



Dekompozycja współbieżnych systemów sterowania opisanych sieciami Petriego

mgr inż. Łukasz Stefanowicz

Uniwersytet Zielonogórski

Promotor: dr hab. inż. Andrzej Karatkiewicz, prof. AGH,

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Remigiusz Wiśniewski, prof. UZ

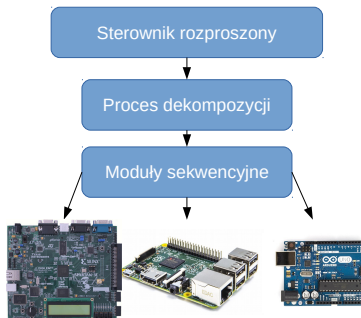
Zielona Góra, 02 czerwca 2021 r.

Agenda

- 1 Wprowadzenie
- 2 Systemy autorskie
- 3 Podsumowanie
- 4 Osiągnięcia



Wiele problemów sterowania współbieżnego może zostać zrealizowanych w strukturze FPGA, bądź też w oparciu o rozproszony sterownik logiczny, w przypadku którego niezbędna jest dekompozycja. Pozwala ona na podział systemu, np. na moduły sekwencyjne.

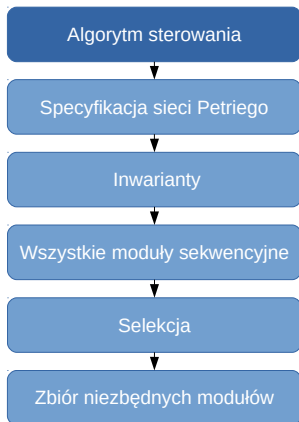


Współbieżny system sterowania może zostać podzielony na np. moduły sekwencyjne. Proces ten nazywany jest dekompozycją.

Wybrana literatura - dekompozycja (1)

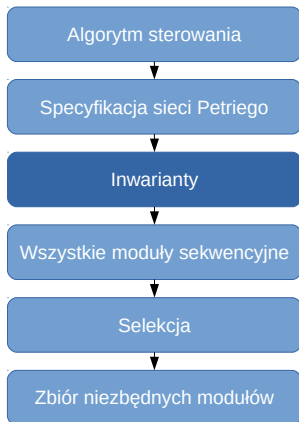
- 1 Prototyping of Concurrent Control Systems with Application of Petri Nets and Comparability Graphs (R. Wiśniewski, A. Karatkevich, et.al.; 2018),
- 2 Prototyping of Concurrent Control Systems Implemented in FPGA devices (R. Wiśniewski; 2017),
- 3 Decomposing Petri Nets for Process Mining (van der Aalst; 2013),
- 4 Decomposing Petri nets (J.Rathke, et.al.; 2013).

- 1 Concurrent systems modelling and analysis with Alvis language (M. Szpyrka; 2013).
- 2 Formulation of p-invariants and Petri net cover with application of ILP (M. Adamski; 2012).
- 3 Application of perfect graphs (M. Adamski, A. Karatkevich, R. Wiśniewski; 2014).
- 4 Formulation of exact transversals in concurrency hypergraph (M. Adamski, M. Wiśniewska, R. Wiśniewski; 2011).



Algorytm sterowania

Projektant definiuje sposób działania systemu współbieżnego. Algorytm sterowania należy rozumieć jako nieformalny opis funkcjonalny układu.



Wyznaczanie inwariantów

Niezmienniki miejsc (p-inwarianty) opisują pewne stałe własności stanów osiągalnych w danej sieci, charakteryzujących zbiory miejsc sieci, w których łączna liczba znaczników jest stała. Pozwalają uzyskać moduły sekwencyjne w sieci, choć nie jest tak zawsze.

