

Wojciech Tyczyński

Symulacja cyfrowa

Raport końcowy

13.06.2014

1. Treść zadania (zadanie L3).

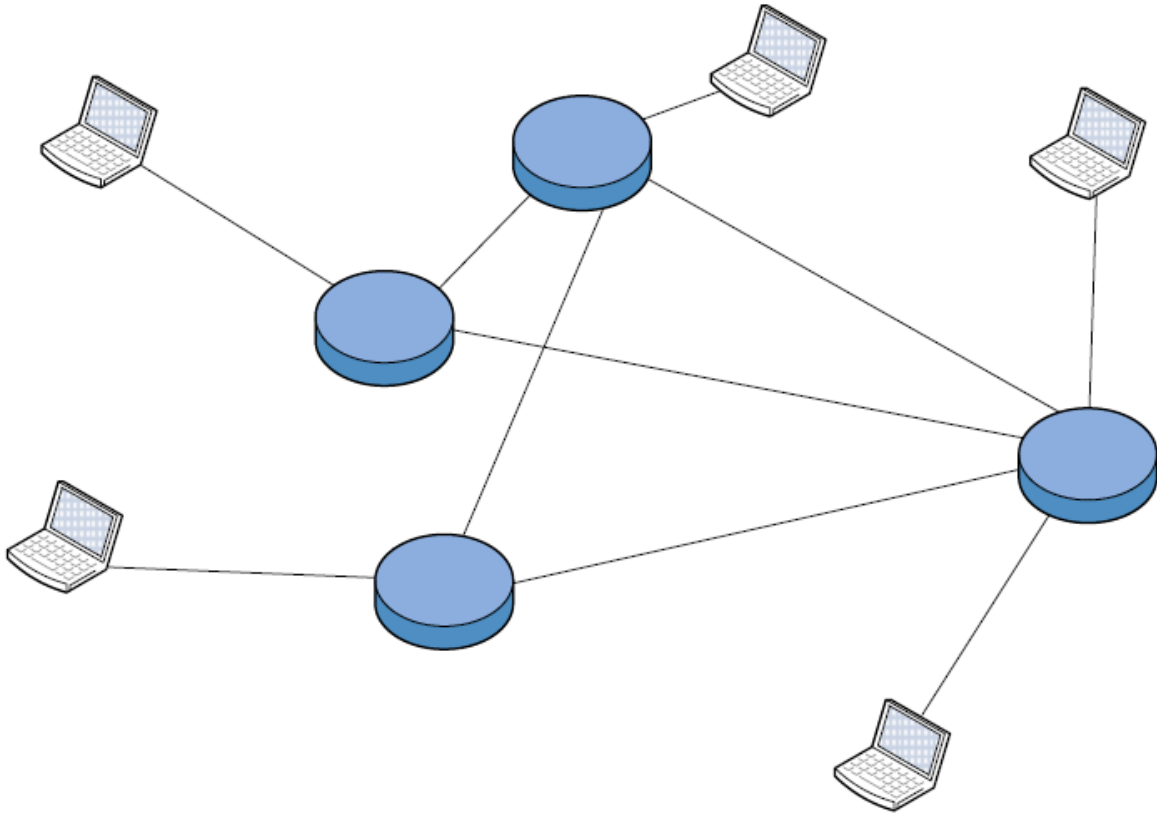
Grupa studentów uczestniczy w grze wieloosobowej za pomocą komputerów połączonych siecią pakietową o strukturze jak na załączonym schemacie. Gra wymaga wymiany pakietów między graczami w odpowiednio krótkim czasie, aby zachować wrażenie czasu rzeczywistego.

Każdy z komputerów wysyła dwa rodzaje wiadomości. Wiadomości pierwszego typu muszą być odebrane przez wszystkich użytkowników. Wiadomości drugiego typu są adresowane do konkretnych odbiorców. Dla wiadomości drugiego typu każdy odbiorca jest jednakowo prawdopodobny. Wiadomości pierwszego typu posiadają – z równym prawdopodobieństwem – rozmiar w przedziale $\langle R1p, R1k \rangle$, a wiadomości drugiego typu posiadają – także z równym prawdopodobieństwem – rozmiar w przedziale od $\langle R2p, R2k \rangle$. Pojawienie się nowej wiadomości jest zmienną losową o rozkładzie wykładniczym. Wiadomości pierwszego i drugiego typu pojawiają się odpowiednio w liczbie $P1$ i $P2$ jednostek na sekundę. Każdy z komputerów posiada bufor wiadomości oczekujących na wysłanie o rozmiarze Bk . Wiadomość uznajemy za dostarczoną wtedy i tylko wtedy, jeśli dotrze do wszystkich odbiorców.

