

# Sprawozdanie: Testy systemu transputerowego

Szymon Francuzik      Stanisław Jankowski

24 listopada 2008

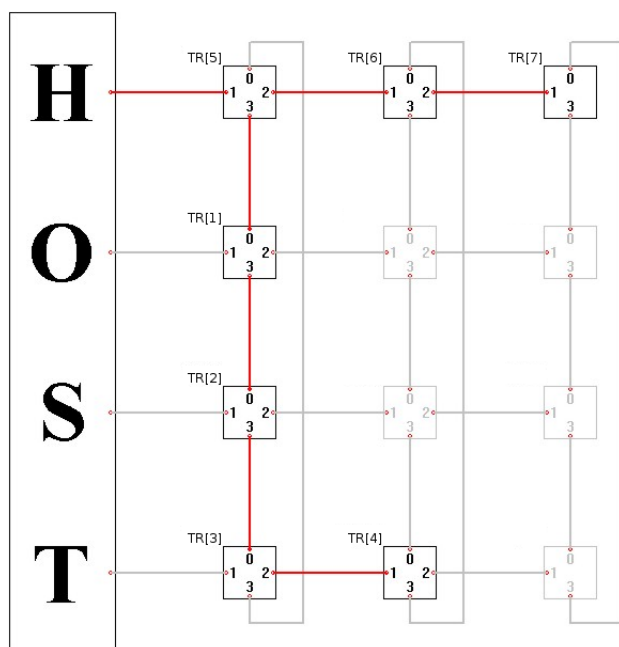
## 1 Opis zadania

Problem polega na porównywaniu różnych sposobów przetwarzania zadań jednorodnych w systemie transputerowym. Zadana architekturą systemu jest łańcuch 7 transputerów z centralnie położonym źródłem danych. Zgodnie z treścią zadania założono, iż w miarę oddalania się od źródła danych, prędkość każdego kolejnego transputera maleje dwu-, cztero- i ośmiokrotnie w stosunku do jego rzeczywistej szybkości. Rozważono następujące sposoby realizacji przetwarzania:

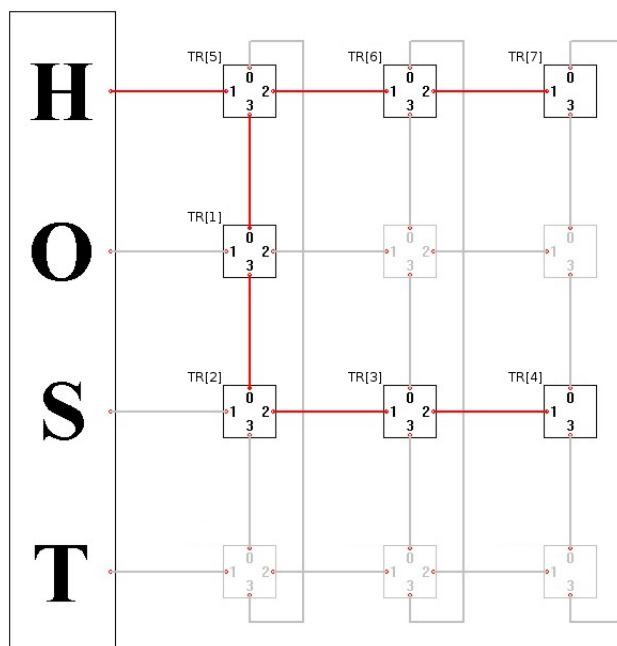
- przetwarzanie szeregowe
- przetwarzanie równoległe z jedną fazą obliczeń i jednym przesłaniem danych - 1f1p
- przetwarzanie równoległe z jedną fazą obliczeń i dwoma przesłaniami danych - 1f2p
- przetwarzanie równoległe z dwoma fazami obliczeń i jednym przesłaniem danych na fazę obliczeń - 2f1p

Ponadto dla każdego z podanych wariantów rozpatrzono dwa sposoby wyboru transputerów, na których realizowane są obliczenia:

- wybór maksymalizujący liczbę szybkich transputerów



Rysunek 1: Model maksymalizujący liczbę szybkich transputerów.



Rysunek 2: Model maksymalizujący liczbę szybkich łączy komunikacyjnych.

- wybór maksymalizujący liczbę szybkich łączy komunikacyjnych

Wszystkie powyższe warianty rozpatrzono teoretycznie, konstruując odpowiednie problemy programowania liniowego, które pozwoliły dobrać optymalną liczbę zadań do przetworzenia dla każdego procesora. Kryterium optymalności stanowił jak najkrótszy czas przetwarzania całej puli zadań. Aby ułożyć problemy programowania liniowego, przeprowadzono pomiary czasów komunikacji, oraz przetwarzania dla odpowiednich transputerów.

Następnie zaimplementowano warianty z przetwarzaniem 1f1p oraz 1f2p dla maksymalizacji liczby szybkich łączy oraz dla maksymalizacji liczby szybkich procesorów. Dla każdego transputera przydzielono liczbę zadań wyliczoną z modelu teoretycznego. Wyniki uzyskane z testów powyższych implementacji porównano następnie z modelami teoretycznymi.

## 2 Wyznaczanie parametrów systemu

Należało wyznaczyć czas inicjalizacji połączenia, prędkość komunikacji oraz prędkość przetwarzania pojedynczego zadania. Uwzględniono fakt, iż czas inicjalizacji połączenia oraz prędkość przetwarzania pojedynczego zadania, zależy od prędkości transputera - transputery w pierwszej kolumnie od lewej są szybsze niż pozostałe. Natomiast czas komunikacji zależy jest od rodzaju łącza - łącza poziome są szybsze niż pionowe.

## 2.1 Pomiar czasów inicjalizacji połączenia, oraz prędkości komunikacji

Napisano program mierzący czasy inicjalizacji połączeń, oraz prędkości przesyłania danych. Pomiary dokonano pomiędzy:

- dwoma szybkimi transputerami połączonymi wolnym łączem
- dwoma wolnymi transputerami połączonymi szybkim łączem
- dwoma wolnymi transputerami połączonymi wolnym łączem

Dokonano odpowiedniej synchronizacji procesów, aby upewnić się iż wszystkie one są zainicjowane i gotowe do przeprowadzenia pomiarów. Następnie uruchamiano funkcję ProcTime(), aby określić moment początku komunikacji i wysyłało pakiet danych do drugiego z transputerów, który natychmiast odsyłał otrzymane dane do nadawcy. Nadawca uruchamiał po raz drugi funkcję ProcTime(), aby określić moment zakończenia komunikacji. Zarówno proces nadawcy jak i odbiorcy uruchamiany był z wysokim priorytetem, co gwarantowało wysoką dokładność pomiarów.

