

# PRZETWARZANIE RÓWNOLEGŁE

## ARCHITEKTURA MESH 3-2

Karol Bonenberg

### 1. Numer wersji problemu z opisem.

Problem oznaczony jest jako D5E15, co oznacza, iż organizacja komunikacji i przetwarzania ma być realizowana jednocześnie, przy założeniu, że komunikacja jest równoległa oraz dwukrotna. Architektura systemu przetwarzającego jest to krata (mesh 3–2) z dwoma zadaniami.

### 2. Przygotowanie projektu

Na początku napisaliśmy proste programy do pomiaru parametrów łącz transputerowych, co posłużyło nam do budowy wiarygodnego modelu matematycznego. Obliczenia te pozwoliły nam stworzyć docelową aplikację działającą na transputerach.

## 2.1 Przebieg i wyniki eksperymentu wyznaczania parametrów systemu

W środowisku Transputer Studio stworzyliśmy dwa programy mierzące czas przesyłania jednej liczby zmiennoprzecinkowej (float). Programy te komunikowały się ze sobą wykorzystując następujący kod:

```
time1 = Proctime();  
ChanOut(KANALOWY, &data, sizeof(float));  
time2 = Proctime();
```

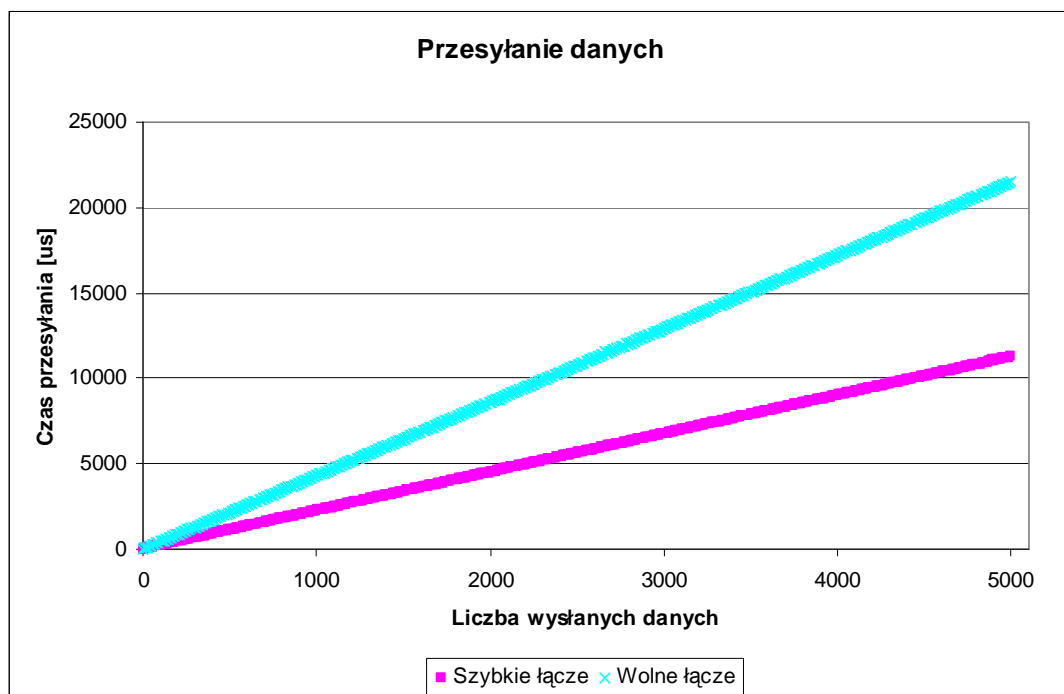
Do wyznaczenia stopnia wielomianu oraz czasu obliczeń na procesorach stworzyliśmy program o następującym kodzie:

```
time1 = Proctime();  
y = 3.4*x*x + 2.3*x + 1.4; /* przykładowy wielomian */  
time2 = Proctime();
```

Na podstawie wyników testów tak dobraliśmy wielkość wielomianu, aby czas obliczeń w stosunku do czasu przesyłania mieścił się w granicach od 0,5 do 5.

