МРЕЖИ НА ПЕТРИ С ВРЕМЕЗАВИСИМИ ДЪГИ

д-р инж. Полина Стефанова Петрова, н.с.
ВНТИ – МО, София 1592

ARC TIME(-D) PETRI NETS

Abstract. *In this report, we define a new Petri Net-based class with arc-oriented temporal constraints. The aim of the present work is to find a convenient formalism for the modeling of time-critical systems. The additional requirements for post firing status introduced in our suggestion allow dealing with explicit time values during the token generation. This approach gives a complete information about the entire net evolution. The firing procedure results in compact state representation. A theorem of equivalence between new defined Arc Time(-d) Petri Nets and other techniques with interval timing is proven. The corresponding modeling power is deduced. The proposed class provides simple methods for processes description and allows a net reduction.*

Средствата за моделиране на основата на класическия вариант [1] Мрежи на Петри (PNs) намират ограничено приложение при изследване само на причинно-следствените връзки между процесите, протичащи в определена система, представяйки единствено нейното логическо поведение (конкурентност, конфликти, синхронизация). За проектиране на надеждни структурно-възстановими системи в реално време е целесъобразно използването на вероятностни PN-ориентирани темпорални техники [2,3]. Обобщаването на ординарните [3] Тайм-аутни (TPNs) и Позиционно Интервални (PIPNs) недетерминистични модели чрез въвеждане на допълнителни изисквания за пост-активизационния статус, свързани с процесите на генериране, към разрешаващите условия дава възможност за получаване на пълна информация за цялата мрежова еволюция. За съжаление обаче, сложният формален апарат на позиционно (DSPTdPNs) и преходно (DSTTdPNs) ориентираните варианти с двойно специфициране [4] ги прави трудни за анализиране дори и при съответните ограничителни условия. Този недостатък на моделите с последействие от тип "възел", както и появата на димeнсионни проблеми при нееднoелементни изходни множества /комплекти на входните и входни множества/комплекти на изходните за даден преход позиции, налагат търсенето на други методи за решаване на същия клас задачи без изброените ограничения.

Основна цел на настоящия материал е предлагането на нов подход на основата на PN-техники от тип "дъга".

Дефиниция: Мрежа на Петри с времезависими дъги (ATdPN) е наредената двойка $C_A=(C, \alpha)$, където:

$C=(N, \mu_0)$, е класическа Мрежа на Петри;

$N=(P, T, A, W)$ е статична мрежова структура;

$P=\{p_1, p_2, \ldots, p_n\}$ е крайно множество позиции;

$T=\{t_1, t_2, \ldots, t_m\}$ – крайно множество преходи ($P \cap T=\varnothing$)

$A \subseteq (PxT) \cup (TxP)$, $A=\{a_1, a_2, \ldots, a_s\}$ – множество дъги (потоково отношение), като : $A=A_{in} \cup A_{out}$; $A_{in} \subseteq PXT$; $A_{out} \subseteq TxP$;

$W: A \rightarrow \{1, 2, 3, \ldots\}$ – тегловна функция;

$\mu_0 \in \mu$, $\mu: P \rightarrow \{0, 1, 2, \ldots\}$ – начална маркировка;

$\alpha(a)= (\alpha(a)^*, \alpha(a)^{**})$ – наредена двойка от минимално и максимално допустимите времена, наречена глобална времева функция на дъгите (global timed arc function):

α: $A \rightarrow IR^+X\ IR^+(\alpha^* \leq \alpha^{**})$, като: $\alpha=\alpha_{in} \cup \alpha_{out}$;