Procedurę powtarzano dla różnych wielkości pakietów z danymi. Następnie dla otrzymanych wyników obliczono regresję liniową, dzięki której otrzymano wartości czasu inicjalizacji komunikacji, oraz prędkości komunikacji. Powyższą procedurę powtarzano dla każdej z wymienionych trzech par transputerów. Oto otrzymane wyniki czasów inicjalizacji połączeń oraz przesyłania jednego pakietu danych:

Typ Transputera	SetupTime[ $\mu$ s]
szybki	<b>10,4</b>
wolny	<b>10,94</b>

Tabela 1: Wyniki pomiarów czasów inicjalizacji połączeń

Typ Łącza	Czas[ $\mu$ s]
pionowe	<b>4,310,4</b>
poziome	<b>2,2510,94</b>

Tabela 2: Wyniki pomiarów czasów przesyłania danych

## 2.2 Pomiar prędkości przetwarzania

Napisano program mierzący prędkość przetwarzania pojedynczego zadania na transputerze szybkim oraz wolnym. Pojedyncze zadanie polegało na obliczeniu metodą Hornera wartości następującego wielomianu:  $W(x) = (((4 * x + 12) * x + 3) * x + 3) * x + 7$ .

W tym celu na każdym z dwóch transputerów, których dotyczyły pomiary, utworzono po dwa procesy. Proces z priorytetem niskim, na którym odbywały się obliczenia, oraz proces z priorytetem wysokim, na którym odbywały się pomiary czasu. Wybór takiego sposobu pomiarów wynika z próby jak najdokładniejszego odwzorowania architektury zastosowanej przy implementacji modeli. Po odpowiedniej synchronizacji procesów, która gwarantuje ich gotowość do przeprowadzenia pomiarów, proces obliczeniowy wysyłał sygnał - liczbę całkowitą do procesu pomiarowego i zaczynał obliczenia. Proces pomiarowy po otrzymaniu pierwszego sygnału uruchamiał funkcję ProcTime() do uzyskania czasu rozpoczęcia obliczeń. Proces obliczeniowy po zakończeniu obliczeń wysyłał do procesu mierzącego czas kolejny sygnał. Proces mierzący, po odebraniu drugiego sygnału, uruchamiał funkcję ProcTime() aby uzyskać czas zakończenia obliczeń. Różnica obu czasów dała czas trwania obliczeń powiększony o czas przesyłania komunikatu między procesami (ok. 18  $\mu s$ ).

Procedurę powtarzano dla różnej liczby zadań do przetworzenia przez procesor, przy czym dla każdej liczby zadań pomiar przeprowadzano dwudziestokrotnie. Następnie dla otrzymanych wyników obliczono regresję liniową, dzięki której otrzymano wartości prędkości obliczeń dla transputera szybkiego oraz wolnego. Oto torzymane wyniki prędkości przetwarzania pojedynczego zadania:

Typ Transputera	Czas [ $\mu s$ ]
szybki	<b>6,6</b>
wolny	<b>6,83</b>

Tabela 3: Wyniki pomiarów prędkości przetwarzania pojedynczego zadania

### 3 Opis modeli systemów

Dla każdego wariantu realizacji obliczeń opisanego w punkcie pierwszym, utworzono model matematyczny. Jest nim zadanie programowania liniowego, które następnie rozwiązywano za pomocą programu lp\_solve. Pozwoliło to uzyskać optymalne rozkłady puli zadań na poszczególnych procesorach, minimalizując tym samym czasy zakończenia obliczeń.

- **v** - całkowita liczba zadań do realizacji przez system
- **T** - minimalizowany całkowity czas przetwarzania v zadań
- **li** - liczba zadań dla itego procesora,  $i=1..7$
- **ai** - czas przetwarzania pojedynczego zadania na itym transputerze,  $i=1..7$

- **s1, s2** - czas inicjalizacji komunikacji, odpowiednio dla szybkiego i wolnego transputera
- **c1, c2** - czas przesłania jednego pakietu danych, odpowiednio wolnym i szybkim łączem

**Uwaga!**

- Poniżej przedstawiono tylko równania i/lub ograniczenia dla wybranych modeli, bez inicjalizowania zmiennych i stałych problemu. Kompletne kody dla każdego problemu umieszczone zostały na dołączonej płycie CD.
- Przyjęte oznaczenia (indeksy według rysunków z rozdziału Opis zadania)

### 3.1 Model szeregowy

W modelu tym założono iż komunikacja między transputerami przebiega szeregowo, to znaczy transputer - źródło przesyła dane najpierw do jednego końca łańcucha a następnie do drugiego. Dopiero po zakończeniu przesyłania danych, transputer zaczyna obliczenia. Oto problemy liniowe dla omawianego modelu, przy przyjętych oznaczeniach.(rysunek!!!)

#### 3.1.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

minimize obj: +T;

$$R1: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + l1 * a1;$$

$$R2: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c1 + l2 * a2;$$

$$R3: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c1 + s1 + (l4) * c2 + l3 * a3;$$

$$R4: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c1 + s1 + (l4) * c2 + l4 * a4;$$

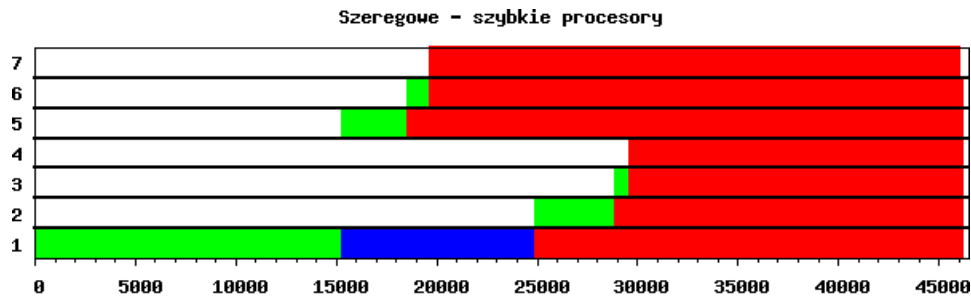
$$R5: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + l5 * a5;$$

$$R6: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + s2 + (l7) * c2 + l6 * a6;$$

$$R7: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + s2 + (l7) * c2 + l7 * a7;$$

$$R8: v = l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 + l7;$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu:(tabelka!!!)



Rysunek 3: Diagram Gantta dla modelu szeregowego z maksymalizacją szybkich procesorów

### 3.1.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

minimize obj:  $+T$ ;

$$R1: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + l1 * a1;$$

$$R2: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c2 + l2 * a2;$$

$$R3: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c2 + s2 + (l4) * c2 + l3 * a3;$$

$$R4: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l2 + l3 + l4) * c1 + s1 + (l3 + l4) * c2 + s2 + (l4) * c2 + l4 * a4;$$

$$R5: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + l5 * a5;$$

$$R6: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + s2 + (l7) * c2 + l6 * a6;$$

