

# 관찰자 에이전트를 이용한 이동 에이전트 결함 내성 기법

윤재환, 박태순  
세종대학교 컴퓨터공학과  
{rivian, tspark}@sejong.ac.kr

## A Fault-Tolerant Mobile Agent Scheme using Observer Agents

Jaehwan Youn and Taesoon Park  
Dept. of Computer Engineering, Sejong University

### 요 약

이동 에이전트 시스템의 안정성을 높이기 위해 지금까지 여러가지 이동 에이전트 결함 내성 기법이 연구, 개발되어 왔다. 이동 에이전트의 결함 내성 기법은 크게 복제 기법과 검사점 기법으로 나뉘는데, 일반적으로 복제 기법이 검사점 기법보다 안정적이지만 복제와 동의 과정에 따르는 부하 때문에 효율성 면에서는 검사점 기법에 비해 떨어지게 된다. 이를 개선하기 위해 비동기 에이전트 복제, 동의 전용 에이전트의 사용, 고정된 동의 전용 에이전트의 사용 등 여러 기법이 개발되었다. 이들 중 고정된 동의 전용 에이전트 기법은 안정성과 성능 모두 높은 실험 결과를 보이나 실제 시스템에 적용하기 힘들다는 단점이 있는데, 본 논문에서는 관찰자 에이전트라는 일종의 동의 전용 에이전트를 도입하여 고정된 동의 전용 에이전트 기법을 보완, 개선하는 방안을 제시한다.

### 1. 서 론

이동 에이전트 시스템이란 컴퓨터들 사이를 돌아다니며 사용자가 의도한 작업을 수행하는 프로그램을 말한다. 이동 에이전트의 특징으로는 사용자의 개입 없이 스스로 동작하는 자율성, 자신과 네트워크 상태를 판단하여 최적의 성능을 내도록 하는 지능성, 그리고 비동기성 등이 있다.

이동 에이전트를 이용하면 용량이 큰 데이터를 전송하는 것이 아니라 작은 크기의 에이전트가 직접 이동하여 문제를 해결한 후 결과물만을 가져오면 되기 때문에 네트워크 부하를 줄일 수 있으며, 일단 에이전트를 보낸 후에는 사용자가 신경 쓸 필요가 적기 때문에 사용 편의성을 높여주는 등의 장점을 가질 수 있다.

그러나 이런 이동 에이전트의 자율성에는 문제점 또한 뒤따르게 되는데, 사용자가 계속해서 상호작용을 하지 않으므로 도중에 오류가 발생하거나 네트워크 장애 등으로 에이전트가 작동을 멈췄을 경우 복구하기가 힘들다는 것이다. 이러한 일을 방지하여 이동 에이전트 시스템의 안정성을 높이기 위해 다양한 종류의 결함 내성 기법들이 개발되어 있다 [1].

이러한 결함 내성 기법은 크게 검사점 기법과 복제 기법으로 나뉜다. 복제 기법에서는  $k$ 개의 오류에 견디기 위해  $2k+1$ 개의 복제본을 만들어 전송하고, 문제가 발생

하면 동의 과정을 거쳐 과반수, 즉  $k$ 개 이상의 동의를 받은 복제본이 원래 에이전트를 대신해 작업을 수행하게 된다. 이 방식은 검사점 기법에 비해 안정성 면에서 뛰어나지만 복제와 동의 과정에서 발생하는 부하 때문에 성능이 떨어진다는 단점이 있다.

복제 기법의 이런 단점을 개선하기 위해 비동기 에이전트 복제, 동의 전용 에이전트 사용, 고정된 동의 전용 에이전트의 사용 등 여러 방안이 제시되고 있다. 이중 고정된 동의 전용 에이전트는 안정성과 성능 모두 뛰어난 결과를 보이지만, 실제 시스템에 적용하기 힘들다는 단점이 있다. 본문에서는 고정된 동의 전용 에이전트 시스템과 동등한 성능을 보이면서도 좀더 현실적으로 이용할 수 있는, 새로운 복제 기법을 제시하고자 한다.

### 2. 이동 에이전트의 결함 내성 기법

#### 2.1 고정된 동의 전용 에이전트 기법

이 기법은 기존의 동기식 복제 기법의 자기 복제 시간이 길어진다는 단점을 해소하고, 비동기식 복제 기법에서 문제점으로 지적되던 긴 동의 시간을 줄여 높은 효율성과 복제 기법 특유의 안정성을 동시에 추구한 기법이다 [2].

복제 기법에서는  $k$ 개의 결함에 대응하기 위해 자신을  $2k+1$ 개 만큼 복제하게 된다. 그러나 이들 중 실제 오류

복구에 참여하는 것은  $k+1$ 개의 에이전트 뿐으로, 나머지  $k$ 개의 에이전트는 단순히 동 의 과정에만 참여하게 되는데, 이 점에 착안하여 동 의 과정에만 참여하는 동 의 전용 에이전트 기법이 만들어 졌다. 동 의 전용 에이전트란 동 의 과정에만 참가하도록 만들어진 작은 에이전트로, 크기를 줄여 복제 과정에서 발생하는 부하를 줄인 것이다.