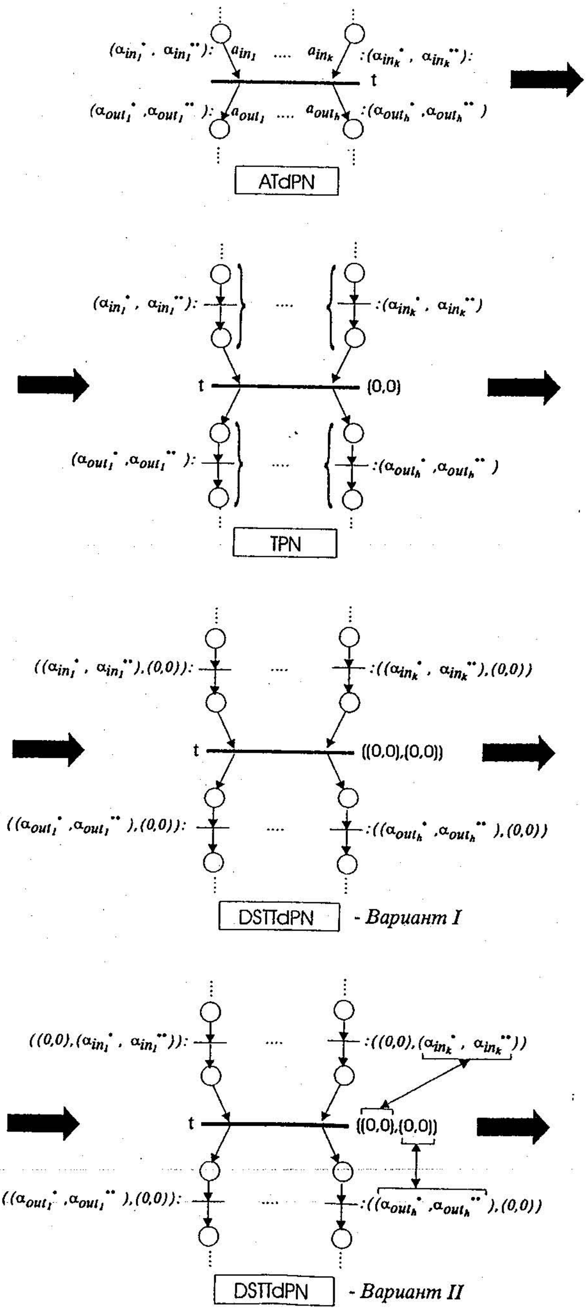
α_{in}: $A_{in} \rightarrow IR^+X\ IR^+(\alpha_{in}^* \leq \alpha_{in}^{**})$ е входна времева запалваща функция (firing function);

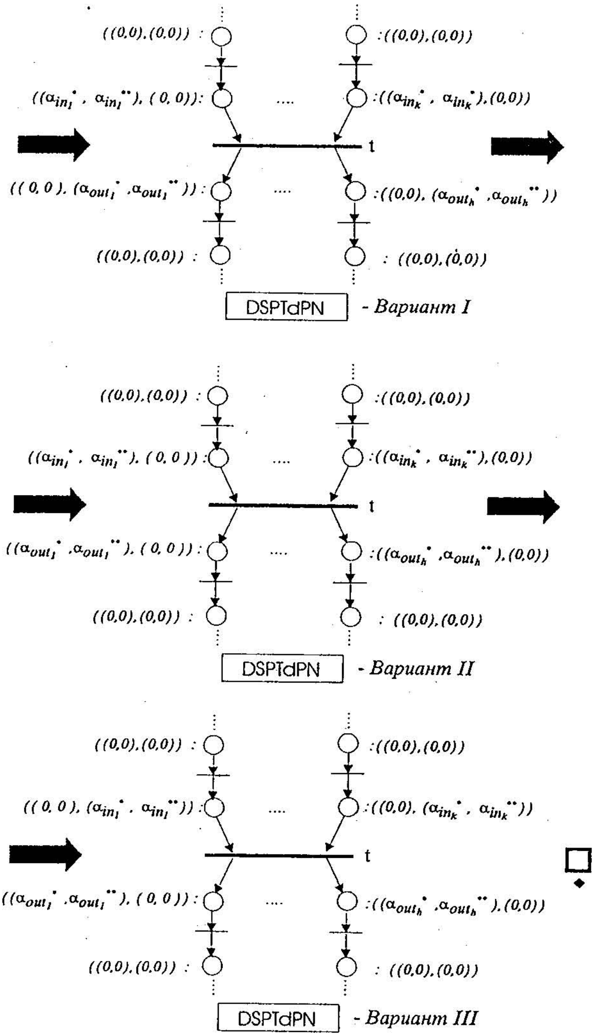
α_{out}: $A_{out} \rightarrow IR^+X\ IR^+(\alpha_{out}^* \leq \alpha_{out}^{**})$ е изходна времева генерираща функция (post firing function).