Wybrany został wielomian trzeciego stopnia  $y = 5,6 \cdot x^3 + 3,4 \cdot x^2 + 2,3 \cdot x + 1,4$

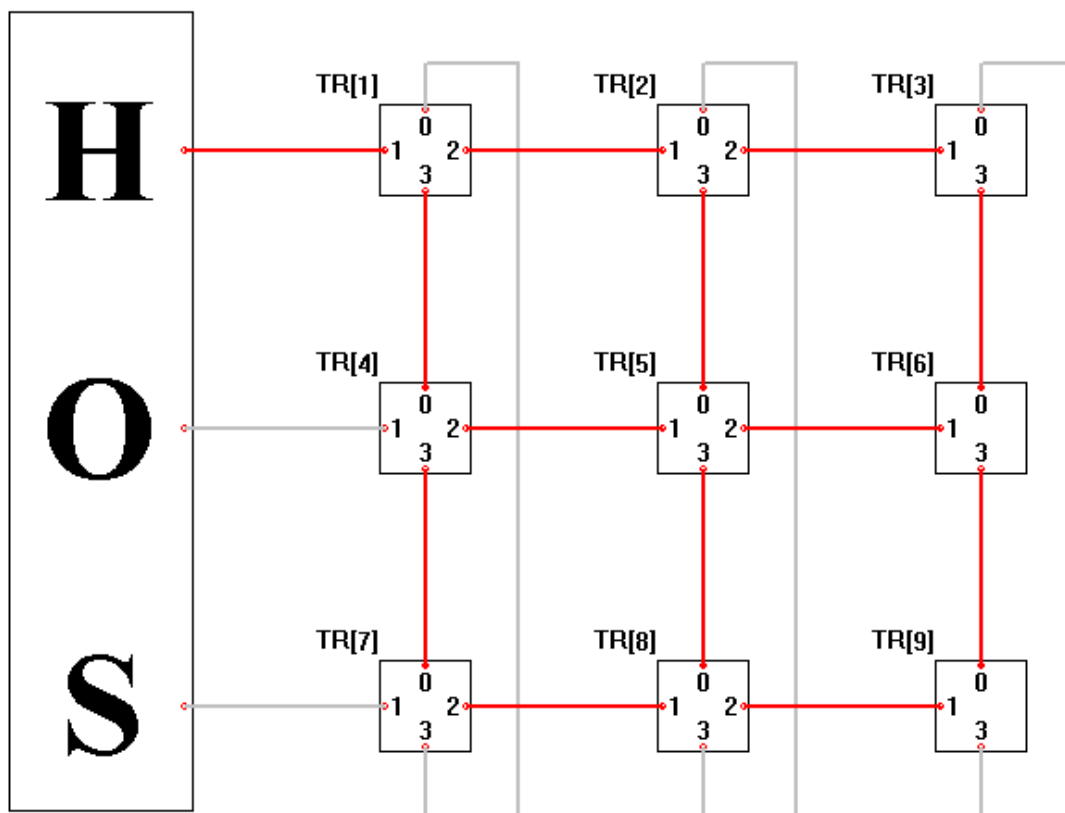
Czas obliczeń ustaliliśmy za pomocą prostej regresji.



Na podstawie eksperymentu wyznaczono parametry systemu:

- |                                           |                    |
|-------------------------------------------|--------------------|
| 1. Komunikacja szybkimi łączami           | $C_s = 2,25 \mu s$ |
| 2. Komunikacja wolnymi łączami            | $C_w = 4,3 \mu s$  |
| 3. Inicjacja komunikacji szybkimi łączami | $S_s = 8,08 \mu s$ |
| 4. Inicjacja komunikacji wolnymi łączami  | $S_w = 9,24 \mu s$ |
| 5. Obliczenia na szybkich procesorach     | $A_s = 13 \mu s$   |
| 6. Obliczenia na wolnych procesorach      | $A_w = 14 \mu s$   |

## 2.2 Opis modelu systemu



System transputerowy składa się z 9 węzłów i 12 łączy. Architekturę przedstawiono na powyższym rysunku. System w momencie uruchomienia dysponuje dwoma źródłami zadań w węzłach o numerach 1 i 9. W każdym węzle znajduje się  $V$  liczb zmiennoprzecinkowych typu *float*, dla których zostaną obliczone wartości wcześniej wyznaczonych wielomianów.

Komunikacja w danym systemie zachodzi równolegle z obliczeniami i jest dwukrotna. W związku z tym założyliśmy, że w pierwszej kolejności wysyłane dane przeznaczone są do komunikacji, a dopiero druga faza komunikacji zawiera dane przeznaczone do obliczeń na danym procesorze.