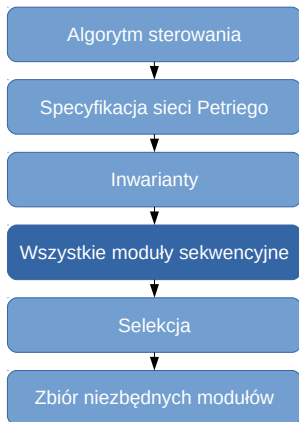
Formalnie:

$$\vec{y} \in N_0^N \quad (1)$$

gdzie

$$\vec{y} \neq 0, \vec{y}A = 0 \quad (2)$$

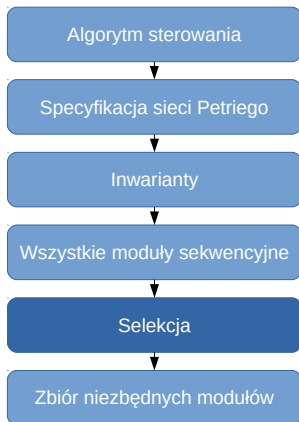
Ścieżka projektowania



Określenie wszystkich modułów sekwencyjnych

Po wyznaczeniu inwariantów wybierane są podsieci typu automatowego. Niezbędne jest określenie poprawnych modułów sekwencyjnych (nazywanych podsieciami automatowymi).

Ścieżka projektowania

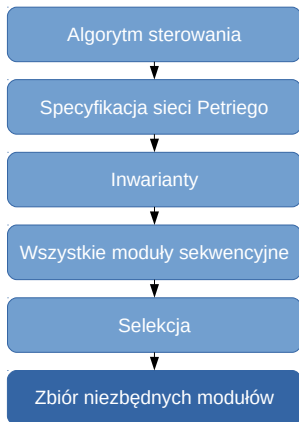


Selekcja modułów sekwencyjnych

Selekcja polega na wybraniu podsieci automatowych niezbędnych do pokrycia sieci Petriego. Stosowane są metody wykorzystujące algorytm:

- z nawrotami,
- zachłanny,
- autorska metoda transwersal dokładnych.

Ścieżka projektowania



Zbiór modułów po dekompozycji

Ostatecznie uzyskiwane są moduły sekwencyjne, niezbędne do zaimplementowania współbieżnego systemu sterowania. Każdy moduł (podsieć) jest projektowany jako osobny automat sekwencyjny.

Teoretyczne podstawy zagadnień związanych z realizowaną rozprawą doktorską:

- istniejący algorytm wyznaczania inwariantów (niezmienników miejsc) - metoda Martineza-Silvy,
- szybki algorytm redukcji,
- hipergraf (xt), transwersala (dokładna).

Praktyczne zagadnienia związane z realizowaną rozprawą doktorską:

- propozycja metody dekompozycji,
- propozycja metody selekcji,
- badania eksperymentalne.

Istniejący algorytm wyznaczania inwariantów

1. Wyznaczenie macierzy $[D \ A]$, gdzie D jest macierzą jednostkową miejsc, A jest macierzą opisującą tranzycje.

$$[D|A] = \begin{array}{c} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \begin{array}{c} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \begin{array}{c} p_3 \\ p_4 \end{array} \begin{array}{c} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \end{array} \left[\begin{array}{cccc|ccc} 1 & 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -1 \end{array} \right]$$

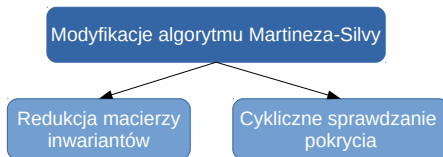
2. Dla wszystkich tranzycji powtarzaj kroki:

- Sklej dwa wiersze, których elementy w m -tej kolumnie macierzy A mają wartości różne od 0 i w sumie dadzą 0,
- Usuń wszystkie wiersze, których elementy w m -tej kolumnie macierzy A są różne od 0.

