

RTCP-sieci – wprowadzenie

Marcin Szpyrka

1 Wprowadzenie

Wśród wielu terminów charakteryzujących systemy czasu rzeczywistego, można wymienić między innymi współbieżność działania, wymagania terminowości odpowiedzi, przewidywalność i niezawodność działania. Wszystkie te elementy decydują o tym, że ograniczenie się wyłącznie do testowania gotowego produktu (lub jego fragmentów), nie jest wystarczające do tego, by system taki uznać za poprawny. Jakość rozwijanego systemu może zostać zdecydowanie poprawiona przez zastosowanie metod formalnych, na różnych etapach rozwoju oprogramowania. Matematyczne metody wykorzystywane czy to na etapie specyfikowania wymagań, czy też wstępnego projektowania systemów, pozwalają na wyeliminowanie wielu błędów na bardzo wczesnym etapie rozwoju oprogramowania, co z drugiej strony zdecydowanie obniża koszty.

W literaturze zaproponowano wiele różnych formalizmów przeznaczonych do modelowania systemów czasu rzeczywistego ([3]; [10]). Najbardziej znane z nich to algebry procesów ([4]; [9]; [11]), sieci Petriego ([5]; [2]; [6]) i logiki temporalne ([7]; [8]; [1]). Formalizmy te przeznaczone są zazwyczaj do analizy określonych własności rozwijanego systemu, na wybranych etapach rozwoju oprogramowania. Niestety, brak jest spójnej metody wspierającej specyfikację i projektowanie systemów czasu rzeczywistego. Metoda taka miałaby być stosowana w szerszym zakresie, począwszy od specyfikacji wymagań, aż do szczegółowego projektowania systemu i pozwalając na takie rozwijanie modelu, które zachowywałoby własności udowodnione na wcześniejszym etapie, jak również pozwalałoby na połączenie *poprawnych* podsystemów, w jeden *poprawny* system.

Prezentowane podejście stara się zwiększyć efektywność metod formalnych. Definicja RTCP-sieci oparta jest na definicji kolorowanych sieci Petriego (zob. [5]). W porównaniu do CP-sieci wprowadzono zmodyfikowany model czasu, pozwalający między innymi na bezpośrednie modelowanie operacji przeterminowania. Drugim wprowadzonym elementem jest funkcja priorytetów, pozwalająca na bezpośrednie modelowanie deterministycznego wyboru. Poza tym wprowadzono szereg ograniczeń dotyczących struktury budowanych modeli. Ograniczenia te

ułatwiają formalną analizę modeli (między innymi przez ograniczenie przestrzeni stanów i liczby przejść pomiędzy stanami), jak również na automatyczne generowanie kompletnego modelu lub jego części. Poza zmianami dotyczącymi definicji RTCP-sieci, określono precyzyjnie zasady konstruowania modeli. Przykładowo, wykorzystanie *szablonów stron* (analogia do szablonów klas w języku C++), pozwala na wielokrotne użycie raz skonstruowanego fragmentu, przy budowie kompletnego modelu.

2 Powiązane prace

W części tej przedstawione zostały te formalizmy (podejścia), które stanowiły punkt wyjścia do zdefiniowania RTCP-sieci lub niektórych ich elementów.

Kolorowane sieci Petriego. Sieci Petriego stanowią w pewnym sensie kompromis pomiędzy opisem formalnym, a graficznymi metodami modelowania. Punktem wyjścia dla prowadzonych poniżej rozważań są kolorowane sieci Petriego (CP-sieci) [5]. CP-sieci zaliczają się do sieci wysokiego poziomu, co między innymi oznacza, że umożliwiają operowanie strukturami danych jakie spotykamy w językach programowania wysokiego poziomu. Charakteryzują się one stosunkowo łatwą i intuicyjną notacją graficzną, dostępnością narzędzi CASE, a także zaawansowanymi metodami formalnej analizy. Czasowe CP-sieci mogą one być wykorzystywane do modelowania systemów czasu rzeczywistego, zarówno do przedstawienia specyfikacji wymagań [14] jak i mniej lub bardziej szczegółowego projektu takiego systemu. Metody formalnej analizy są jednak stosunkowo ograniczone w przypadku czasowych CP-sieci. Podstawą dla sprawdzania własności są grafy osiągalności, które są z definicji nieskończone (o ile nie korzystamy z relacyjnych grafów osiągalności [5]). Drugą stosowaną metodą jest symulacja pracy sieci i analiza zebranych danych statystycznych, nie można jej jednak traktować jako metody formalnej.