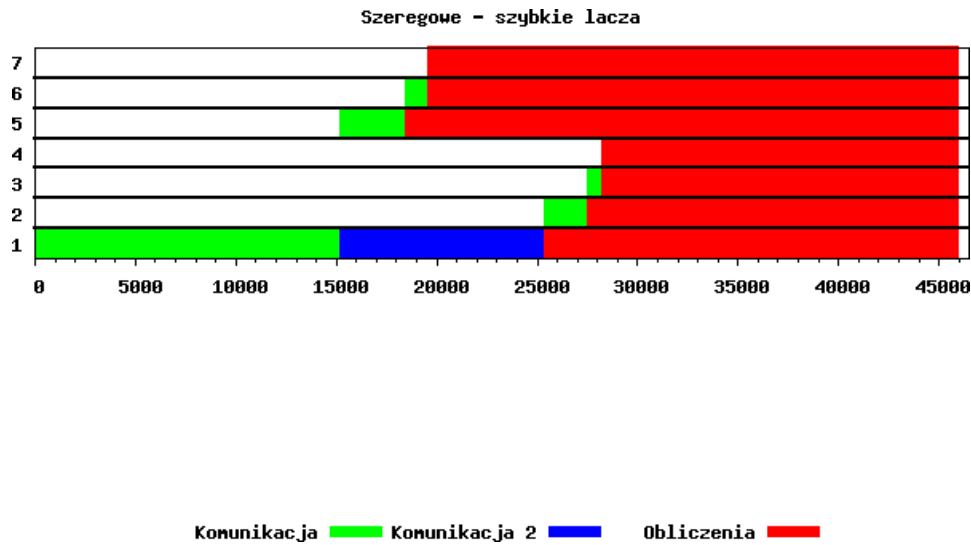
$$R7: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c2 + s2 + (l7) * c2 + l7 * a7;$$

$$R8: v = l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 + l7;$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu: (tabelka!!!)

## 3.2 Model 1f1p

W modelu tym założono, że komunikacja na każdym transputerze przebiega równolegle z obliczeniami. Ponadto dla transputera-źródła równolegle odbywa się przesyłanie w obie strony. Oto problemy liniowe dla omawianego modelu, przy przyjętych oznaczeniach. (rysunek!!!)



Rysunek 4: Diagram Gantta dla modelu szeregowego z maksymalizacją szybkich łączy

### 3.2.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

minimize obj:  $+T$ ;

$$R1: T \geq l1 \cdot a1;$$

$$R2: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + l2 \cdot a2;$$

$$R3: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + s1 + (l3 + l4) \cdot c1 + l3 \cdot a3;$$

$$R4: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + s1 + (l3 + l4) \cdot c1 + s1 + (l4) \cdot c2 + l4 \cdot a4;$$

$$R5: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) \cdot c1 + l5 \cdot a5;$$

$$R6: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) \cdot c1 + s1 + (l5 + l6) \cdot c2 + l6 \cdot a6;$$

$$R7: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) \cdot c1 + s1 + (l5 + l6) \cdot c2 + s2 + (l6) \cdot c2 + l7 \cdot a7;$$

$$R8: v = l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 + l7;$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu: (tabelka!!!)

### 3.2.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

minimize obj:  $+T$ ;

$$R1: T \geq l1 \cdot a1;$$

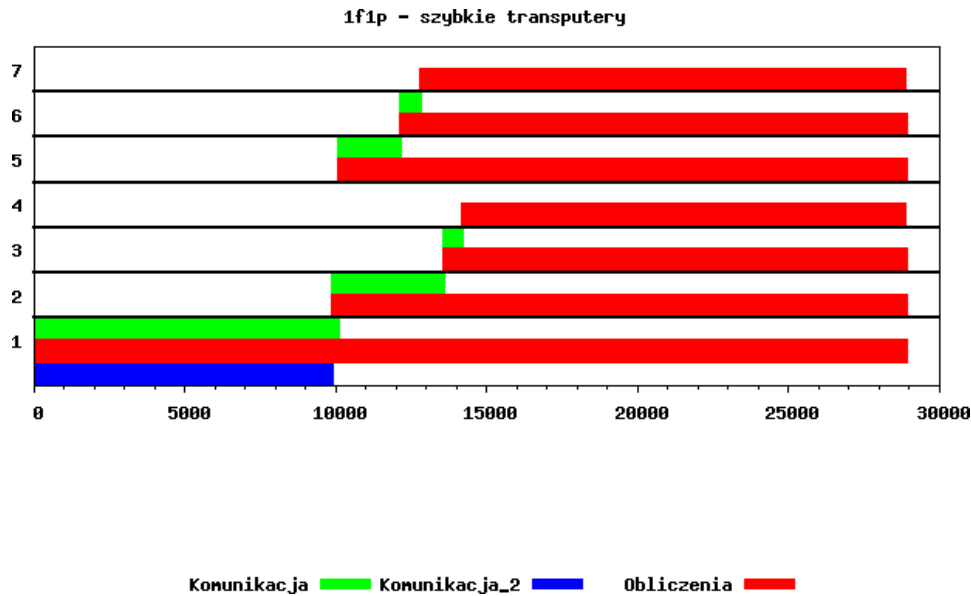
$$R2: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + l2 \cdot a2;$$

$$R3: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + s1 + (l3 + l4) \cdot c2 + l3 \cdot a3;$$

$$R4: T \geq s1 + (l2 + l3 + l4) \cdot c1 + s1 + (l3 + l4) \cdot c2 + s2 + (l4) \cdot c2 + l4 \cdot a4;$$

$$R5: T \geq s1 + (l5 + l6 + l7) \cdot c1 + l5 \cdot a5;$$





Rysunek 5: Diagram Gantta dla modelu 1f1p z maksymalizacją szybkich procesorów

$$R6: T \geq s_1 + (l_5 + l_6 + l_7) \cdot c_1 + s_1 + (l_5 + l_6) \cdot c_2 + l_6 \cdot a_6;$$

$$R7: T \geq s_1 + (l_5 + l_6 + l_7) \cdot c_1 + s_1 + (l_5 + l_6) \cdot c_2 + s_2 + (l_6) \cdot c_2 + l_7 \cdot a_7;$$

$$R8: v = l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7;$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu:(tabelka!!!)

### 3.3 Model 1f2p

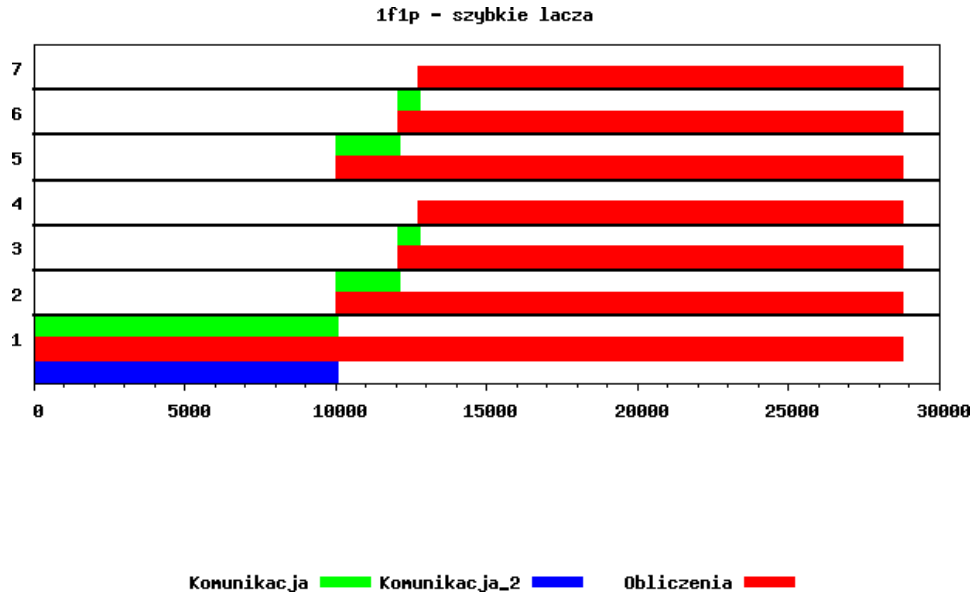
W modelu tym założono, że komunikacja odbywa się w dwóch etapach. W pierwszym etapie komunikacji, transputer odbiorca otrzymuje dane potrzebne mu do całkowitej realizacji swojej części obliczeń. W drugim etapie komunikacji otrzymuje natomiast dane do przesłania kolejnym transputerom w łańcuchu. Proces obliczeń i komunikacji został zrównoleglony w maksymalnym możliwym stopniu. Oto problemy liniowe dla omawianego modelu, przy przyjętych oznaczeniach.(rysunek!!!)