Istniejący algorytm wyznaczania inwariantów

	p_1	p_2	p_3	p_4	t_1	t_2	t_3	
p_1	1	0	0	0	-1	0	1	Redukcja tranzycji pierwszej: $p_1 + p_2, p_1 + p_3$.
p_2	0	1	0	0	1	-1	0	
p_3	0	0	1	0	1	-1	0	
p_4	0	0	0	1	0	1	-1	
p_{1+2}	1	1	0	0	0	-1	1	Redukcja tranzycji drugiej: $p_{1+2} + p_4, p_{1+3} + p_4$.
p_{1+3}	1	0	1	0	0	-1	1	
p_4	0	0	0	1	0	1	-1	
p_{1+2+4}	1	1	0	1	0	0	0	Brak elementów niezerowych, koniec algorytmu.
p_{1+3+4}	1	0	1	1	0	0	0	

Proponowana metoda wyznaczania niezmienników miejsc



W realizowanej pracy doktorskiej zaproponowano dwie modyfikacje algorytmu Martinez-Silvy:

- 1 redukcja macierzy inwariantów za pomocą Szybkiego Algorytmu Redukcji (FRA),
- 2 cykliczne sprawdzanie pokrycia sieci, jeśli sieć pokryta - przerywanie wykonywania algorytmu.

Modyfikacje te mają na celu zwracanie rezultatu w krótszym czasie wykonywania. Bazowy algorytm Martinez-Silvy w najgorszym przypadku charakteryzuje się wykładniczą złożonością obliczeniową.

Szybki algorytm redukcji

Istotny wierzchołek (kolumna)

Wierzchołek / kolumnę nazywamy istotną wtedy i tylko wtedy, gdy jego stopień jest równy 1. Innymi słowy w macierzy istnieje kolumna z pojedynczą jedynką (v_3). Wierzchołek istotny jest zawsze częścią pokrycia. (R. Brayton 1984, R. Rudell 1989)

Przykład

$$I_1 = \begin{matrix} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 \\ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} & \begin{matrix} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{matrix} \end{matrix}$$

Szybki algorytm redukcji

Redukcja zdominowanych wierzchołków

Wierzchołek jest zdominowany przez inny wierzchołek, jeśli jest incydentny do mniejszej liczby krawędzi, które są także incydentne do innego wierzchołka. Zdominowane kolumny (wierzchołki) można pominąć w dalszych rozważaniach (v_1 zdominowany przez v_2). (R. Brayton 1984, R. Rudell 1989)

Przykład

$$I_2 = \begin{array}{cccc|l} & v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & \\ \left[\begin{array}{cccc} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 & 1 \end{array} \right] & \begin{array}{l} E_1 \\ E_2 \\ E_3 \\ E_4 \end{array} \end{array}$$

Szybki algorytm redukcji

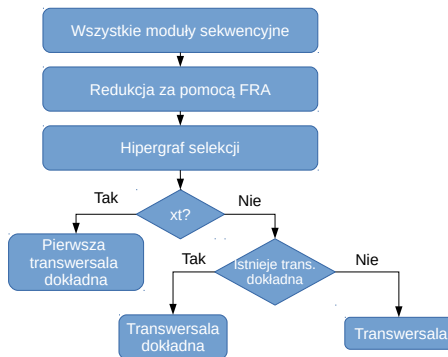
Redukcja dominujących krawędzi

Krawędź dominuje inną krawędź, jeśli jest incydentna do co najmniej wszystkich wierzchołków incydentnych do innej krawędzi. Dominujące wiersze (krawędzie) można zaniebierać, ponieważ każde pokrycie zbioru zdominowanego jest pokryciem pełnego zbioru (E_2 dominuje E_3). (DeMicheli, 1994)

Przykład

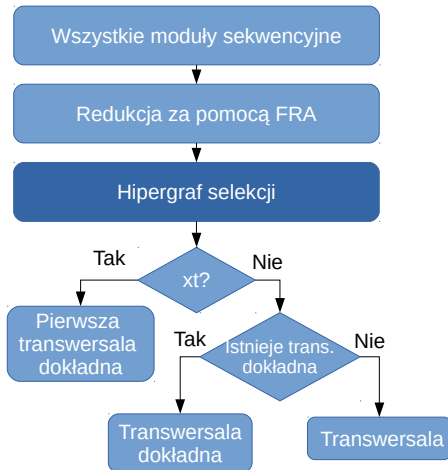
$$I_3 = \begin{array}{cccc|l} v_1 & v_2 & v_3 & v_4 & \\ \hline 0 & 0 & 1 & 1 & E_1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & E_2 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & E_3 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & E_4 \end{array}$$

