김일성종합대학학보 JOURNAL OF **KIM IL SUNG** UNIVERSITY
(자연과학) (NATURAL SCIENCE)
주체103(2014)년 제60권 제6호 Vol. 60 No. 6 JUCHE103(2014).

확장된 선형지속제한식의 모형검사에 대한 연구

백 철 혁

위대한 수령 **김일성**동지께서는 다음과 같이 교시하시였다.

《우리는 사회주의건설의 실천에서 나서는 긴절한 과학기술적문제들을 제때에 풀어야 하며 선진적인류가 이룩한 선진과학성과들을 끊임없이 받아들여 우리 나라의 과학을 가까운 기간에 전반적으로 세계적수준에 올려세워야 할것입니다.》(《**김일성**전집》 제27권 390페지)

실시간체계의 실시간요구들은 지속론리의 공식들을 리용하여 명세된다.

지속론리의 공식들가운데서 선형지속제한식이라고 부르는 클라스에 속하는 공식들은 실시간체계의 상태지속과 관련한 실시간요구들을 명세하는데 주로 리용된다.

선형지속제한식을 리용한 실시간체계의 정확성검증은 체계의 시간자동체모형을 구성한 다음 그것이 체계의 실시간요구의 명세인 선형지속제한식을 만족시키는가를 검사하는 방법으로 진행한다.

이와 같은 수법을 프로그람검증에서는 선형지속제한식의 모형검사라고 부른다.[1, 2]

론문에서는 확장된 선형지속제한식이라고 부르는 한가지 형태의 지속론리공식을 정의하고 그것에 대한 모형검사알고리듬을 제기하였다.

정의 1 다음과 같은 형태의 지속론리공식을 확장된 선형지속제한식이라고 부른다.

$$C_{\min} \le \ell \le C_{\max} \to \left(\lceil P \rceil^0 \frown \text{true} \to \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \int P_i \le C \right)$$

확장된 선형지속제한식은 고찰하는 시간구간의 길이 ℓ이 조건 $C_{\min} \le \ell \le C_{\max}$를 만족시키고 구간의 첫 시점에서 P가 성립되면 전체 구간에서 상태 $P_1, P_2, \cdots, P_n$들이 지속된 시간 $\int P_1, \int P_2, \cdots, \int P_n$에 관한 선형식

$$c_1 \int P_1 + c_2 \int P_2 + \cdots + c_n \int P_n$$

의 값이 어떤수 C를 넘지 말아야 한다는것을 의미한다.

정의로부터 알수 있는바와 같이 확장된 선형지속제한식은 선행연구[1]에서 제기된 선형지속제한식

$$C_{\min} \le \ell \le C_{\max} \to \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \int P_i \le C$$

의 확장이라고 볼수 있다.

확장된 선형지속제한식을 리용하면 선형지속제한식으로는 명세할수 없는 여러가지 실시간요구들을 명세할수 있다.

실례로 선행연구[1]에서 제기된 실시간체계인 가스연소기에서 배풍기는 가스류출이 시

작되는 순간부터 가동하며 가동한 전시간은 전체 시간구간의 20분의 1을 넘지 말아야 한다는 실시간요구는 확장된 선형지속제한식으로

$$\ell \ge 60 \to \left(\lceil \mathrm{Leak} \rceil^{0} \frown \mathrm{true} \to \left(19\int \mathrm{Leak} - \int \mathrm{NonLeak}\right) \le 0\right)$$

와 같이 명세된다.

아래에 확장된 선형지속제한식의 의미와 모형검사알고리듬을 준다.

정의 2[1] 다음과 같은 세가지 부분으로 구성된 체계를 실시간자동체라고 부른다.

$$V = (S,\ T,\ L)$$

여기서 S는 상태들의 유한모임으로서 $S = \{s_1,\ s_2,\ \cdots,\ s_n\}$이고 T는 이행관계로서 $T \subseteq S \times I \times S$이며 L은 매개 상태 $s \in S$에 s에서 참인 원자명제들의 모임을 대응시키는 함수로서 $L : S \to \to 2^{AP}$이다.

실시간자동체는 실시간체계의 모형으로 주로 리용된다.

정의 3[2] 실시간자동체 V와 확장된 선형지속제한식 Θ가 주어졌다고 하자.

이때 실시간자동체 V의 시간붙은렬

$$TSeq = (\rho_1,\ t_1)(\rho_2,\ t_2)\cdots(\rho_m,\ t_m)$$

에 대하여 $C_{\min} \le \ell(TSeq) \le C_{\max}$이고 $P \in L(\overleftarrow{\rho_1})$이면 $LF(Seq) \le C$일 때 시간붙은렬 $TSeq$는 Θ를 만족시킨다고 한다.

