 내에서 전략적 연합을 형성하는데 이들 간의 전략적 연합을 정의하기 위하여 다음과 같이 나타낸다.  $I=\{A_i, A_j, \dots, A_n\}$ 는 각 집단 내에서 최수의 딜레마 게임에 참가하는 노동자 또는 고용주의 집합이며,  $C=\{C_i, C_j, \dots, C_n\}$ ,  $|C|\geq 2$ 는 이들 에이전트들이 형성하는 전략적 연합이다. 연합  $C$ 는 에이전트의 집합  $I$ :  $C\subseteq I$ ,  $|C|\leq |I|$ 의 원소이며, 연합에 속한 모든 에이전트들은 게임을 통해 자신의 이득  $p_i$ 를 가진다. 따라서 연합  $C$ 는 벡터  $C=\langle S_c, N_c, f_p, D_c \rangle$ 를 가진다. 여기에서  $S_c, N_c, f_p, D_c$ 는 각각 연합의 이득함, 연합에 참가한 에이전트의 수, 이득함수, 연합의 의사결정을 나타낸다. 이를 바탕으로 다음과 같이 전략적 연합을 정의할 수 있다[4].

**정의 1. 연합값(Coalition Value):**  $\omega$ 를 노동자 또는 고용주 개개인 노사거래에서 얻는 이득에 대한 가중치라고 하면, 연합의 이득함  $S_c$ 는 이들의 이득을 합한 것이 되고, 연합이득  $C_p$ 는 연합에 참가하는 에이전트들의 신뢰도(가중치)에 의한 평균 이득이 된다.

$$S_C = \sum_{i=1}^{|C|} p_i \omega_i \quad (1)$$

$$\text{단, } \omega_i = \frac{p_i}{\sum_{j=1}^{|C|} p_j}, \quad C_p = \frac{S_C}{|C|} \quad (2)$$

**정의 2. 이득함수(Payoff Function):** 연합에 속한 노동자와 고용주들은 주어진 함수에 따라 상호작용의 결과로 이득을 얻는다. 본 논문에서는 Tesfatsion의 이득값을 따른다[1].

**정의 3. 연합식별(Coalition Identification):** 각각의 연합은 자신만의 고유 식별번호를 가진다. 이는 연합이 최초로 형성될 때 부여되며, 연합이 해체될 경우 함께 소멸한다.

**정의 4. 의사결정(Decision Making of Coalition):** 연합은 소속된 에이전트들의 의사를 모아 하나의 행동을 결정하여야 한다. 이 행동은 연합이 게임에 참가할 경우 다음 행동이 된다.

$$D_C = \begin{cases} 0 = \text{Cooperation,} & \text{if } 1 < \frac{\sum_{i=1}^{|C|} C_i^C \cdot \omega_i}{\sum_{i=1}^{|C|} C_i^D \cdot \omega_i} \\ 1 = \text{Defection,} & \text{if } 0 < \frac{\sum_{i=1}^{|C|} C_i^C \cdot \omega_i}{\sum_{i=1}^{|C|} C_i^D \cdot \omega_i} \leq 1 \end{cases} \quad (3)$$

**정의 5. 이득분배(Payoff Distribution):** 연합에 속한 에이전트들은 다른 에이전트나 연합과의 게임이 끝난 후, 그 결과에 따라

이득을 얻는다. 이 이득은 연합에 소속된 각 에이전트의 신뢰도에 따라 분배된다.

### 4. 실험결과

본 논문에서는 진화 노동시장에서 에이전트들 사이에서 일어나는 전략적 연합을 효과적으로 모델링하기 위하여 노동자와 근로자의 수를 Tesfation이 적용한 집단의 크기보다 두 배 많은 24로 설정하였다. 그리고 다양한 직업밀집도에서 연합이 노동시장에 미치는 영향을 분석하기 위하여 긴축밀집도(tight job capacity,  $E*eq/W*wg=1/2$ ), 균형밀집도(balanced job capacity,  $E*eq/W*wg=1$ ), 초과밀집도(excess job capacity,  $E*eq/W*wg=2/1$ )로 구분하여 실험하였다. 또한 각 직업밀집도 상황에서 노동자의 노동쿼터( $wq$ )와 고용자의 고용쿼터( $eq$ )를 고도집중도(high job concentration,  $W/E=2/1$ ), 균형집중도(balanced job concentration,  $W/E=1$ ), 저집중도(low job concentration,  $W/E=1/2$ )로 구분하여 실험하였다. 표 1은 실험에 사용된 패러미터들을 나타낸 것이다.