Opis matematyczny wyżej wymienionego modelu wygląda następująco:

$$\begin{aligned} \min T \\ \forall i.T_i < T \end{aligned}$$

*Dane czasów obliczeń i parametry łącz transputerowych.*

$$\begin{aligned} A_S &= 13 \\ A_W &= 14 \\ S_S &= 8.08 \\ S_W &= 9.24 \\ C_W &= 4.3 \\ C_S &= 2.25 \end{aligned}$$

*Równania opisujące czasy pracy poszczególnych procesorów (komunikacja i/lub obliczenia)*

$$\begin{aligned} T_1 &= A_S \alpha_1 \\ T_2 &= A_W \alpha_2 + S_S + C_S \alpha_2 \\ T_3 &= T_2 + A_W \beta_5 \\ T_4 &= A_S \alpha_4 + S_W + C_W \alpha_4 \\ T_5 &= T_5 + A_W \beta_7 \\ T_6 &= A_W \alpha_6 + S_W + C_W \alpha_6 \\ T_7 &= T_1 + A_S \beta_8 \\ T_8 &= A_W \alpha_8 + S_S + C_S \alpha_8 \\ T_9 &= A_W \alpha_9 \end{aligned}$$

*W równaniach tych wykorzystane są zmienne czasowe obliczone w równaniach pomocniczych.*

*Równania wyznaczające czasy dotarcia poszczególnych danych powstały wg zasady, że  $t$  jest to większa z wartości dotarcia danych z jednej strony, lub dotarcia danych i obliczeń tych danych z drugiej strony. Chodzi tu o początek komunikacji.*

Są one także związane z tym, że nadejście kolejnej porcji danych do procesora musi nastąpić zanim procesor obliczy dane poprzednie.

Dla procesora trzeciego przyjęliśmy założenia, że dane ze strony lewej dojdą szybciej niż dane z dołu.

$$S_s + C_s \beta_1 + S_s + C_s \beta_2 + A_w \beta_2 < T_2$$

$$S_w + S_w + C_w \beta_{10} + C_w \beta_5 < T_2$$

Dla procesora piątego przyjęliśmy pewne założenia – dane zaczną docierać do procesora w następującej kolejności: z góry, z dołu, z lewej, z prawej. Zostało to ustalone na postawie analizy szybkości łącz i procesorów.

$$S_w + S_s + C_w \beta_4 + C_s \beta_1 + A_w \beta_4 < T_3$$

$$S_w + S_s + C_w \beta_9 + C_s \beta_{12} < T_3$$

$$T_3 + A_w \beta_9 < T_4$$

$$S_w + S_s + C_w \beta_3 + C_s \beta_6 < T_4$$

$$T_4 + A_w \beta_6 < T_5$$

$$S_w + S_s + C_w \beta_{10} + C_s \beta_7 < T_5$$

Dla procesora siódmego zakładamy, że dane będą docierać w kolejności: z prawej, a następnie z góry.

$$S_s + S_s + C_s \beta_{11} + C_s \beta_{12} + A_s \beta_{11} < T_1$$

$$S_w + S_w + C_w \beta_8 + C_w \beta_3 < T_1$$

Obliczenia na wszystkich procesorach są wykonywane na danych znajdujących się początkowo w procesorach nr 1 i 9. Znajduje się w nich po 5000 danych (  $V$  ). Reszta równań to sumy kontrolne, aby ilość danych przychodzących do procesora była równa ilości danych obliczanych na tym procesorze oraz ilości danych wysyłanych dalej.