Proponowana metoda selekcji

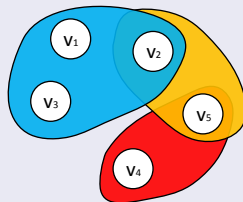


Proponowana metoda selekcji zakłada wykorzystanie Szybkiego Algorytmu Redukcji (FRA), hipergrafu transwersal dokładnych oraz transwersal dokładnych hipergrafu.

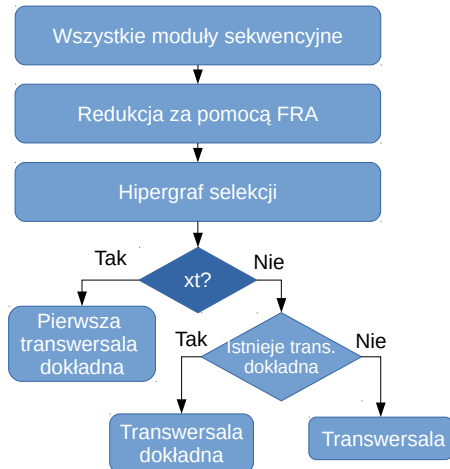
Proponowana metoda selekcji



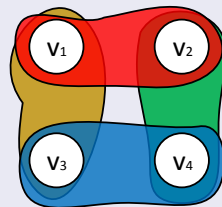
Po zredukowaniu nadmiarowych podsieci automatowych generowany jest hipergraf selekcji.



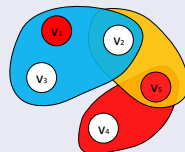
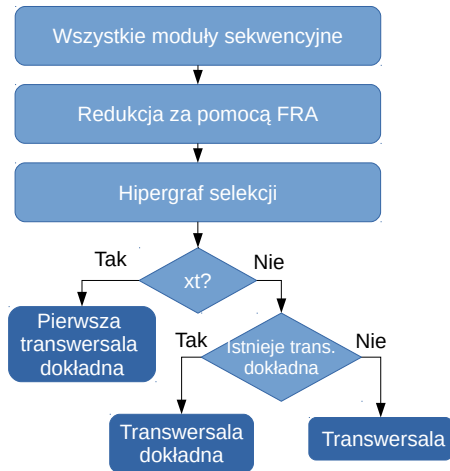
Proponowana metoda selekcji



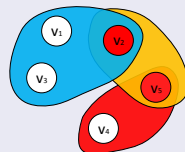
Następuje sprawdzenie, czy hipergraf jest klasy xt.



Proponowana metoda selekcji

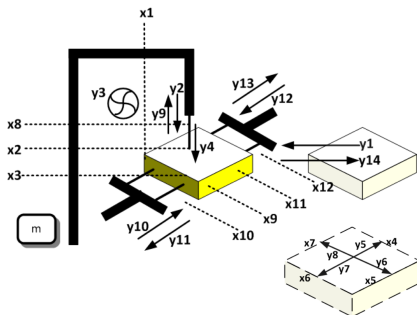


$$D = \{v_1, v_5\}$$



$$T = \{v_2, v_5\}$$

Przykład metody - zdefiniowanie wymagań



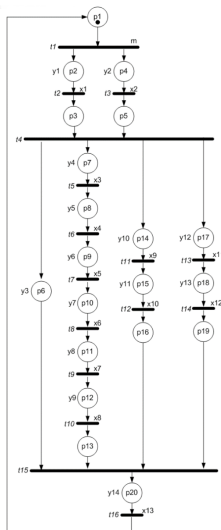
Źródło:

Control Part of Cyber-Physical Systems:
Modelling, Design, Analysis,
R.Wiśniewski, prof.UZ

Przykład rzeczywisty:

- 1 maszyna wycinająca określone kształty z drewna,
- 2 kontroluje element czyszczący (y_3),
- 3 proces pracy został skonsultowany z firmą, która używa maszyn wspomagających proces.