고정된 동 의 전용 에이전트 기법은 이 동 의 전용 에이전트 기법을 응용한 것으로, 미리 고정된 지점에 동 의 전용 에이전트를 전송해 두고 동 의 과정에서는 우선적으로 이 고정점에 메시지를 보내는 것이다. 이렇게 하면 에이전트 복제에 걸리는 시간을 줄일 수 있고, 동 의 과정에서의 시간 지연도 줄일 수 있다.

그러나 이 기법을 실제로 구현하려면 동 의 전용 에이전트들이 정착할 안정된 장소가 필요하게 된다. 게다가 이런 장소를 확보하더라도 방대한 규모의 네트워크에서는 이 고정점과 현재 실행중인 에이전트 간의 거리가 멀어져 동 의 과정에 시간이 걸리는 등의 문제점 때문에 실효성이 떨어진다.

## 2.2 관찰자 에이전트를 이용한 복제 기법

위에서 말한 고정된 동 의 전용 에이전트 기법의 단점을 보완한 것이 여기서 우리가 제시할 관찰자용 이용한 복제 기법이다. 관찰자(observer)란 원래 복제 기법이 아닌 검사점 기법[3]에서 사용되는 것인데, 우리는 이를 복제 기법에 접목하여 복제 기법의 안정성과 검사점 기법의 효율성을 추구하고자 했다.

고정된 동 의 전용 에이전트 기법과 달리 이 기법에서는 동 의 전용 에이전트를 전송하지 않는다. 대신 검사점 기법에서처럼 실행이 끝난 지점에 자신을 복제하여 관찰자 에이전트를 남겨 두고, 이들을 동 의 전용 에이전트와 같이 활용하게 된다.

이 때 수행 순서는 다음과 같다.

1. 에이전트가 목적지에 도착
2. 작업 수행
3. 동 의 과정
4. 주(primary) 에이전트 복제 및 전송
5. 관찰자 생성
6. 복제본 생성 및 전송

앞 순서 중 주 에이전트가 전송되어 다음 노드에서 작업 수행을 끝낸 뒤에 이 전 노드에 관찰자가 생성되지 않았을 경우 동 의 과정에서 충분한 수의 관찰자가 없다고 판단해 오동작을 하게 되는데, 이를 방지하기 위해 관찰자 에이전트의 생성이 끝나면 주 에이전트에게 메시

지를 보내고, 주 에이전트는 작업이 끝나고 관찰자로 부터 메시지를 받기 전까지는 대기하도록 했다.

이 기법을 사용하면 동 의 전용 에이전트가 정착할 장소가 필요 없어지고, 이동 에이전트가 지나 온 장소는 현재 지점과 가까울 확률이 높기 때문에 동 의 과정에서 메시지를 주고받을 때 발생하는 시간 지연 또한 줄일 수 있다.

단 이 경우 한 노드에서 복제 작업과 동 의 작업이 동시에 이루어지게 되므로, 동 의 작업이 완전히 별개의 장소에서 이루어지는 고정된 동 의 전용 에이전트 기법에 비해 다소 성능이 저하되는 경향을 보인다. 또한 작업의 수행 시간이 매우 짧으면 관찰자로 부터 메시지를 받을 때 까지 약간의 대기 시간이 생기게 되는데, 실험 결과 이는 큰 문제가 되지 않는 것을 볼 수 있었다.

## 3. 실험 환경

우리는 성능 비교를 위해 기존의 복제 기법과 고정된 동 의 전용 에이전트 기법, 그리고 관찰자 에이전트 기법을 Aglet SDK 1.1b2로 구현했다. 실험은 펜티엄 4 2.4Ghz, RAM 256메가 컴퓨터 40대로 실행했으며, 총 열 번의 실험 후 최대값과 최소값을 뺀 8개 값의 평균값을 사용했다.

또한 에이전트의 크기를 변경하기 위해서  $N \times N$ 개의 바이트 배열을 사용했으며, 작업 수행 시간을 변경하기 위해서 작업은 단순히 sleep() 메소드로 필요한 시간 만큼 에이전트를 지연시키도록 했다.

## 4. 실험 결과

그림 1은 에이전트의 크기를 바꿔 가며 실험한 결과를 보여 준다. 기존의 복제 기법은 Sync로, 고정된 동 의 전용 에이전트 기법은 FixedCA로 나타났으며, 관찰자 에이전트 기법은 ObLazy로 나타냈다.

그래프를 보면 에이전트의 크기가 커질 수록 복제에 따른 부하가 크게 늘어나는 기본 복제 기법에 비해 고정된 동 의 전용 에이전트 기법과 관찰자 복제 기법은 성능이 매우 향상되었으며, 크기에 따른 부하 증가율도 낮은 것을 알 수 있다. 관찰자 에이전트 기법이 고정된 동 의 전용 에이전트 기법에 비해 다소 낮은 성능을 보이는 하지만 그 차이는 최고 9000ms 정도로 적었으며, 에이전트 크기 400kb 이하에서는 1000ms 이하까지 줄어들어 사실상 거의 동등한 성능을 보인다고 할 수 있다.

