

이동 분산 실시간 시스템의 명세를 위한 DATM의 정의

박주호¹, 이문근²
전북대학교, 컴퓨터학과¹
전북대학교, 전자정보공학부²
{juhpark, mklee}@cs.chonbuk.ac.kr

Definition of DATM for specifying of Mobile Distributed Real Time Systems

Ju-Ho Park¹, Moon-Kun Lee²
Department of Computer Science, Chonbuk National University¹
Division of Electronics and Information Engineering, Chonbuk National University²

요약

이동 분산 실시간 시스템(MDRTS: Mobile Distributed Real-time Systems)은 분산 네트워크 상에서 협력 동작하며 특정 시간 내에 요구하는 정보를 제공하는 이동 시스템이다. MDRTS는 시간, 이동성, 분산성 등을 표현하기 때문에 명세 복잡도가 높고, MDRTS의 성공적인 동작을 보장하기 위해 보다 정확하고 효율적인 시스템의 설계가 중요하다. 특히 시스템의 분산성과 이동성에 의해 발생하는 다양한 종류의 제약 사항을 표현할 수 있는 정형기법이 필요하다. 본 논문에서는 MDRTS를 명세하기 위해 PATM(Probabilistic Abstract Timed Machine)[1]을 확장하여 정의한 DATM(Distributed Abstract Timed Machine)에 대해 기술한다. DATM은 PATM에서 표현하기 힘들었던 이동하는 기계의 분산 정보를 명세할 수 있도록 하였고, 시간, 거리, 확률, 보안에 대한 제약 사항을 명세할 수 있도록 정의하였다. MDRTS가 가진 제약사항들은 영역을 정의하여 표현하였다. 영역의 종류에는 시간영역, 거리영역, 확률영역, 보안영역이 있다. 각 영역의 속성에 시간적인 제약을 표현할 수 있으며, 시간과 공간 논리를 사용하여 모델링하였다.

1. 서론

유/무선 네트워크의 사용의 증가에 따라 많은 실시간 시스템들이 분산된 네트워크 상에서 서로 협력하여 동작을 한다. 다양한 환경에서 시스템의 이동을 필요로 하며 방위, 항공, 의료, 금융 등의 분야에서 MDRTS가 사용되어진다. 실시간 시스템은 시간의 요구를 만족할 수 있는가에 따라 시스템의 성능과 신뢰도가 결정이 되며, 만족할 만한 성능과 신뢰도를 가진 시스템인가의 여부에 따라 많은 재산과 인명의 위험을 초래하기도 한다. 시스템이 이동하며, 분산되어 작동하기 때문에 MDRTS의 안전한 동작을 위해서는 보다 정확한 시스템의 설계가 중요하게 되었다. 이러한 MDRTS를 명세하기 위한 정형기법인 DATM을 개발하였다.

DATM에서는 기존의 PATM에서 표현하지 못했던 MDRTS의 분산정보와 이동정보를 표현하기 위한 방법을 정의하고, 분산된 시스템에서 필요로 하는 시간, 거리, 확률, 보안에 대한 속성을 표현하기 위해 영역을 정의한다. PATM은 기계 내부 동작을 표현하는데 치중한 반면, DATM은 기계 외부와의 상호작용을 표현하였고, 상호작용에서 필요로 하는 여러 속성들을 영역을 사용하여 표현한다.

2. 관련연구

시스템의 명세를 위해 CRSM(Communicating Real-time State Machines)[4], Statecharts[5], Timed

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구(1999-2-303-003-3) 지원으로 수행되었음.

Petri Net[6], Modechart[7] 등과 같이 많은 정형기법들이 소개 되었다. 그러나 이러한 정형기법들은 이동하는 실시간 시스템의 분산정보를 표현하기에는 적합하지 않으며, 시스템에 대한 이해와 포괄적인 분석이 어렵다. 본 논문에서 정의하는 DATM은 MDRTS에서 필요로 하는 시스템의 분산정보와 이동정보를 표현하며, 시스템들 사이에서 필요로 하는 여러 제약사항을 영역의 개념을 사용하여 표현하고, 그래픽적 요소를 사용하여 시스템의 이해를 돕는다.