Симулационни правила: 1. Разрешаването на преходите се осъществява по аналогичен начин на Позиционно Интервалните Мрежи [2,3] само чрез достъпни маркери съгласно резолюираща процедура, зависеща от минималните стойности във входната времева запалваща функция; 2. Запалването на преходите е мигновено действие, което се реализира вътре в границите на дефинирания за прилежащите им входни дъги интервал, започвайки от момента на разрешаване в съответстващата класическа Мрежа на Петри без време, т.е. веднага след удовлетворяване на разрешаващите условия, в термините на PIPN–мрежите. Сработването се осъществява най-късно в момент, равен на горната граница на посочения интервал, освен при дезактивиране от алтернативно разрешени преходи. За нееднoелементни входни множества (мултимножества) на преходите, реалните запалващи интервали са с резултантни долни и горни граници, специфицирани респективно като максимални и минимални функции на конкретните дефинирани за всяка тяхна входяща дъга стойности; 3. Запалването предизвиква същия ефект, както в PIPN-моделите – абсорбиране на достъпни маркери от входните за даден преход позиции съгласно класическите механизми за активиране. Генерирането на недостъпни маркери в изходните им позиции се реализира в границите на съответните времеви интервали, асоциирани към инцидентните им дъги.

Теорема: Мрежите на Петри с времезависими дъги са с универсална мощност на моделиране.

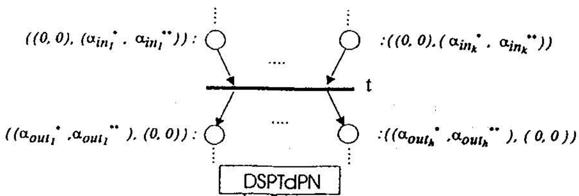
Доказателство: За доказване на горното твърдение е достатъчно намирането на структурно и терминологично съответствие между предложения нов PN-вариант с овременени дъги и тривиалните позиционно- и преходно-ориентирани Интервални Мрежи на Петри (с единично и двойно


ATdPN
TPN
DSTTdPN - Вариант I
DSTTdPN - Вариант II



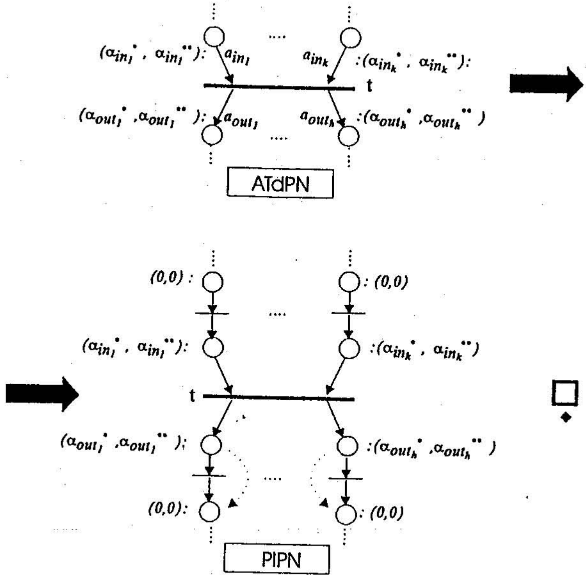
((0,0),(0,0)) :
:((0,0),(0,0))
t
DSPTdPN
- Вариант I
DSPTdPN
- Вариант II
DSPTdPN
- Вариант III

фиг.1.