표 1. 실험 패러미터

패러미터	값	패러미터	값
집단 크기	48	비활동이득	0.0
교차율	0.6	가혹이득	-1.6
돌연변이율	0.005	유희이득	3.4
라운드	12	보상이득	1.4
반복수	150	벌칙이득	-0.6
초기이득	1.4	히스토리 크기	2
거절이득	-0.5	세대 수	200

#### 4.1 직업밀집도와 전략적 연합

직업의 밀집도는 앞서 언급한 바와 같이 노동시장을 구성하는 노동자와 고용주 간의 수적인 비율관계를 의미하는 것으로 밀집도가 긴축(tight)하다는 것은 노동자의 구직제안에 대하여 이를 수용할 수 있는 고용주의 채용능력이 부족한 경우를 말한다. 이에 비해 균형된 밀집도에서는 노동자의 구직제안과 고용주의 채용능력이 균형을 이루는 상태를 말한다. 밀집도가 초과상태가 되면 직업을 구하는 노동자는 적으나 노동자를 고용하고자 하는 고용주는 많은 상태를 말한다. 일반적으로 균형된 밀집도 환경하에서는 노동자와 고용주들이 서로 협력하는 관계를 맺게 되며, 이들의 유효이득 또한 다른 밀집도 상태에 비하여 상대적으로 높게 나타난다. 따라서 노동자가 실업상태에 놓이거나 고용주가 노동자를 채용하지 못하는 비율이 낮게 나타난다[1].

표 2. 균형된 직업집중도에서 직업밀집도와 전략적 연합에 따른 실험결과

	Tight job capacity (JCAP=1/2)			Balanced job capacity (JCAP=1)			Excess job capacity (JCAP=2)		
	Inact.	e	w	Inact.	e	w	Inact.	e	w
Coalition not allowed	Inact.	1%	24%	Inact.	2%	0%	Inact.	32%	0%
	Aggr.	63%	15%	Aggr.	62%	4%	Aggr.	23%	47%
	Nice	67%	50%	Nice	73%	73%	Nice	58%	68%
	Utility	1.35	0.33	Utility	1.13	1.07	Utility	0.57	1.23
Coalition allowed	Inact.	1%	25%	Inact.	10%	3%	Inact.	39%	4%
	Aggr.	34%	21%	Aggr.	31%	26%	Aggr.	18%	47%
	Nice	29%	22%	Nice	34%	31%	Nice	19%	31%
	Utility	0.92	0.26	Utility	0.78	0.78	Utility	0.57	0.76

본 절에서는 직업밀집도에 따라 노동시장에서 나타날 수 있는 연합의 상황을 적용하여 실험하였다. 표 2는 균형된 직업집중도(JCON=1)에서 직업밀집도에 따라 연합을 가능하게 했을 경우와 그렇지 않을 경우에 대한 실험결과를 나타낸 것이다. 표에서 보는 바와 같이 연합이 허용되지 않는 균형밀집도(JCAP=1) 환경에서 노동자와 고용주는 주로 서로 호의적인 전략을 선택하였다. 긴축밀집도(JCAP=1/2)에서는 공격적인 성향을 가진 고용주들이 많이 나타났으며, 이에 비해 초과밀집도(JCAP=2)에서는

노동자들이 보다 공격적인 성향을 보였다. 이는 노동자들이 수적비율에서 고용주보다 유리한 상황에 있기 때문이다. 연합이 허용될 경우, 각 직업집중도 환경에서 공통적으로 호의적인 전략을 선택하는 에이전트들이 감소하였는데, 이는 연합으로 인해 노동자 또는 고용주들이 서로 상대를 이용하려는 공격적인 성향을 나타내기 때문이다.