또한 Seq로부터 얻어지는 모든 시간붙은렬이 Θ를 만족시키면 Seq는 Θ를 만족시킨다고 하고 $Seq \models \Theta$로 표시한다.

자모 V_{Tran}우의 언어 L에 속하는 모든 Seq에 대하여 $Seq \models \Theta$이면 L은 Θ를 만족시킨다고 부르고 $L \models \Theta$로 표시한다.

그리고 $L_V \models \Theta$이면 실시간자동체 V는 Θ를 만족시킨다고 한다.

실시간자동체 V와 확장된 선형지속제한식 Θ가 주어졌을 때 $L_V \models \Theta$인가 아닌가를 결정하는 모형검사알고리듬을 아래와 같이 구성한다.

선행연구[1, 2]에서는 L_V를

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^*$$

형태의 정규언어들의 유한합으로 동등변환할수 있다는것이 밝혀졌다.

이로부터 $L_V \models \Theta$가 성립되는가 성립되지 않는가를 결정하기 위해서는

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^*$$

형태의 정규언어에 대하여

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^* \models \Theta$$

를 결정하는 알고리듬을 구성하면 된다는것을 알수 있다.

확장된 선형지속제한식

$$C_{\min} \le \ell \le C_{\max} \to \left(\lceil P \rceil^{0} \frown \mathrm{true} \to \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \int P_i \le C\right)$$

에서 $\lceil P \rceil^{0} \frown \mathrm{true}$를 없애면 선형지속제한식

$$C_{\min} \le \ell \le C_{\max} \to \sum_{i=1}^{n} c_i \cdot \int P_i \le C$$

이 얻어지는데 이것을 Θ' 로 표시한다.

실시간자동체와 확장된 선형지속제한식사이의 만족관계에 대한 정의로부터

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^* \models \Theta$$

를 결정하기 위해서는

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^*$$

형태의 정규언어들가운데서 $P \in L(\overleftarrow{\rho_1})$ 를 만족시키는것들에 대해서만

$$\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^* \models \Theta'$$

가 만족되는가를 결정하면 된다는것을 알수 있다.

V 의 렬 $Seq = \rho_1 \cdots \rho_m$ 이 주어지고 모든 i $(1 \le i \le m)$ 에 대하여 $\rho_i = (s_i,\ [a_i,\ b_i],\ s_i')$ 라고 하자.

이때

$$\ell_{Seq}^{\min} = a_1 + a_2 + \cdots + a_m,\ \ \ell_{Seq}^{\max} = b_1 + b_2 + \cdots + b_m$$

으로 약속한다.

모형검사알고리듬은 다음과 같다.

제1단계

모든 i $(1 \le i \le h)$ 에 대하여 $LF(Seq_i)$ 를 계산하여 a_i 에 준다.

모든 j $(1 \le j \le m)$ 에 대하여 $LF(\rho_j)$ 를 계산하여 b_j 에 준다.

제2단계

다음의 선형계획법문제를 푼다.

$$x_1 \ge 0,\ \cdots,\ x_h \ge 0$$

$$\ell_{Seq\,1}^{\min} \times x_1 + \cdots + \ell_{Seq\,h}^{\min} \times x_h + \ell_{\rho 1}^{\min} + \cdots + \ell_{\rho m}^{\min} \le c_{\max}$$

$$\ell_{Seq\,1}^{\max} \times x_1 + \cdots + \ell_{Seq\,h}^{\max} \times x_h + \ell_{\rho 1}^{\max} + \cdots + \ell_{\rho m}^{\max} \ge c_{\min}$$

$$a_1 x_1 + \cdots + a_h x_h + b_1 + \cdots + b_m \to \max$$

제3단계

우의 선형계획법문제를 풀었을 때 목적함수의 최대값이 C 를 넘지 않으면

《 $\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^* \models \Theta$ 가 성립된다.》

를 출력하고 C 를 넘으면

《 $\rho_1 \cdots \rho_m Seq_1^* \cdots Seq_h^* \models \Theta$ 가 성립되지 않는다.》

를 출력한다.

참 고 문 헌

[1] C. C. Zhou et al.; Information Processing Letters, 40, 5, 269, 1992.

[2] D. V. Hung et al.; Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 207, 107, 2008.

주체103(2014)년 2월 5일 원고접수

Modelling Checking of Extended Linear Duration Invariant

Paek Chol Hyok

We extended linear duration invariants of duration theory and presented an algorithm checking the satisfactory relation between extended linear duration invariants and real-time automata.

Key words: real-time automata, model checking, linear duration invariant