RTCP-sieci zostały zdefiniowane, aby sprostać następującym wymaganiom:

- przyspieszyć i ułatwić proces tworzenia modeli w formie sieci Petriego;
- umożliwić bezpośrednie modelowanie elementów typowych dla programowania współbieżnego, np.: przeterminowania, priorytetów zadań, itp.;
- ułatwić formalną analizę własności czasowych modelu w formie sieci Petriego wysokiego poziomu.

Systemy regułowe W prezentowanym podejściu, RTCP-sieci są wykorzystywane do modelowania wbudowanych systemów czasu rzeczywistego, których istotnym elementem jest system regułowy. Na etapie specyfikowania wymagań

system taki opisywany jest z wykorzystaniem tablic decyzyjnych zawierających uogólnione reguły decyzyjne (tzn. reguły, z nieatomowymi wartościami atrybutów. Tablice takie analizowane są pod kątem posiadania określonych własności takich jak: zupełność, niesprzeczność i częściowa optymalność. Zupełność zbioru reguł gwarantuje, że w oparciu o utworzony system regułowy będzie można podjąć decyzję w dowolnym dopuszczalnym stanie, w jakim system może się znaleźć, podczas gdy zgodność zbioru reguł gwarantuje determinizm w podejmowanych decyzjach. Ostatnia z własności dotyczy wyeliminowania z tablicy reguł zależnych. Analiza tablic decyzyjnych prowadzona jest automatycznie, po czym są one przekształcane do postaci D-sieci będących zapisem tablic decyzyjnych w formie kolorowanych sieci Petriego [12]. D-sieci stanowią część funkcjonalną modelu tworzonego w formie RTCP-sieci.

Algebry procesów Niektóre pojęcia typowe dla algebr procesów (zob. [9]), np. podział operacji na widoczne i niewidoczne z zewnątrz, były bodźcem do wprowadzenia podziałów w zbiorze miejsc i przejść RTCP-sieci ze względu na ich przeznaczenie.

Literatura

- [1] BELLINI, P., MATTOLINI, R., NESSI, P.: *Temporal Logics for Real-Time System Specification*, ACM Computing Surveys, Vol. 32, No. 1, 2000.
- [2] CERONE, A., MAGGIOLO-SHETTINI, A.: *Time-Based Expressivity of Time Petri Nets for System Specification*, Theoretical Computer Science, Vol. 216, 1999, pp. 1-53.
- [3] HEITMEYER, C., MANDRIOLI, D. (Eds.): *Formal Methods for Real-Time Computing*, John Wiley & Sons, Chichester, 1996.
- [4] HOARE, C.A.R.: *Communicating Sequential Processes*, Prentice Hall, 1985.
- [5] JENSEN, K.: *Coloured Petri Nets. Basic Concepts, Analysis Methods and Practical Use*. Vol. 1,2 and 3, Springer Verlag, 1996.
- [6] KRISTENSEN, L.M., CHRISTENSEN, S., JENSEN, K.: *The Practitioner's Guide to Coloured Petri Nets*, Int. Journal on Software Tools for Technology Transfer, Vol. 2, Springer Verlag, 1998, pp. 98-132.
- [7] MANNA, Z., PNUELI, A.: *Verification of concurrent programs: Temporal framework*. In BOYER, R.S., MOORE, J.S. (eds) *The correctness Problem in Computer Science*, Pergamon Press, 1981, pp. 21-272.

- [8] MANNA, Z., PNUELI, A.: *The Temporal Logic of Reactive and Concurrent Systems*, Academic Press, 1992.
- [9] MILNER, R.: *Communication and Concurrency*, Prentice Hall, New York, 1989.
- [10] NISSANKE, N.: *Realtime Systems*, Prentice Hall, 1997.
- [11] SHAW A. C.: *Real-Time Systems and Software*, John Wiley & Sons, 2001.
- [12] SZPYRKA, M., LIGEŻA, A.: *D-net: A Tool for Verification of Knowledge-Based Systems*, Proc of IASTED International Conference Applied Simulation and Modelling, Marbella, Spain, 2001, p. 105-110.
- [13] SZPYRKA M., SZMUC T.: *RTCP-nets as a Tool for Real-Time Systems Modelling and Analysis*, in COLNARIC M., ADAMSKI M., WĘGRZYN M. (Eds.) *Real-Time Programming 2003*, Elsevier Science Ltd., 2003, pp. 21–26.
- [14] SZPYRKA M., SZMUC T.: *Specification of external system behaviour based on D-nets: theoretical aspects and computer tools*, Automatyka, AGH, Tom 7, Zeszyt 1-2, Kraków, 2003, str. 275 - 282.