#### 3.3.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

minimize obj:  $+T$ ;

$$R1: T \geq l_1 \cdot a_1;$$

$$R2: T \geq s_1 + (l_2) \cdot c_1 + l_2 \cdot a_2;$$



Rysunek 6: Diagram Gantta dla modelu 1f1p z maksymalizacją szybkich łączy

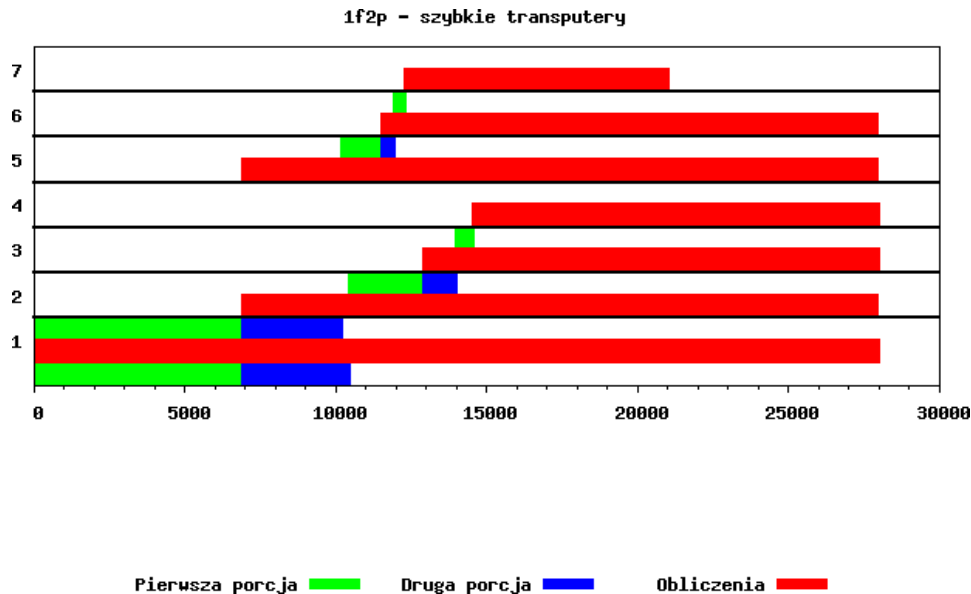
$$\begin{aligned}
 R3: T &\geq s1+(l2)*c1 + s1+(l3+l4)*c1 + s1+(l3)*c1 + l3*a3; \\
 R4: T &\geq s1+(l2)*c1 + s1+(l3+l4)*c1 + s1+(l3)*c1 + s1+(l4)*c1 + \\
 &s1+(l4)*c2 + l4*a4; \\
 R5: T &\geq s1+(l5)*c1 + l5*a5; \\
 R6: T &\geq s1+(l5)*c1 + s1+(l6+l7)*c1 + s1+(l6)*c2 + l6*a6; \\
 R7: T &\geq s1+(l5)*c1 + s1+(l6+l7)*c1 + s1+(l6)*c2 + s1*(l7)*c2 + \\
 &s2*(l7)*c2 + l7*a7; \\
 R8: v &= l1+l2+l3+l4+l5+l6+l7;
 \end{aligned}$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu:(tabelka!!!)

### 3.3.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

minimize obj: +T;

$$\begin{aligned}
 R1: T &\geq 4 \ l1*a1; \\
 R2: T &\geq s1+(l2)*c1 + l2*a2; \\
 R3: T &\geq s1+(l2)*c1 + s1+(l3+l4)*c1 + s1+(l3)*c2 + l3*a3; \\
 R4: T &\geq s1+(l2)*c1 + s1+(l3+l4)*c1 + s1+(l3)*c2 + s1+(l4)*c2 + \\
 &s2+(l4)*c2 + l4*a4; \\
 R5: T &\geq s1+(l5)*c1 + l5*a5; \\
 R6: T &\geq s1+(l5)*c1 + s1+(l6+l7)*c1 + s1+(l6)*c2 + l6*a6;
 \end{aligned}$$



Rysunek 7: Diagram Gantta dla modelu 1f2p z maksymalizacją szybkich procesorów

$$R7: T \geq s1 + (l5) * c1 + s1 + (l6 + l7) * c1 + s1 + (l6) * c2 + s1 * (l7) * c2 + s2 * (l7) * c2 + l7 * a7;$$

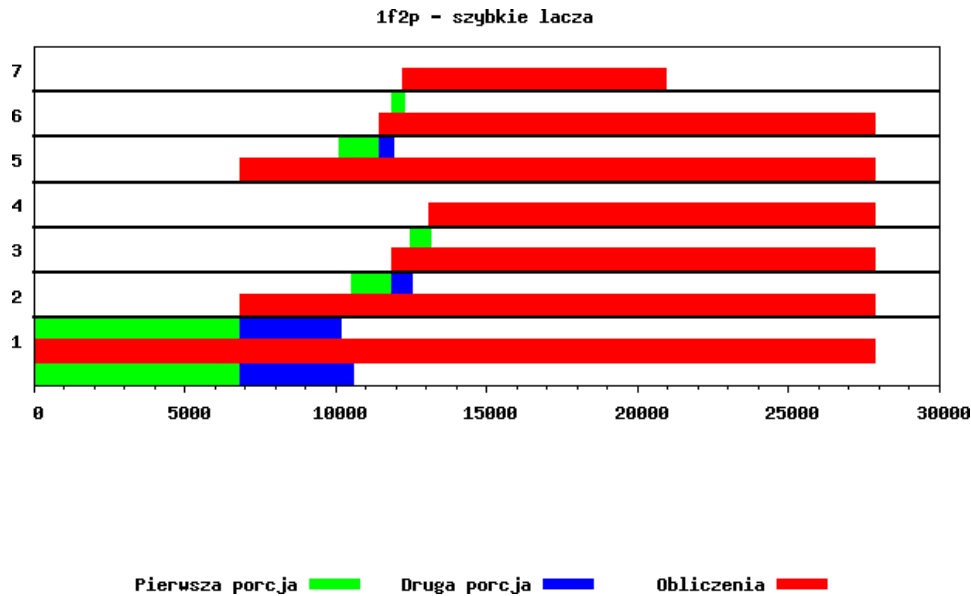
$$R8: v = l1 + l2 + l3 + l4 + l5 + l6 + l7;$$

Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu: (tabelka!!!)