#### 4.2 직업집중도와 전략적 연합

본 절에서는 노동시장에서 노동자와 고용주들의 수와 제안능력이 균형을 이루는 균형밀집도 상황에서 각각의 노동자와 고용주들의 수적 비율에 대한 직업집중도 실험결과를 제시한다. 실험을 위하여 사용되는 집중도는 노동자의 수가 24( $W=24$ )이고 고용주의 수가 12( $E=12$ )일 경우인 고도집중도( $JCON=2$ ), 노동자의 수와 고용주의 수가 모두 24( $W=E=24$ )일 경우인 균형집중도( $JCON=1$ ), 노동자의 수가 12( $W=12$ )이고 고용주의 수가 24( $E=24$ )인 저집중도( $JCON=1/2$ )이다. 표 3은 균형밀집도 환경하에서 연합의 가능 여부에 따른 각 직업집중도별 실험결과를 나타낸 것이다. 연합이 허용되지 않을 경우, 모든 직업집중도 환경에서 호의적인 전략을 가진 에이전트들이 집단을 지배하고 있다. 그러나 연합이 허용되면 호의적인 전략을 가진 에이전트들은 급격히 감소하고 공격적인 에이전트들이 많이 나타난다. 이는 연합에 속한 에이전트들이 상대방의 약점을 이용하여 이득을 챙기려 하기 때문이다.

표 3. 균형된 직업밀집도에서 직업집중도와 전략적 연합에 따른 실험결과

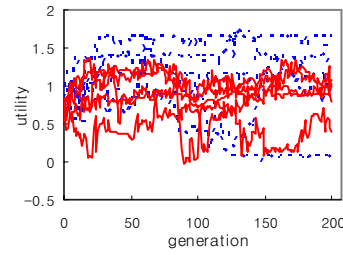
Coalition	High job concentration (JCON=2)		Balanced job Concentration (JCON=1)		Low job concentration (JCON=1/2)				
	e	w	e	w	e	w			
not allowed	Inact.	3%	2%	Inact.	2%	0%	Inact.	3%	1%
	Aggr.	62%	37%	Aggr.	62%	4%	Aggr.	40%	26%
	Nice	65%	60%	Nice	73%	73%	Nice	74%	78%
	Utility	0.86	0.89	Utility	1.13	1.07	Utility	1.22	1.00
allowed	Inact.	10%	9%	Inact.	10%	3%	Inact.	14%	7%
	Aggr.	64%	36%	Aggr.	31%	26%	Aggr.	27%	32%
	Nice	42%	27%	Nice	34%	31%	Nice	39%	45%
	Utility	0.53	0.51	Utility	0.78	0.78	Utility	0.85	0.75

그림 1은 균형된 직업밀집도 환경에서 직업집중도에 따라 에이전트들이 가지는 유효이득을 나타내고 있다. 그림 1(a)와 (b)에서 연합이 허용되지 않고  $JCAP=1$ ,  $JCON=2$ 일 경우, 노동자와 고용주의 이득은 연합이 허용되었을 경우보다 높게 나타난다. 이는 연합이 공격적인 성향을 가짐으로써 상호배반의 결과를 초래하여 낮은 이득을 받기 때문이다. 그림 1(c)와 (d)는 연합이 허용되지 않고  $JCAP=1$ 이고  $JCON=1$ 인 경우 노동자와 고용주의 유효이득으로 위 경우와 마찬가지로 연합을 허용했을 경우 보다 이득값이 높게 나타난다. 그림 1(e)와 (f)는  $JCAP=1$ 이고  $JCON=1/2$ 일 경우 연합의 허용여부에 따른 노동자와 고용주의 이득을 나타낸 것으로 연합이 허용될 경우 고용주의 이득은 연합이 허용되지 않을 경우 보다 낮게 나타난다. 이는 수적 균형이 이루어지지 않은 노동시장 구조에서는 연합이 공격적인 전략을 주로 선택하기 때문이다.