Przykład metody - sieć Petriego



Specyfikacja sieci Petriego:

- 1 sieć typu MG,
- 2 20 miejsc,
- 3 16 tranzycji.

Przykład metody

Inwarianty

1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Czy XT?

Sprawdzenie, czy hipergraf dla wybranych podsieci automatowych należy do klasy xt (jest hipergrafem transwersal dokładnych)?

Wynik: xtrec = false

Przykład metody - wyselekcjonowane automaty

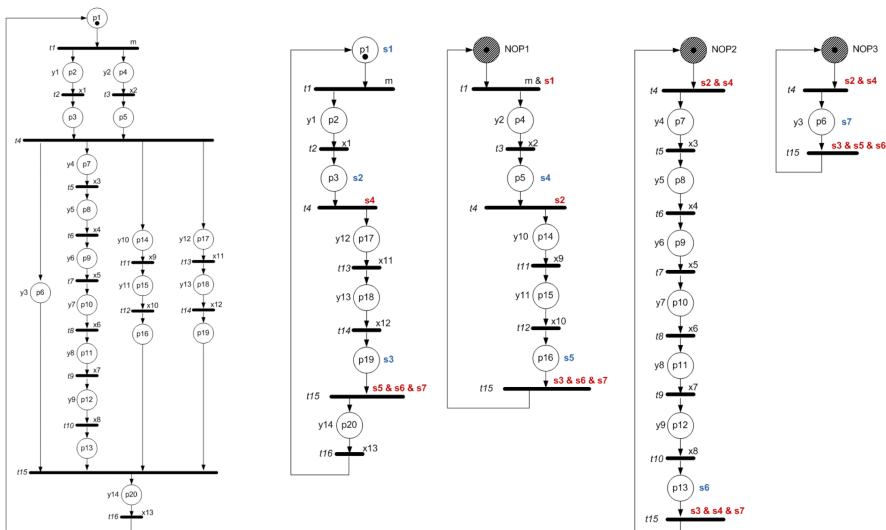
Wyselekcjonowane automaty

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{matrix} 2 \\ 4 \\ 6 \\ 7 \end{matrix}$$

Wynik

Zadana sieć Petriego może zostać zdekomponowana na 4 automaty sekwencyjne, które realizowane mogą być równolegle.

Przykład metody - zdekomponowana sieć



Przykład metody

Implementacja zdekomponowanych podsieci na sterownikach sekwencyjnych (np. 2x Arduino, 2x AVR) i ich wzajemna synchronizacja.

Kryteria weryfikacji proponowanych metod

Kryteria:

- 1 uzyskanie optymalnego rozwiązania (skuteczność),
- 2 akceptowalny czas obliczeń (sprawność).

Badania

Weryfikacja eksperymentalna i metodologia

Sprawdzenie sprawności oraz skuteczności proponowanych metod poprzez:

- 1 eksperymentalną weryfikację rozwiązań (porównanie z algorytmem z nawrotami) - skuteczność
- 2 uzyskanie rozwiązania w akceptowalnym czasie (maksymalnie 30 minut) - sprawność.

Wykorzystanie systemu Hippo, udostępniającego:

- 1 Realne systemy sterowania współbieżnego opisane sieciami Petriego,
- 2 Bibliotekę Hippo umożliwiającą weryfikację eksperymentalną,
- 3 System internetowy Hippo pozwalający na graficzną analizę przykładów.

Badania - niezmienniki miejsc i hipergrafy

Wybrane rezultaty

Dekomp.	Hipergrafy	Inwar.*	Inwar.
3carros	2,27 (3)	1,47 (3)	2,58 (3)
adam1	0,85 (12)	14,22 (12)	14,99 (12)
beverage	1,77 (4)	0,91 (4)	2,28 (4)
hard case	284 (4)	0,58 (6)	289 (4)
holiday1	31,79 (10)	0,63 (10)	2,55 (10)
maruster2	8,42 (6)	3,06 (6)	16,27 (6)

Legenda

* - zmodyfikowana metoda Martinez-Silva

Badania - selekcja

Wybrane rezultaty

Wybrane rezultaty dla odpowiednio trzech metod selekcji: algorytm z nawrotami, zachłanny oraz proponowany transwersal dokładnych.