### 3.4 Model 2f1p

końców W modelu tym komunikację między transputerami rozbito na dwie fazy. W pierwszej, każdy z transputerów otrzymuje tylko część potrzebnych mu do obliczeń danych i może wykonać pierwszą fazę obliczeń. Natomiast w drugiej fazie komunikacji każdy z transputerów otrzymuje drugą część potrzebnych mu do obliczeń danych. Przesyłanie i obliczenia realizowane są w maksymalnie zrównoleglony sposób. Do opisu powyższego modelu niezbędne było wprowadzenie nowych parametrów opisujących system:

- **obij** - Początek obliczeń na i-tym transputerze w j-tej fazie,  $i=1..7$ ,  $j=1..2$ , wyjątek dla pierwszego transputera - ob1
- **oeij** - Koniec obliczeń na i-tym transputerze w j-tej fazie,  $i=1..7$ ,  $j=1..2$ , wyjątek dla pierwszego transputera - oe1



Rysunek 8: Diagram Gantta dla modelu 1f2p z maksymalizacją szybkich łączy

- **kbij** - Początek komunikacji na itym transputerze w jotej fazie,  $i=1..6$ ,  $j=1..2$ , wyjątek dla pierwszego transputera - kbijl, gdzie l oznacza: g - komunikację w stronę węzła 7, d - w stronę węzła 4
- **keij** - Koniec komunikacji na itym transputerze w jotej fazie,  $i=1..6$ ,  $j=1..2$ , wyjątek dla pierwszego transputera - keijl, gdzie l oznacza: g - komunikację w stronę węzła 7, d - w stronę węzła 4

Oto problemy liniowe dla omawianego modelu, przy przyjętych oznaczeniach.(rysunek!!!)

### 3.4.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

minimize obj: T;

r1:  $T \geq oe1$ ;  
 r2:  $T \geq oe22$ ;  
 r3:  $T \geq oe32$ ;  
 r4:  $T \geq oe42$ ;  
 r5:  $T \geq oe52$ ;  
 r6:  $T \geq oe62$ ;  
 r7:  $T \geq oe72$ ;

r8: kb21  $\geq$  ke11d;

r9:  $kb22 \geq ke12d$ ;  
 r10:  $kb31 \geq ke21$ ;  
 r11:  $kb32 \geq ke22$ ;  
 r12:  $kb41 \geq ke31$ ;  
 r13:  $kb42 \geq ke32$ ;  
 r14:  $kb51 \geq ke11g$ ;  
 r15:  $kb52 \geq ke12g$ ;  
 r16:  $kb61 \geq ke51$ ;  
 r17:  $kb62 \geq ke52$ ;

r18:  $v = l1 + l21 + l22 + l31 + l32 + l41 + l42 + l51 + l52 + l61 + l62 + l71 + l72$ ;

r19:  $ke11g = kb11g + s1 + (l51 + l61 + l71) * c1$ ;  
 r20:  $ke12g = kb12g + s1 + (l52 + l62 + l72) * c1$ ;  
 r21:  $ke11d = kb11d + s1 + (l21 + l31 + l41) * c1$ ;  
 r22:  $ke12d = kb12d + s1 + (l22 + l32 + l42) * c1$ ;  
 r23:  $ke21 = kb21 + s1 + (l31 + l41) * c1$ ;  
 r24:  $ke22 = kb22 + s1 + (l32 + l42) * c1$ ;  
 r25:  $ke31 = kb31 + s1 + (l41) * c2$ ;  
 r26:  $ke32 = kb32 + s1 + (l42) * c2$ ;  
 r27:  $ke51 = kb51 + s1 + (l61 + l71) * c2$ ;  
 r28:  $ke52 = kb52 + s1 + (l62 + l72) * c2$ ;  
 r29:  $ke61 = kb61 + s2 + (l71) * c2$ ;  
 r30:  $ke62 = kb62 + s2 + (l72) * c2$ ;

r31:  $kb12g \geq ke11g$ ;  
 r32:  $kb12d \geq ke11d$ ;  
 r33:  $kb22 \geq ke21$ ;  
 r34:  $kb32 \geq ke31$ ;  
 r35:  $kb42 \geq ke41$ ;  
 r36:  $kb52 \geq ke51$ ;  
 r37:  $kb62 \geq ke61$ ;

r38:  $ob22 \geq oe21$ ;  
 r39:  $ob32 \geq oe31$ ;  
 r40:  $ob42 \geq oe41$ ;  
 r41:  $ob52 \geq oe51$ ;  
 r42:  $ob62 \geq oe61$ ;  
 r43:  $ob72 \geq oe71$ ;

r44:  $ob21 \geq ke11d$ ;  
 r45:  $ob22 \geq ke12d$ ;  
 r46:  $ob31 \geq ke21$ ;

r47: ob32  $\geq$  ke22;  
 r48: ob41  $\geq$  ke31;  
 r49: ob42  $\geq$  ke32;  
 r50: ob51  $\geq$  ke11g;  
 r51: ob52  $\geq$  ke12g;  
 r52: ob61  $\geq$  ke51;  
 r53: ob62  $\geq$  ke52;  
 r54: ob71  $\geq$  ke61;  
 r55: ob72  $\geq$  ke62;

r56: oe1 = ob1 + a1\*l1;  
 r57: oe21 = ob21 + a2\*l21;  
 r58: oe22 = ob22 + a2\*l22;  
 r59: oe31 = ob31 + a3\*l31;  
 r60: oe32 = ob32 + a3\*l32;  
 r61: oe41 = ob41 + a4\*l41;  
 r62: oe42 = ob42 + a4\*l42;  
 r63: oe51 = ob51 + a5\*l51;  
 r64: oe52 = ob52 + a5\*l52;  
 r65: oe61 = ob61 + a6\*l61;  
 r66: oe62 = ob62 + a6\*l62;  
 r67: oe71 = ob71 + a7\*l71;  
 r68: oe72 = ob72 + a7\*l72;