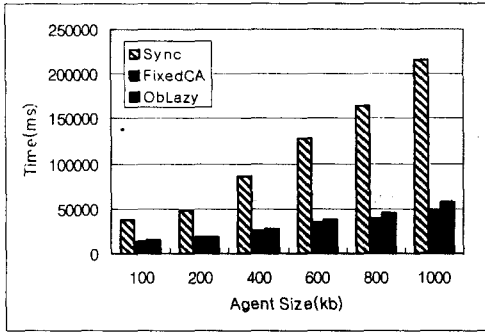


그림 1. 에이전트 크기에 따른 성능 비교

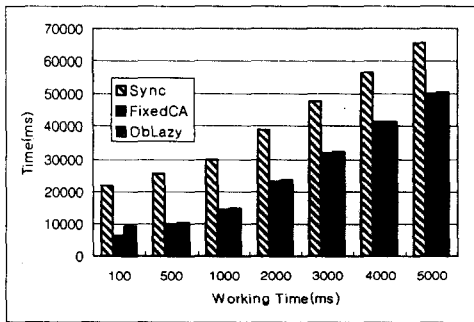


그림 2. 실행 시간에 따른 성능 비교

그림 2는 에이전트의 크기를 100kb로 고정하여 복제에 따른 부하를 줄인 상태에서 작업 수행 시간을 변경시켜 가며 실험한 결과이다. 복제 부하가 줄어들었음에도 불구하고 여전히 고정된 동의 전용 에이전트 기법이 뛰어난 성능을 보이며, 관찰자 에이전트 기법도 그와 거의 동등한 성능을 보이고 있어 동의 과정에 걸리는 시간에는 두 기법 간의 성능차이가 거의 없는 것을 알 수 있다. 앞에서 언급했듯이 관찰자 에이전트 기법에서는 주 에이전트가 실행을 마친 후 관찰자에게서 오는 메시지를 기다리게 되는데, 그 때문에 실행 시간이 매우 짧을 때는 다소 느려지는 결과를 볼 수 있다.

그림 3은 실행 시간 1000ms, 에이전트 크기 800kb에서 생성하는 복제본 갯수에 따른 성능 차이를 보여준다. 각각 3, 5, 7개의 복제본을 생성하는 경우인데, 기존 복제 기법이 복제본 갯수가 늘어남에 따라 전체 실행 시간이 크게 늘어나는 반면, 고정된 동의 전용 에이전트 기법은 비교적 적은 변화를 보여준다. 관찰자 에이전트 기법도 고정된 동의 에이전트 기법에 비하면 다소 실행 시

간이 늘어나지만 그 폭은 미미한 것을 볼 수 있다.

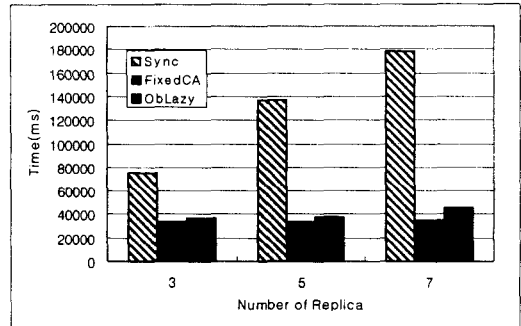


그림 3. 복제본 갯수에 따른 성능 비교

### 5. 결 론

이 논문에서는 검사점 기법과 복제 기법을 접목하여 새로운 결함 내성 기법인 관찰자 에이전트 기법을 제시하였다. 따로 동의 전용 에이전트를 생성하는 대신 자신을 복제하여 관찰자로 이용함으로써 이전에 고정된 동의 전용 에이전트 기법이 갖던 현실적 문제를 해결할 수 있었다. 또한 성능 면에서도 이전의 기법들에 비해 좋은 결과를 나타내어 좀더 실제 시스템에서 사용할 수 있는 가능성을 가졌다고 할 수 있을 것이다.

### Acknowledgements

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구 지원으로 수행되었음 (과제번호: R04-2002-000-20102-02003).

### 6. 참고 문헌

- [1] S. Pleisch and A. Schiper, "Modeling Fault-Tolerant Mobile Agent Execution as a Sequence of Agreement Problems," *Proc. of the 19th Symp. on Reliable Distributed Systems*, pp. 11-20, 2000.
- [2] 변일수, 김수석, 박태순, "비동기 에이전트 복제를 이용한 효율적인 이동 에이전트 복구 기법," 한국정보과학회 제30회 춘계학술발표회 발표논문집, 2003년 4월.
- [3] 강수석, 변일수, 박태순, "k-결함 허용 검사점 기법을 이용한 이동 에이전트 복구 기법에 관한 연구," 한국정보처리학회 제19회 춘계학술발표대회 발표논문집, 2003년 5월.