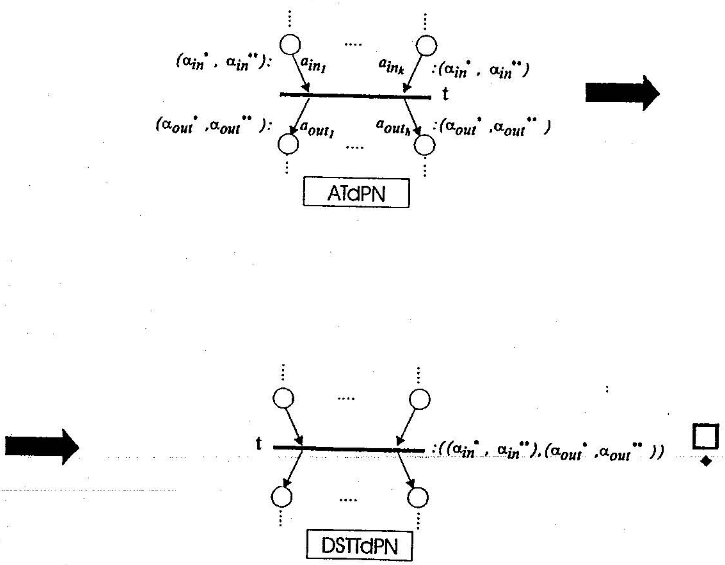


t
DSPTdPN

фиг.2.



фиг. 3.



фиг. 4.

специфициране), за които е известна възможността за проверка на нулева маркировка в неограничени позиции [2,4]. Правилата за преобразуване на ATdPN-класа в Мрежи на Петри с интервално специфициране от тип "възел" са демонстрирани на фиг.1. За едноелементни изходни множества (комплекти) на позициите, явяващи се входове към дадения преход t и едноелементни входни множества за изходните му позиции са възможни опростявания в структурата на последния фрагмент от фиг.1, което е представено чрез модела от фиг.2. До същите резултати се достига чрез прилагане за междинна (вместо TPNs) или крайна конверсия апарата на PIPN-мрежи, показано на фиг.3. При еднакви времеви изисквания към всичките входни за определен t-преход позиции и спазване на същото условие и спрямо позициите, принадлежащи на изходното му множество (мултимножество), директно може да бъде получен опростеният DSTTdPN-вариант от фиг.4. Обратните трансформации са значително по-леки. Преобразуването в мрежови TPN- и PIPN-модели от тип "възел" с единична интервална темпорална спецификация се осъществява при нулиране на всички компоненти, съответстващи на изходните генериращи функции [5]. Трансформационните правила за получаване на резултантни ATdPN-модели от позиционно- и преходно-ориентирани двойно специфицирани варианти (дясна страна) са демонстрирани на фиг.2. (DSPTdPN) и фиг.4. (DSTTdPN). □

Представеният формализъм позволява интерпретиране на динамичното поведение на произволни системи при различни времеви изисквания в симулационните условия (разрешаване, постактивиране). Новият клас Мрежи на Петри с времезависими дъги, дефиниран в настоящия материал осигурява прецизни механизми за моделиране на процеси с възможност за редукция и верификация чрез прилагане на алгебрични методи на основата на знакови матрици [6].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Петрова П., Приложение на Мрежи на Петри в областта на bus-протоколния дизайн, Дисертационен труд, София,1994.

2. Петрова П., Възможности на интервалното специфициране при Позиционно/Преходните техники за проектиране, "Електронна техника'97", Созопол, Септ.,1997, Сборник научни трудове, кн.2, стр.49-54.

3. Petrova P., Time-Dependent Petri Nets–Oriented Techniques of Real–Time Systems Design, SAER'96, St. Konstantin resort, Sept., 1996, pp.43-47.

4. Petrova P., Interval Petri Nets with Double Specified Node-Type Timed Elements, CAI'98, Sofia, 1998.

5. Petrova P., Time Flow-Related Petri Nets. A Dual Approach, "Electronics'98", Sozopol, 1998.

6. Boer E., T.Murata, Generating Basis Siphons and Traps of Petri Nets Using the Sign Incidence Matrix, IEEE Trans. On Circuits and Systems, Vol.41, #4, April, 1994, pp.266-271.