2.1 공간 논리

공간의 표현을 위한 방법론들이 많이 있다[3, 8, 9, 10]. 공간의 표현은 위상공간상에서 표현을 한다. 공간의 표현을 위해 소개된 방법으로는 RCC[8], RCC-8[9], BRCC-8[10] 등이 있으며, 각각은 공간을 표현하는데 있어서 약간의 표현력의 차이가 존재한다. 본 논문에서는 비교적 공간을 비교적 간단 명료하게 표현할 수 있는 RCC-8의 일부 표현 방법을 사용한다. 기본적으로 두 공간의 상태를 표현하게 되는데, 두 공간 x 와 y 에 대해서 $C(x,y)$, $EQ(x,y)$, $DC(x,y)$, $O(x,y)$, $P(x,y)$, $PO(x,y)$ 의 관계를 가질 수 있다. 각각의 의미는 두 영역이 '연결되어 있다', '같다', '떨어져 있다', '겹쳐있다', '부분이다', '부분적으로 겹쳐있다' 이다. 이것을 이용하여 각 영역들 간의 상태를 표현한다.

2.2 시간 논리

시간을 표현하는 방법론 역시 많이 소개 되었다[11, 12, 13, 14]. 선형적 시간을 표현한 것에는 PTL(Propositional temporal logic)[11]이 있으며, 분기 시간을 표현한 것에는 PTL을 확장한 MPTL [12], CTL[13],

FOTL[14] 등이 있다. 이들 논문에서는 시간에 대한 부분적인 표현 방법론을 소개하였다. [2]에서는 표현 가능한 시간을 4가지의 분류로 나누어 소개하였다. 그 중 특정 시점(time points)과 시간간격(time interval)의 분류를 사용하기로 한다. [3]에서는 시간과 공간논리를 사용하여 영역에 시간적인 제약을 표현하였다.

3. DATM의 정의

실행에 영향을 주는 많은 환경 요인들을 고려하여 변화하는 실행 환경에서 시스템의 행위를 예측, 분석하기 위한 확률 명세할 수 있도록 정의한 PATM은 ATM[1]에 확률을 사용하여 확장한 정형기법이다. DATM MD은 PATM에 분산성과 이동성에 대한 속성과 영역개념을 사용하여 확장하였다. PATM에서 정의한 다양한 명세 속성은 DATM에 상속되어 PATM의 구성 요소를 모두 포함한다. 따라서, DATM은시스템의 상세 행위 뿐만 아니라 기계단위의 이동성과 분산성을 명세할 수 있다.

정의 3.1: DATM

DATM MD은 $MD = \langle attribute(MP), loc \rangle$ 의 2-튜플로 정의된다. MP는 PATM 기계를 나타내며 $attribute(MP)$ 는 MP의 속성을 나타낸다. PATM의 속성에 현재의 위치를 나타내기위한 loc 가 추가 되었다. loc 는 3차원 좌표로 (x,y,z) 와 같이 표현 한다. □

DATM은 분산성과 그에 대한 여러 속성을 표현하기 위해 영역이 추가 되었으며, 영역을 나타내기 위한 속성들과 제약 조건을 제시한다. 정의할 영역 속성들에는 시간, 확률, 보안, 거리 등이 있다.

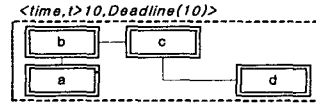
정의 3.2: 영역 R

영역 R는 $R = \langle time | probability | security | distance | void, guard, tim_constraint \rangle$ 의 3-튜플로 정의되며, 영역의 타입은 $time, probability, security, distace, void$ 중에 하나가 된다. $guard$ 는 영역이 만족해야 하는 조건을, $time_constraint$ 는 $guard$ 가 만족되어야 하는 시간조건을 표현한다. □

시간 영역에서의 $guard$ 는 각 타입에 따라 필요한 수식으로 나타내며, $time_constraint$ 는 위에서 언급한 특정 시점과 시간간격을 사용한 표현이 가능하며, 이진 연산을 가능하게 하는 \wedge, \vee, \neg 을 사용할 수 있다. $At()$, $After()$, $Before()$, $Until()$, $Duration()$, $Between()$, $Deadline()$, $Delay()$, $Blocking()$, $Periodic()$ 을 사용하여 표현이 가능하다. 예를 들어 $Between(1,10) \vee After(20)$ 와 같은 영역은 1과 10시간 사이와 20시간 이후에 통신을 해야 함을 표현한다. 확률 영역에서와 거리영역에서는 만족해야 하는 확률과 거리를 $p > 90\%$ 와 $d < 50$ 과 같이 수식으로 표현으로 $guard$ 를 표현 하고 보안 영역에서는 $true, vague, false$ 중 하나로 표현을 하게 되며, 각각의 의미는 기계들 사이의 통신상에서 보안에 문제없음, 보안이 유지되는지 알 수 없음, 보안이 유지되지 않음을 나타낸다.