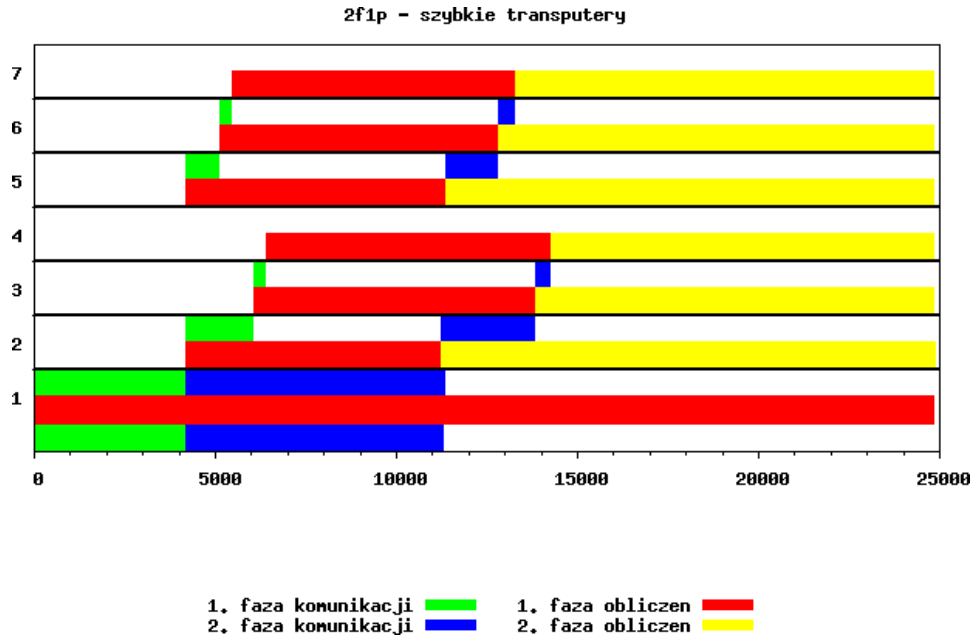
Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu:(tabelka!!!)

### 3.4.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

minimize obj: T;

r1: T  $\geq$  oe1;  
 r2: T  $\geq$  oe22;  
 r3: T  $\geq$  oe32;  
 r4: T  $\geq$  oe42;  
 r5: T  $\geq$  oe52;  
 r6: T  $\geq$  oe62;  
 r7: T  $\geq$  oe72;

r8: kb21  $\geq$  ke11d;  
 r9: kb22  $\geq$  ke12d;  
 r10: kb31  $\geq$  ke21;  
 r11: kb32  $\geq$  ke22;



Rysunek 9: Diagram Gantta dla modelu 2f1p z maksymalizacją szybkich procesorów

r12: kb41  $\geq$  ke31;  
 r13: kb42  $\geq$  ke32;  
 r14: kb51  $\geq$  ke11g;  
 r15: kb52  $\geq$  ke12g;  
 r16: kb61  $\geq$  ke51;  
 r17: kb62  $\geq$  ke52;

r18:  $v = l1 + l21 + l22 + l31 + l32 + l41 + l42 + l51 + l52 + l61 + l62 + l71 + l72$ ;

r19:  $ke11g = kb11g + s1 + (l51 + l61 + l71) * c1$ ;  
 r20:  $ke12g = kb12g + s1 + (l52 + l62 + l72) * c1$ ;  
 r21:  $ke11d = kb11d + s1 + (l21 + l31 + l41) * c1$ ;  
 r22:  $ke12d = kb12d + s1 + (l22 + l32 + l42) * c1$ ;  
 r23:  $ke21 = kb21 + s1 + (l31 + l41) * c2$ ;  
 r24:  $ke22 = kb22 + s1 + (l32 + l42) * c2$ ;  
 r25:  $ke31 = kb31 + s2 + (l41) * c2$ ;  
 r26:  $ke32 = kb32 + s2 + (l42) * c2$ ;  
 r27:  $ke51 = kb51 + s1 + (l61 + l71) * c2$ ;  
 r28:  $ke52 = kb52 + s1 + (l62 + l72) * c2$ ;  
 r29:  $ke61 = kb61 + s2 + (l71) * c2$ ;  
 r30:  $ke62 = kb62 + s2 + (l72) * c2$ ;

r31: kb12g  $\geq$  ke11g;  
 r32: kb12d  $\geq$  ke11d;  
 r33: kb22  $\geq$  ke21;  
 r34: kb32  $\geq$  ke31;  
 r35: kb42  $\geq$  ke41;  
 r36: kb52  $\geq$  ke51;  
 r37: kb62  $\geq$  ke61;

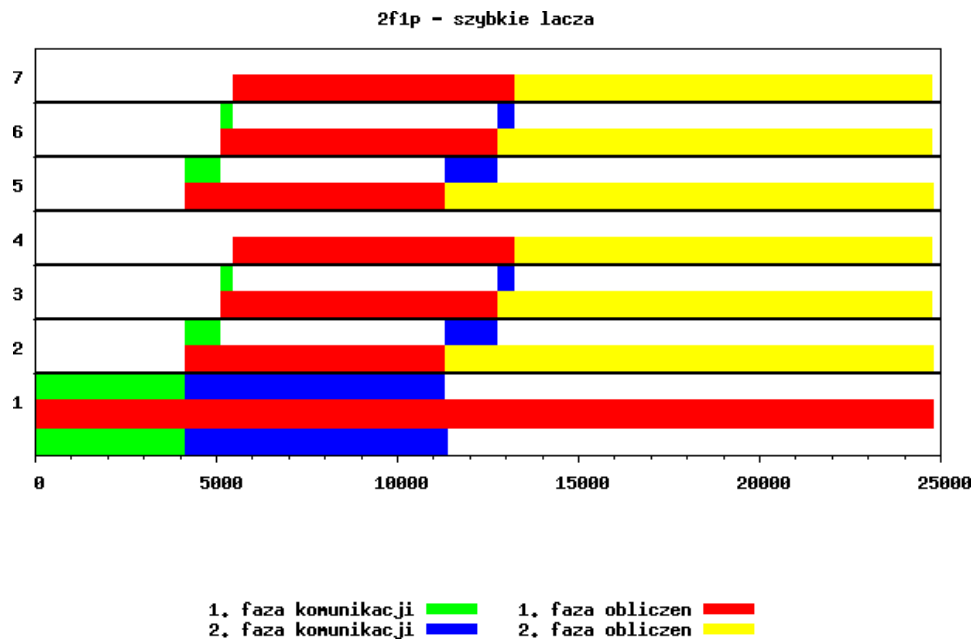
r38: ob22  $\geq$  oe21;  
 r39: ob32  $\geq$  oe31;  
 r40: ob42  $\geq$  oe41;  
 r41: ob52  $\geq$  oe51;  
 r42: ob62  $\geq$  oe61;  
 r43: ob72  $\geq$  oe71;

r44: ob21  $\geq$  ke11d;  
 r45: ob22  $\geq$  ke12d;  
 r46: ob31  $\geq$  ke21;  
 r47: ob32  $\geq$  ke22;  
 r48: ob41  $\geq$  ke31;  
 r49: ob42  $\geq$  ke32;  
 r50: ob51  $\geq$  ke11g;  
 r51: ob52  $\geq$  ke12g;  
 r52: ob61  $\geq$  ke51;  
 r53: ob62  $\geq$  ke52;  
 r54: ob71  $\geq$  ke61;  
 r55: ob72  $\geq$  ke62;

r56: oe1 = ob1 + a1\*l1;  
 r57: oe21 = ob21 + a2\*l21;  
 r58: oe22 = ob22 + a2\*l22;  
 r59: oe31 = ob31 + a3\*l31;  
 r60: oe32 = ob32 + a3\*l32;  
 r61: oe41 = ob41 + a4\*l41;  
 r62: oe42 = ob42 + a4\*l42;  
 r63: oe51 = ob51 + a5\*l51;  
 r64: oe52 = ob52 + a5\*l52;  
 r65: oe61 = ob61 + a6\*l61;  
 r66: oe62 = ob62 + a6\*l62;  
 r67: oe71 = ob71 + a7\*l71;  
 r68: oe72 = ob72 + a7\*l72;



Rozwiązanie problemu programowania liniowego dla tego wariantu:(tabelka!!!)