Sieć	Liczba modułów sekwencyjnych	Czas wykonania [s]
bridge	2,2,2	0.34, 0.25, 0.16
cncrr002	5,5,5	0.50, 0.45, 0.16
Frame	3,3,3	0.75, 0.39, 0.19
P2N2	4,4,4	2.90, 1.69, 0.80
MG_NP	3,4,3	16.50, 0.64, 0.19
Philoso2	6,6,6	0.65, 0.58, 0.19

Badania - alternatywna ścieżka selekcji

Wybrane rezultaty dla metod: z nawrotami, proponowany transwersal dokładnych. Hipergraf selekcji nie należy do klasy xt, a więc wykonywana jest alternatywna ścieżka.

Sieć	Klasa	SMCs	Typ transersali
3carros	MG	3/3	dokładna
anet_cpy_mil	MG	3/3	dokładna
IEC	MG	3/3	zwykła
lnet_s2_2	MG	4/4	dokładna
lnet_s6_3	MG	3/7	zwykła
np5	MG	3/3	dokładna
oil_anet	MG	3/4	zwykła
oil_snet	EFC	3/4	zwykła
snet_mil	EFC	3/4	zwykła

Wpływ redukcji FRA na klasę hipergrafu selekcji

Rezultaty dla 79 sieci

Klasa hipergrafu	Przed redukcją [%]	Po redukcji [%]
xt	56 %	80 %
nie xt	44 %	20 %

Zmiana klasy hipergrafu selekcji - klasyfikacja

Rezultaty dla 79 sieci po redukcji

Klasa sieci	Klasa xt [%]	Klasa inna [%]
SM	13 %	1 %
MG	6 %	14 %
FC	1 %	1 %
EFC	0 %	4 %
PN	4 %	0 %
	24 %	20 %

Kolejne transwersale dokładne, a jakość rozwiązania

Sieć	Min. licz. SMCs	$ D_n $
2pusher	4	4
bridsem	3	3
cncrr001	3	3
img280	3	3
P6N2	7	7
Mizak	4	4
TP5	2	2
CEMV	4	4

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Biblioteka Hippo, przegląd klas (1)

- Napisana w C++, implementuje model hipergrafowy oraz sieci Petriego.

Przegląd klas

- Hippo - klasa bazowa, manipulacje związane z hipergrafami.
- HippoCliques - kliki hipergrafów.
- HippoColors - kolorowanie.
- HippoComparability - grafy porównywalności.
- HippoComplement - dualizacja, zbiory niezależne.
- HippoCovers - pokrycie / transversale hipergrafu.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
 - SMCs - wyznaczenie podsieci.
 - **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
 - dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- xtrec* - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

Przegląd klas (2)

Legenda

* - autorskie klasy / modyfikacje

Przegląd klas c.d.

- **HippoMethods*** - selekcja metodami: z nawrotami, zachłanną, autorską transwersal dokładnych.
- **HippoSelect*** - selekcja.
- HippoVectors - transformacje wektorowe oraz macierzowe.
- **pnets*** - sieci Petriego.
- SMCs - wyznaczenie podsieci.
- **xtrec*** - algorytm xtrec (klasa xt hipergrafu).
- dlx - algorytm tańczących powiązań.

System web Hippo

Informacje ogólne

- System webowy Hippo - *hippo.issi.uz.zgora.pl*.
- Dostarcza metody wspomagające modelowanie, projektowanie oraz analizę systemów opisanych sieciami Petriego.
- Funkcjonalności: klasyfikacja, dekompozycja, analiza inwariantów, analiza relacji współbieżności i sekwencyjności.
- Podgląd sieci, eksport do PHN, PNG, PNML (IOPT-Tools), XML (PIPE).
- Współpraca z zespołem badawczym z Universidade Nova de Lisboa.