시간영역은 $\langle time, t > 10, At(10) \rangle$ 와 같이 표현을 하며,

<그림1>의 시간영역에 포함된 모든 DATM 기계들 사이의 통신은 10단위 시간에 10의 통신속도를 가져야 함을 나타낸다.



<그림 1> 시간영역의 예

확률 영역은 $\langle probability, p > 95\%, Between(5,10) \rangle$ 와 같이 표현을 하며, 영역에 포함된 모든 DATM 기계들은 주어진 시간 사이에 95%의 확률을 가지고 있어야 한다는 의미를 나타낸다.

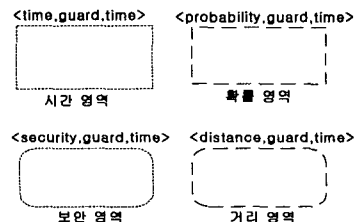
거리 영역은 $\langle distance, d < 70, Between(5,10) \rangle$ 와 같이 표현을 하며, 주어진 시간 사이에 영역에 포함된 모든 DATM 기계들의 통신이 거리가 70 단위 거리 안에서 이루어져야 한다는 의미를 나타낸다.

보안 영역은 $\langle security, true, Between(5,10) \rangle$ 와 같이 표현을 하며, 주어진 시간 사이에 영역에 포함된 모든 DATM 기계들 간의 통신은 가능하지만, 그 외의 다른 DATM 기계들과의 통신은 할 없다는 의미를 나타낸다. $guard$ 가 $false$ 일 경우에는 영역에 포함된 모든 DATM 기계들은 서로 통신을 할 수 없음을 나타낸다. 특정요구 사항이 없는 영역은 $\langle void, null, null \rangle$ 로 표현한다. $void$ 영역은 시스템간의 실행의 전후를 표현하거나 임의로 구성할 수 있는 영역이다.

분산 실시간 시스템을 구성하는 모든 요소들의 집합을 S 라 할때, $S = \langle M, R \rangle$ 이다. S 는 시스템에 포함된 모든 DATM 기계들의 집합을 의미하며, R 은 시스템의 DATM 기계들로 이룰 수 있는 모든 영역들의 집합이다.

영역 R 은 $R = \{r_1, r_2, \dots, r_\infty\}$ 라고 하면, $N = element(r_i)$ ($N \subset M$) 인 $element()$ 함수를 정의할 수 있다. 이 함수는 영역 r_i 에 속한 모든 DATM 기계들을 반환한다.

정리 1. $M \equiv \bigcup_{i=0}^{\infty} elements(r_i)$ 이다.



<그림 2> 네 가지 영역의 표현

정리 2. A, B, C가 타입이 같은 영역이라 할 때, $A \subset B, B \subset C$ 이면, $A \subset C$ 이다.

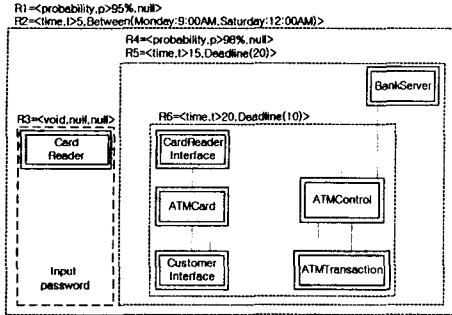
정리 3. 서로 연결된 타입이 같은 두 영역은 하나의 영역으로 표현 가능하다.

정리 4. 서로 타입이 다른 영역은 포함 및 겹치는 관계의 설정이 가능하다.

각 영역의 표현은 <그림 2>과 같이 표현한다.