$$\alpha_1 + \beta_1 + \beta_3 = V$$

$$\beta_1 = \alpha_2 + \beta_2 + \beta_4$$

$$\alpha_3 = \beta_2 + \beta_5$$

$$\alpha_4 + \beta_8 + \beta_6 = \beta_3$$

$$\beta_4 + \beta_6 + \beta_7 + \beta_9 = \alpha_5$$

$$\alpha_6 + \beta_5 + \beta_7 = \beta_{10}$$

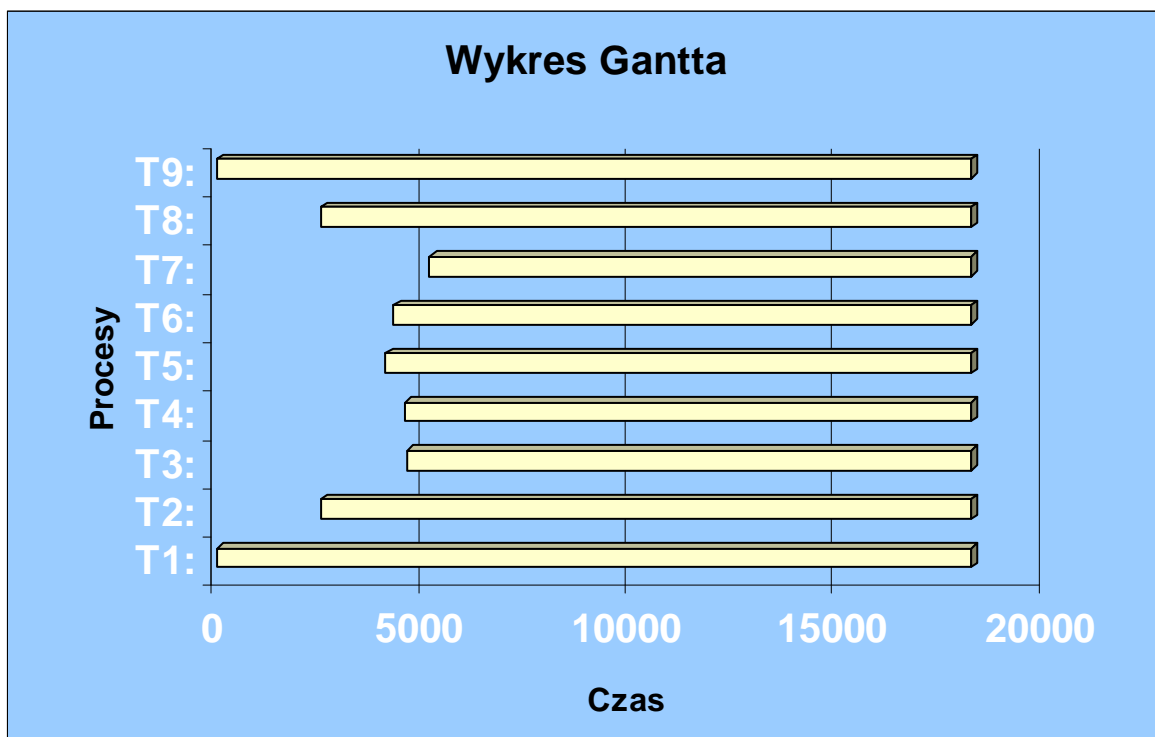
$$\alpha_7 = \beta_8 + \beta_{11}$$

$$\alpha_8 + \beta_{11} + \beta_9 = \beta_{12}$$

$$\alpha_9 + \beta_{12} + \beta_{10} = V$$

### 2.3 Opis wyników optymalizacji dla badanego modelu

Wyniki optymalizacji badanego modelu prezentuje wykres Gantta, na którym widać usytuowanie obliczeń na osi czasu.