System web Hippo

Informacje ogólne

- System webowy Hippo - *hippo.issi.uz.zgora.pl*.
- Dostarcza metody wspomagające modelowanie, projektowanie oraz analizę systemów opisanych sieciami Petriego.
- Funkcjonalności: klasyfikacja, dekompozycja, analiza inwariantów, analiza relacji współbieżności i sekwencyjności.
- Podgląd sieci, eksport do PHN, PNG, PNML (IOPT-Tools), XML (PIPE).
- Współpraca z zespołem badawczym z Universidade Nova de Lisboa.

System web Hippo

Informacje ogólne

- System webowy Hippo - *hippo.issi.uz.zgora.pl*.
- Dostarcza metody wspomagające modelowanie, projektowanie oraz analizę systemów opisanych sieciami Petriego.
- Funkcjonalności: klasyfikacja, dekompozycja, analiza inwariantów, analiza relacji współbieżności i sekwencyjności.
- Podgląd sieci, eksport do PHN, PNG, PNML (IOPT-Tools), XML (PIPE).
- Współpraca z zespołem badawczym z Universidade Nova de Lisboa.

System web Hippo

Informacje ogólne

- System webowy Hippo - *hippo.issi.uz.zgora.pl*.
- Dostarcza metody wspomagające modelowanie, projektowanie oraz analizę systemów opisanych sieciami Petriego.
- Funkcjonalności: klasyfikacja, dekompozycja, analiza inwariantów, analiza relacji współbieżności i sekwencyjności.
- Podgląd sieci, eksport do PHN, PNG, PNML (IOPT-Tools), XML (PIPE).
- Współpraca z zespołem badawczym z Universidade Nova de Lisboa.

System web Hippo

Informacje ogólne

- System webowy Hippo - *hippo.issi.uz.zgora.pl*.
- Dostarcza metody wspomagające modelowanie, projektowanie oraz analizę systemów opisanych sieciami Petriego.
- Funkcjonalności: klasyfikacja, dekompozycja, analiza inwariantów, analiza relacji współbieżności i sekwencyjności.
- Podgląd sieci, eksport do PHN, PNG, PNML (IOPT-Tools), XML (PIPE).
- Współpraca z zespołem badawczym z Universidade Nova de Lisboa.

Podsumowanie

- 1 Obszar badań: wykorzystanie hipergrafów i algebry liniowej w dekompozycji systemów dyskretnych.
- 2 Główne cele: algorytmizacja oraz opracowanie metod dekompozycji oraz selekcji, realizacja komputerowego systemu wspomagającego proces projektowania systemów cyfrowych.
- 3 Opracowany algorytm selekcji pozwala na wybór podsieci w czasie wielomianowym dla 80% testowych sieci.
- 4 Badania proponowanej metody dekompozycji opartej o p- niezmienniki potwierdzają możliwość efektywnego wybierania podsieci automatowych niezbędnych do pokrycia sieci wejściowej.

Podsumowanie

- 1 Obszar badań: wykorzystanie hipergrafów i algebry liniowej w dekompozycji systemów dyskretnych.
- 2 Główne cele: algorytmizacja oraz opracowanie metod dekompozycji oraz selekcji, realizacja komputerowego systemu wspomagającego proces projektowania systemów cyfrowych.
- 3 Opracowany algorytm selekcji pozwala na wybór podsieci w czasie wielomianowym dla 80% testowych sieci.
- 4 Badania proponowanej metody dekompozycji opartej o p -niezmienniki potwierdzają możliwość efektywnego wybierania podsieci automatowych niezbędnych do pokrycia sieci wejściowej.