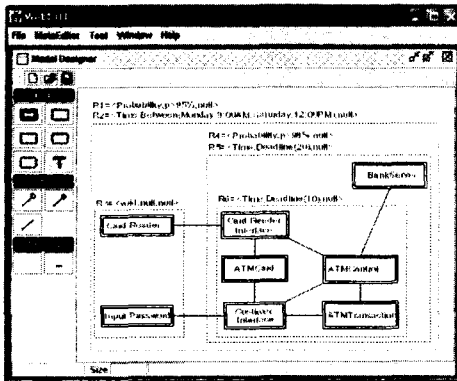
4. DATM 명세 예제

<그림 3>는 현금인출기(ATM)에서 카드와 비밀번호를 확인하는예제를 보인다. EQ(R1,R2) , EQ(R4,R5)이고, P(R1,R4), P(R1,R3)등과 같은 영역 들간의 포함관계를 표현할 수 있다. R4는 R6와 BankServer와의 통신은 20 시간안에 이루어져야 함을 나타낸다.



<그림 3> validate PIN 예제

<그림4>은 소프트웨어를 디자인하고 명세하기 위한 메타도구인 WebSUT를 사용하여 개발된 DATM 명세 도구 예제이다.



<그림 4> DATM 명세 도구

5. 결론 및 향후 연구

MDRTS를 명세하기 위해 DATM을 정의하였다. DATM은 영역의 개념을 사용하여 시스템을 명세하기 위해 필요한 속성들을 표현하였다. 영역의 종류는 시간, 확률, 보안, 거리영역이 있고, 시간 영역은 시간의 다양한 속성을 표현을 할 수 있다. 각 영역을 표현하기 위한 그래픽 표현 방법을 정의 하였고, DATM을 사용할 수 있는 명세도구를 WebSUT를 사용하여 구현하였다. 향후 연구로는 시스템의 안정성을 실제 상황과 같이 검증하기 위해서 DATM으로 명세된 시스템을 하드웨어에 최적화된 배치 알고리즘을 사용하여 배치하고 시뮬레이션 하기 위한 연구가 필요하다.

[참고 논문]

[1] 이철, 이문근, 조기환, 실시간 시스템의 신뢰도 향상을 위한 확률명세 및 실행예측 분석 방법, 한국 소프트웨어공학 학술대회 논문집, pp.249-263, 2002.03.
 [2] 노경주, 박지연, 이문근. 추상 시간 기계를 이용한 순환 공학 정형 기법. 한국정보과학회 소프트웨어공학회지. 제13권 제1호. pp. 32-49. 2000.
 [3] F. Wolter and M. Zakharyashev. Qualitative spatio-temporal representation and reasoning: a computational perspective. In G. Lakemeyer and B. Nebel, editors, Exploring Artificial Intelligence in the New Millenium, Morgan Kaufmann, 2001.
 [4] A. Shaw, Communicating Real-Time State Machines, IEEE Transactions on Software Engineering, Vol. 18, No. 9, pp. 805-816, September 1992.
 [5] D. Harel, Statecharts: A Visual Formalism for Complex System, Science of Computer Programming. Vol. 8., pp. 231-274, 1987.
 [6] Joachim fischer, Ewegen Dimitrov, Udo Taubert, Analysis and formal Verification of SDL'92 Specifications using Extended Petri Nets.
 [7] S. Jahanian and A. Mok, Modechart : A Specification Language for Real Time Systems, IBM Technical Report: RC 15140, November, 1989.
 [8] N.M. Gotts. Using the RCC formalism to describe the topology of spherical regions. Technical Report 96.24, School of Computer Studies, University of Leeds, 1996.
 [9] M Egenhofer and R Franzosa. Point-set topological spatial relations. International Journal of Geographical Information System, 5(2):161-174, 1991.
 [10] F. Wolter and M. Zakharyashev. Spatial reasoning in RCC-8 with boolean region terms. In W. Horn, editor, Proceedings of the fourteenth European Conference on Artificial Intelligence, ECAI 2000, Berlin, Germany, pages 244-248. IOS Press, 2000.
 [11] A. Sistla and E. Clarke. The complexity of propositional linear temporal logics. Journal of the Association for Computing Machinery, 32:733-749, 1985.
 [12] R.H. Thomason. Combinations of tense and modality. In D. Gabbay and F. Guentner, editors, Handbook of Philosophical Logic, volume II, chapter 3, pages 135-165. Reidel, 1984.
 [13] E.M. Clarke and E.A. Emerson. Design and synthesis of synchronisation skeletons using branching time temporal logic. In D. Kozen, editor, Logic of programs, volume 131 of Lecture Notes in Computer Science, pages 52-71. Springer-Verlag, 1981.
 [14] F. Wolter and M. Zakharyashev. Axiomatizing the monodic fragment of first-order temporal logic. Annals of Pure and Applied Logic, 2001.