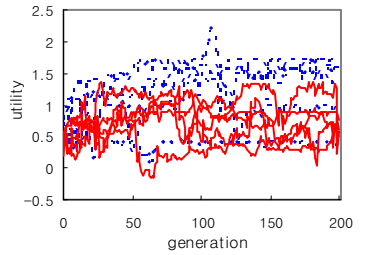
#### 5. 결론

본 논문에서는 실제 노동시장에서 노동자와 고용주들 사이에서 일어날 수 있는 전략적 연합을 노동자와 고용주의 수적 비율에 따라 죄수의 딜레마 게임을 적용하여 모델링하였다. 진화 노동시장에서 전략적 연합을 허용할 경우 노동자와 고용주들은 서로의 집단 내에서 전략적 연합을 형성하고 보다 공격적으로 노사거래에 참여하였다. 이는 전략적 연합이 노동시장을 매우 경쟁적인 구도로 만들고 상호집단의 이익을 보장하기 위하여 보다 공격적으로 노사거래에 참여하기 때문이다. 그 결과로 연합의

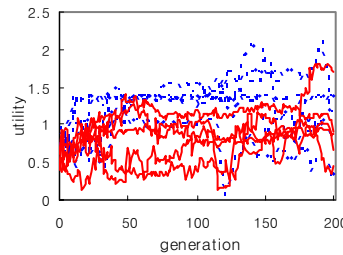
전체적인 이득은 연합형성 이전보다 더 낮게 나타났다. 특히, 노동자와 고용주의 수적 비율이 불균형 상태에서는 더 공격적이고 경쟁적인 노사관계가 형성되었다.



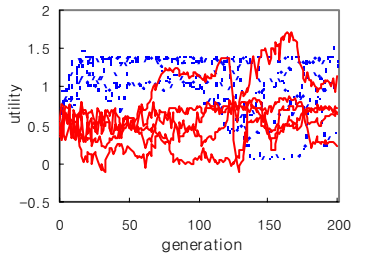
(a) Employer in JCAP=1, JCON=2



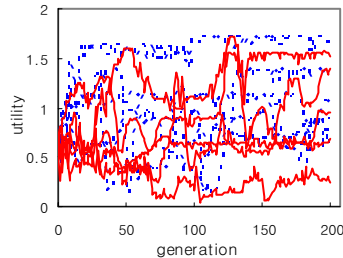
(b) Work supplier in JCAP=1, JCON=2



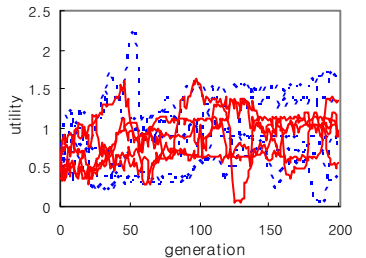
(c) Employer in JCAP=1, JCON=1



(d) Work supplier in JCAP=1, JCON=1



(e) Employer in JCAP=1, JCON=1/2



(f) Work supplier in JCAP=1, JCON=1/2

그림 1. 연합 허용 여부와 직업집중도에 따른 이득 변화. 실선은 연합이 허용되었을 때, 점선은 연합이 허용되지 않았을 때.

#### 감사의 글

이 논문은 학술진흥재단(2002-005-H20002)의 지원에 의해 작성되었습니다.

#### 참고문헌

- [1] L. Tesfatsion, "Structure, behavior, and market power in an evolutionary labor market with adaptive search," *Journal of Economic Dynamics and Control*, vol. 25, pp. 419-457, 2001.
- [2] R. Axelrod, "The evolution of strategies in the iterated prisoner's dilemma," *Genetic Algorithms and Simulated Annealing*, San Mateo, CA: Morgan Kaufmann, ch. 3, pp. 32-41, 1987.
- [3] O. Shehory and S. Kraus, "Coalition formation among autonomous agents: Strategies and complexity," *Fifth European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany, pp. 56-72, 1993.
- [4] S.-R. Yang and S.-B. Cho, "Social agents with strategic coalition generalizes well in IPD game," H. Gao editor, *Proceeding of International Congress of Mathematicians*, Qingdao Publishing House, pp. 875-888, 2002.