Rysunek 10: Diagram Gantta dla modelu 2f1p z maksymalizacją szybkich łączy

## 4 Opis implementacji modeli

Zaimplementowano programy realizujące modele 1f1p oraz 1f2p w wersjach uwzględniających architekturę zarówno dla maksymalizacji liczby szybkich procesorów jak i maksymalizacji liczby szybkich łączy - patrz opis zadania. Dla każdego transputeru użytego w danej implementacji stworzono dwa procesy: obliczeniowy i pomiarowo-komunikacyjny. Proces obliczeniowy uruchamiano z priorytetem niskim. Natomiast proces pomiarowo-komunikacyjny z priorytetem wysokim.

Pierwszą fazą działania programów była synchronizacja procesów. Po dokonaniu synchronizacji na każdym z transputerów, począwszy od najbardziej zewnętrznych, odczytywano aktualną wartość zegara, następnie przesyłano komunikat w kierunku środka łańcucha. Każdy następny transputer odbierając ten komunikat pobierał aktualną wartość TimeProc(). Pomierzone w ten sposób czasy uznano za początek przetwarzania. Jako, że najpierw mierzono czas na najbardziej zewnętrznych transputerach, należy mieć na uwadze, że uzyskane na nich względne punkty pomiarowe (liczone od rozpoczęcia przetwarzania) są nieco większe od faktycznych. Różnica ta jest niewielka w stosunku do długości operacji na danych.

## 4.1 Model 1f1p

W modelu tym mierzono trzy momenty czasowe dla każdego z transputerów: bezpośrednio przed i po wysłaniu danych do kolejnego transputera oraz po otrzymaniu informacji o zakończeniu obliczeń. Do rozsyłania danych z centralnego transputera użyto dwóch procesów o wysokim priorytecie realizujących zadanie równocześnie. Obliczenia wykonywano na procesach o niskim priorytecie, co gwarantowało, że będą one uruchamiane w czasie wysyłania danych, nie blokując jednocześnie inicjalizacji tego wysyłania. Gdy proces komunikacyjny otrzymał dane, wysyłał informację synchronizującą do procesu obliczeniowego, informując o możliwości rozpoczęcia obliczeń. Następnie proces o wysokim priorytecie inicjował przesyłanie danych na kolejny transputer. Po zakończeniu przetwarzania proces o niskim priorytecie wysyłał komunikat do procesu o wysokim priorytecie, na którym mierzony był czas zakończenia obliczeń. Dopiero po ustaleniu wszystkich potrzebnych czasów dane przesyłane były do procesu wejścia-wyjścia.

## 4.2 Model 2f1p

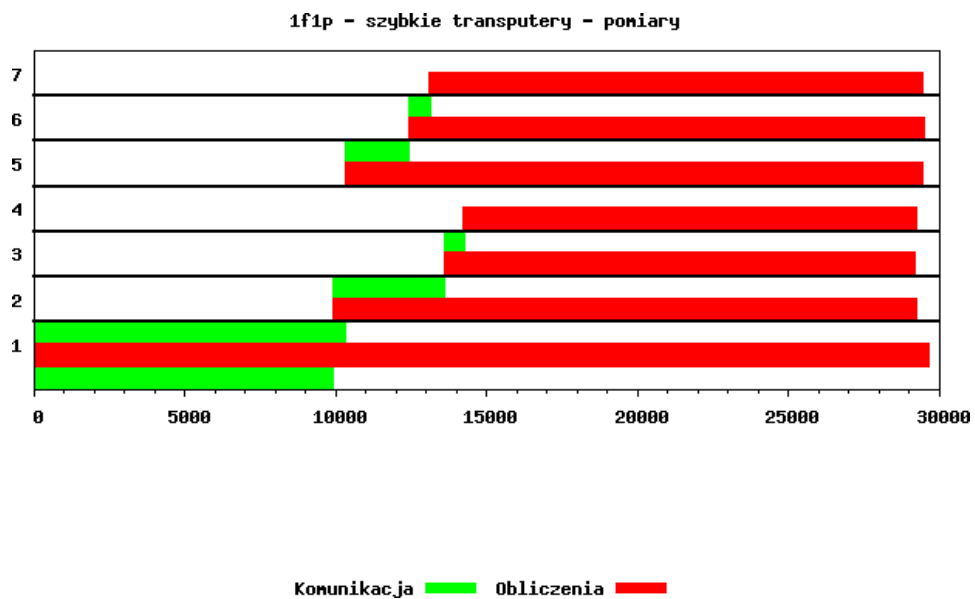
W tym przypadku wyznaczano czasy:

- zakończenia odbierania pierwszej porcji danych (początku obliczeń)
- zakończenia odbierania drugiej porcji danych (początku przesyłania danych na kolejny transputer)
- zakończenia przesyłania pierwszej porcji danych
- zakończenia przesyłania drugiej porcji danych
- zakończenia obliczeń na transputerze

Struktura i zadania procesów pozostały niezmiennie w stosunku do implementacji modelu 1f1p. Po otrzymaniu pierwszej porcji danych proces komunikacyjny wysyłał komunikat do procesu obliczeniowego o możliwości rozpoczęcia obliczeń, po czym odbierał drugą porcję danych, przekazując ją w dwóch porcjach do następnego transputera. Pomiar czasu zakończenia obliczeń odbywał się w sposób opisany dla modelu 1f1p.

transputer	początek przesyłania(obliczeń)	koniec przesyłania	koniec obliczeń
1	0	10282	29568
1	0	9865	
2	9887	13558	29189
3	13582	14202	29103
4	14224		29157
5	10314	12370	29384
6	12392	13069	29448
7	13091		29410

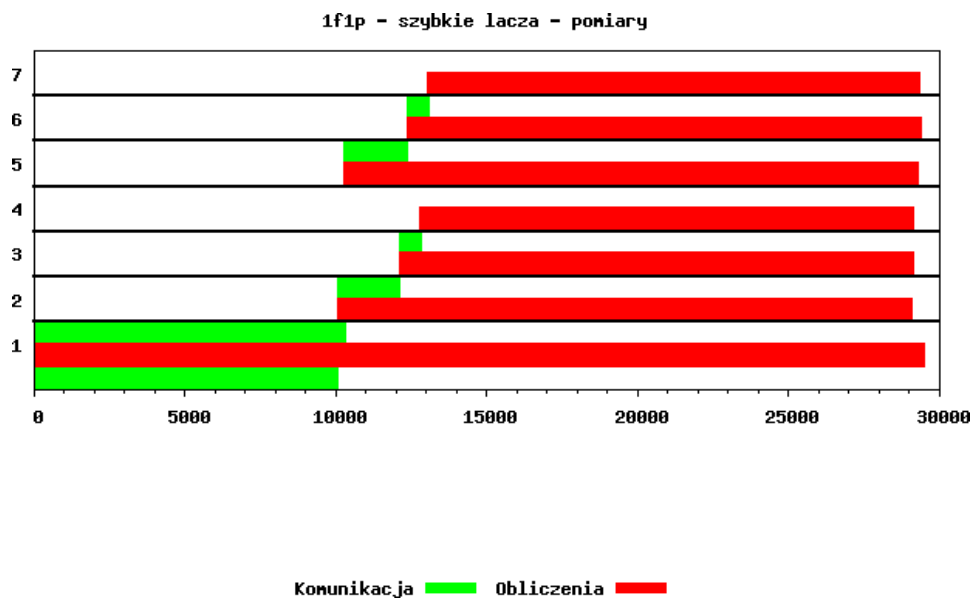
Tabela 4: Wyniki pomiarów dla modelu 1f1p z maksymalizacją szybkich transputerów