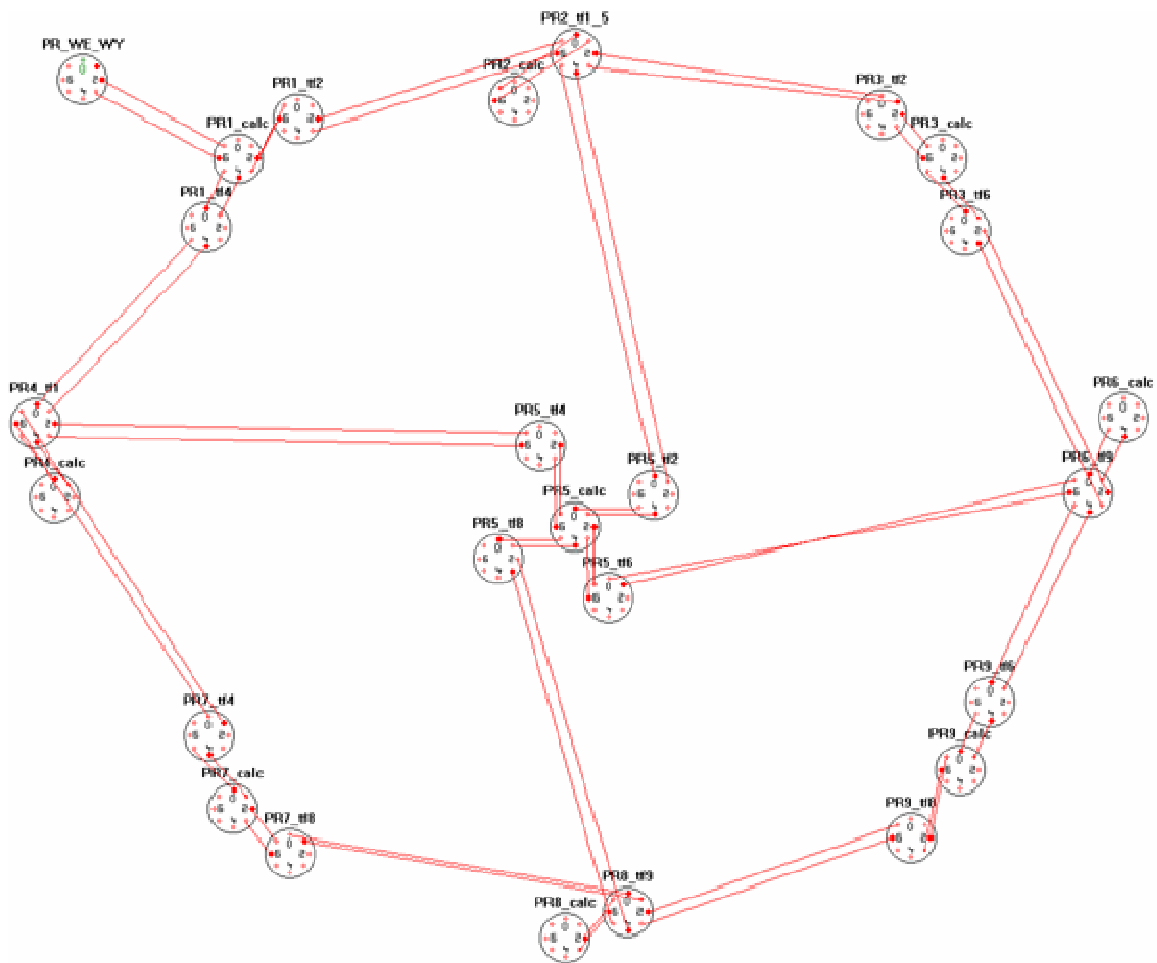


Wyniki optymalizacji w programie LPSolve.

Zmienne	Wyniki
a1	1404
a2	1123
a3	974
a4	1055
a5	1012
a6	997
a7	1008
a8	1123
a9	1304
b1	1631
b10	1855
b11	443
b12	1841
b2	414
b3	1965
b4	94
b5	560
b6	345
b7	298
b8	565
b9	275
T	18260,74
t1	10915
t2	10420
t3	5408
t4	9258
t5	14088



## 2.4 Opis aplikacji testowej



Architektura procesów, struktura komunikacyjna między nimi, ich typy i zależności między nimi.

Aby zapewnić równoległość obliczeń, w każdym z procesorów uruchomione jest kilka procesów. Na każdym transputerze jeden proces odpowiedzialny jest za wykonanie obliczeń, a pozostałe za komunikację. Komunikacja jednoczesna z kilkoma źródłami jest możliwa poprzez zastosowanie kilku procesów. Dopiero po skończeniu odbierania każdy proces komunikujący się przesyła procesorowi liczącemu wskaźnik do pamięci z nim współdzielonej na pierwszą daną do obliczeń. Wszystkie procesy mają wysoki priorytet.

W chwili początkowej procesy liczące na transputerach jeden i dziewięć zawierają tylko dane i wyłącznie dane, na których wykonują obliczenia, natomiast pozostałe informacje znajdują się w procesach odpowiedzialnych za komunikację. Po pewnym czasie dane zostają rozesłane do pozostałych transputerów.

## 2.5 Opis wyników eksperymentu obliczeniowego

W poniższej tabeli porównano wyniki teoretyczne z rzeczywistymi.

	Model teoretyczny	Model rzeczywisty	Różnica
1	1492	1928	436
2	1113	1174	61
3	1060	811	249
4	890	871	19
5	1035	991	44
6	826	1021	195
7	1104	1182	78
8	1096	1048	48
9	1384	1299	85

Wykonanie obliczeń bez użycia sieci, tylko na dwóch procesorach, w których znajdują się dane zajmuje 70 000  $\mu$ s (czas, po jakim zakończy obliczenia wolniejszy procesor) dla 5000 danych w każdym procesorze. Czas, po jakim zakończą się obliczenia w systemie transputerowym jest równy 18260  $\mu$ s. Daje to ponad trzy i półkrotne przyspieszenie.

## 3. Podsumowanie

Model przydziału priorytetu wysokiego do wszystkich procesów okazał się słuszny. Czasy przetwarzania dla modelu teoretycznego są bardzo zbliżone do rzeczywistego czasu przetwarzania na transputerach. Na podstawie wyników stwierdzono, że dzięki wykorzystaniu sieci uzyskano ponad trzykrotne przyspieszenie, nieznacznie tylko zwiększając koszt. Pozwala to stwierdzić, że wykorzystanie sieci w tym przypadku jest uzasadnione.

Termin oddania sprawozdania wynika ze zdarzeń, które spotkały jednego z autorów, na które autor nie miał wpływu i zdecydowanie wolałby ich uniknąć. Ponieważ staraliśmy się całkowicie spełnić wymagania opisane na Pańskiej stronie, a zmuszeni byliśmy pracować podczas sesji egzaminacyjnej, cały proces dodatkowo się skomplikował i wydłużył. Mamy nadzieję, że niefortunne opóźnienie nie przesłoni merytorycznej strony wykonanej przez nas pracy.