Podsumowanie

- 1 Obszar badań: wykorzystanie hipergrafów i algebry liniowej w dekompozycji systemów dyskretnych.
- 2 Główne cele: algorytmizacja oraz opracowanie metod dekompozycji oraz selekcji, realizacja komputerowego systemu wspomagającego proces projektowania systemów cyfrowych.
- 3 Opracowany algorytm selekcji pozwala na wybór podsieci w czasie wielomianowym dla 80% testowych sieci.
- 4 Badania proponowanej metody dekompozycji opartej o p- niezmienniki potwierdzają możliwość efektywnego wybierania podsieci automatowych niezbędnych do pokrycia sieci wejściowej.

Podsumowanie

- 1 Obszar badań: wykorzystanie hipergrafów i algebry liniowej w dekompozycji systemów dyskretnych.
- 2 Główne cele: algorytmizacja oraz opracowanie metod dekompozycji oraz selekcji, realizacja komputerowego systemu wspomagającego proces projektowania systemów cyfrowych.
- 3 Opracowany algorytm selekcji pozwala na wybór podsieci w czasie wielomianowym dla 80% testowych sieci.
- 4 Badania proponowanej metody dekompozycji opartej o p- niezmienniki potwierdzają możliwość efektywnego wybierania podsieci automatowych niezbędnych do pokrycia sieci wejściowej.

Elementy nowatorskie (1)

Najważniejszymi nowymi elementami pracy są następujące pozycje:

- opracowanie metody dekompozycji wykorzystującej niezmienniki miejsc, w tym wprowadzenie modyfikacji do metody Martineza-Silvy,
- opracowanie metody selekcji wykorzystującej teorię hipergrafów (hipergraf transwersal dokładnych),
- opracowanie hipotez badawczych dotyczących teorii hipergrafów w procesie selekcji,
- modyfikacje biblioteki Hippo na potrzeby prac związanych z rozprawą,

Elementy nowatorskie (2)

c.d.

- modyfikacje biblioteki benchmarków testowych na potrzeby prac związanych z rozprawą,
- opracowanie systemu internetowego Hippo w kooperacji z innymi wykonawcami,
- weryfikacja efektywności opracowanych metod poprzez przeprowadzenie szeregu badań i eksperymentów.

Dorobek naukowy

Web of Science

- Indeks Hirscha: 6
- i10-index: 6
- Liczba cytowań: 112 (76)
- Liczba artykułów: 14

Google Scholar

- Indeks Hirscha: 7
- i10-index: 6
- Liczba cytowań: 138
- Liczba artykułów: 20

Dorobek naukowy - najważniejsze pozycje

Publikacje WoS

- **Decomposition of Distributed Edge Systems Based on the Petri Nets and Linear Algebra Technique**, *A. Karatkevich, R. Wiśniewski, Ł. Stefanowicz, M. Wojnakowski*, Journal of Systems Architecture, 2019, JCR,
- **Application of hypergraphs to the reduction of the memory size in the Microprogrammed Controllers with Address Converter**, *M. Adamski, M. Wiśniewska, R. Wiśniewski, Ł. Stefanowicz*, Przegląd Elektrotechniczny, 2012, JCR,
- **Minimization of SM-Covers of Petri Net Specifications of Control Systems**, *A. Karatkevich, Ł. Stefanowicz*, MIXDES, 2019,

Dorobek naukowy - najważniejsze pozycje

Publikacje WoS

- **Selection of state machine components for a Petri net based on the computation of an exact transversal**, Ł. Stefanowicz, R. Wiśniewski, A. Karatkevich, AIP Proceedings, 2018,
- **Conception of discrete systems decomposition algorithm using p-invariants and hypergraphs**, Ł. Stefanowicz, SPIE, 2016,
- **Application of modified Martinez-Silva algorithm in determination of net cover**, Ł. Stefanowicz, I. Grobelna, AIP Proceedings, 2016,
- **State machine components selection based on minimal transversals**, Ł. Stefanowicz, P. Mróz, AIP, 2015.

Podsumowanie

Informacje ogólne

- Grant dla młodych naukowców i studentów studiów doktoranckich 2013-2014,
- Grant dla młodych naukowców i studentów studiów doktoranckich 2015-2016.