Rysunek 11: Diagram Gantta dla pomiarów 1f1p z maksymalizacją szybkich transputerów

transputer	poczatek przesyłania(obliczeń)	koniec przesyłania	koniec obliczeń
1	0	10234	29434
1	0	10003	
2	10026	12075	29002
3	12098	12773	29071
4	12794		29056
5	10265	12312	29243
6	12334	13010	29308
7	13031		29294

Tabela 5: Wyniki pomiarów dla modelu 1f1p z maksymalizacją szybkich łączy



Rysunek 12: Diagram Gantta dla pomiarów 1f1p z maksymalizacją szybkich łączy

## 5 Wyniki testów implementacji dla wybranych modeli

### 5.1 Model 1f1p

#### 5.1.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

#### 5.1.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

### 5.2 Model 1f2p

#### 5.2.1 Maksymalizacja liczby szybkich procesorów

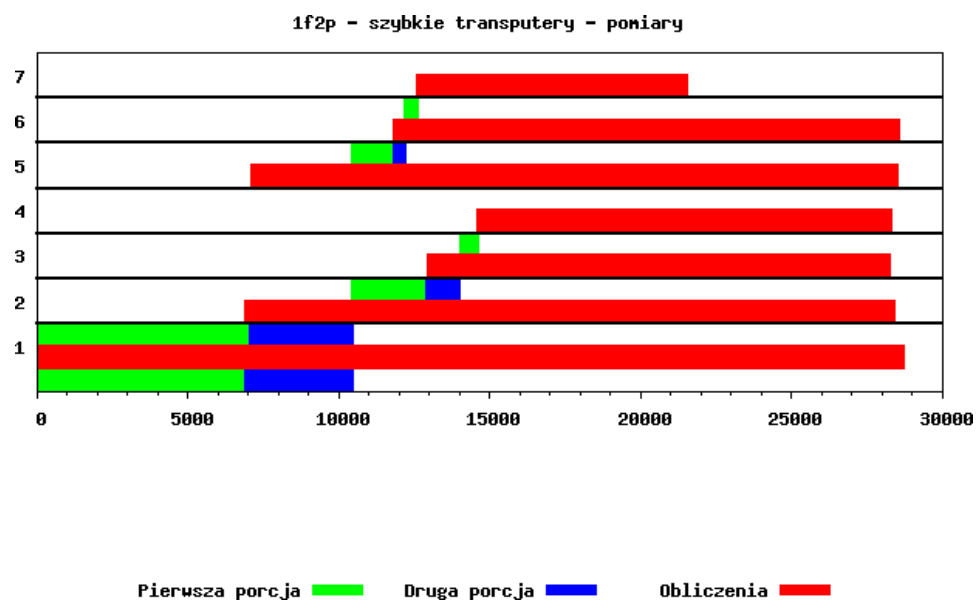
Transputer	Odebranie 1. paczki	Odbieranie 2. paczki	Wysyłanie 1. paczki	Wysyłanie 2. paczki	Koniec obliczeń
1	0	0	7031	10395	28673
1	0	0	6873	10405	10405
2	6896	10421	12890	13969	28350
3	12913	13985	14553	14553	28207
4	14575	14575	14575	14575	28236
5	7061	10418	11781	12163	28468
6	11804	12178	12553	12553	28490
7	12576	12576	12576	12576	21478

Tabela 6: Wyniki pomiarów dla modelu 1f2p z maksymalizacją szybkich transputerów

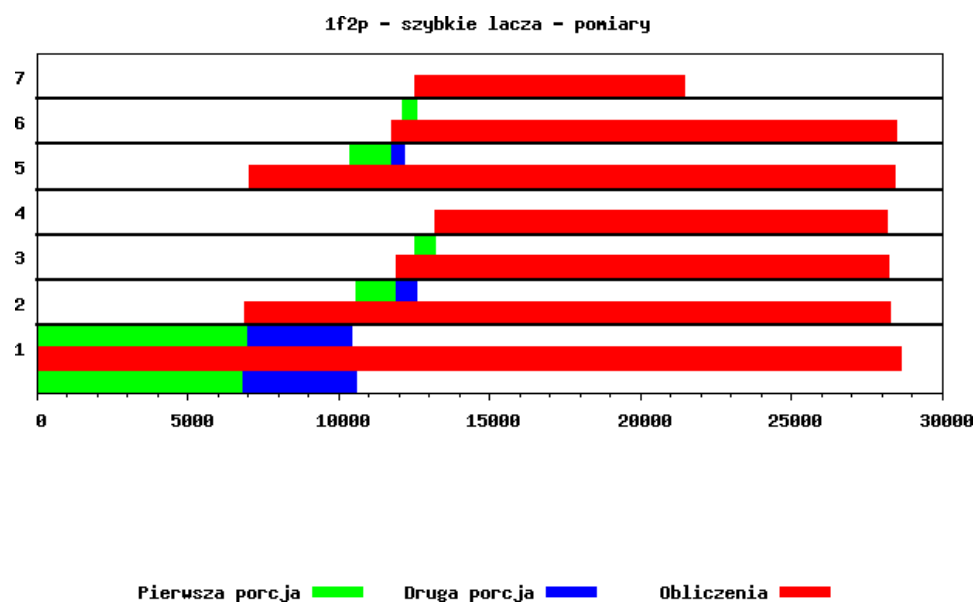
#### 5.2.2 Maksymalizacja liczby szybkich łączy

Transputer	Odebranie 1. paczki	Odbieranie 2. paczki	Wysyłanie 1. paczki	Wysyłanie 2. paczki	Koniec obliczeń
1	0	0	7000	10351	28545
1	0	0	6842	10529	10529
2	6866	10546	11873	12499	28202
3	11895	12514	13134	13134	28153
4	13158	13158	13158	13158	28091
5	7031	10375	11733	12113	28348
6	11755	12127	12500	12500	28388
7	12523	12523	12523	12523	21371

Tabela 7: Wyniki pomiarów dla modelu 1f2p z maksymalizacją szybkich łączy



Rysunek 13: Diagram Gantta dla pomiarów 1f2p z maksymalizacją szybkich transputerów



Rysunek 14: Diagram Gantta dla pomiarów 1f2p z maksymalizacją szybkich łączy

- 6 Porównanie wyników implementacji z wynikami uzyskanymi dla modelu teoretycznego
- 7 Wnioski