Każdy z routerów w sieci posiada bufor o rozmiarze Br . Routery mają niezależnie działające części odbiorcze i nadawcze. Odebrane wiadomości są zapisywane do bufora. Jeśli zabraknie miejsca w buforze, odebrana wiadomość jest kasowana. Tylko odebrane w całości pakiety mogą być przestane dalej. Tablice routingu są tworzone przez administratora. Możliwe są wpisy statyczne lub wyznaczone za pomocą wybranego algorytmu (można zaproponować statyczną zawartość tablic routingu lub określić algorytm wybierania trasy dla pakietu). Każde z łączy może przesłać wiadomość w dwóch kierunkach jednocześnie. Łącza mają taką samą prędkość transmisji T w obydwóch kierunkach.

Za pomocą symulacji wyznaczyć:

- a) Średnią zajętość poszczególnych łączy.
- b) Średnią liczbę traconych wiadomości pierwszego i drugiego typu.



Schemat nr 6.

L) Sieć ma połączenia przedstawione na rys. 6. Komputery generują wiadomości pierwszego typu osobno dla każdego odbiorcy (tyle kopii ile jest odbiorców). Wiadomości pierwszego typu mają wyższy priorytet.

T [Mbit/s]	Br[Mbit]	Bk [Mbit]
100	8	4

R1p [kbit]	R1k [kbit]	R2p [kbit]	R2k [kbit]
100	200	500	1000

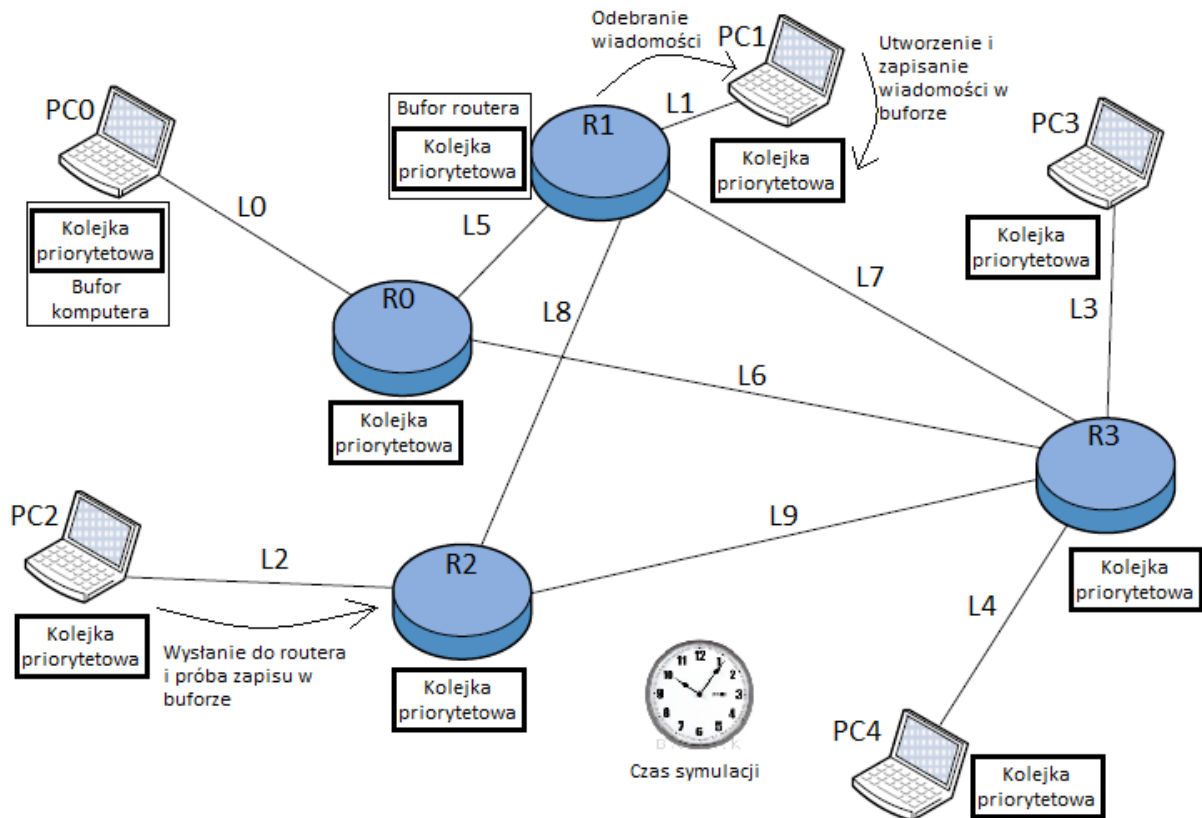
P1 [wiadomość/sek.]	P2 [wiadomość/sek.]
??	3

Za pomocą symulacji wyznaczyć:

- I. Wartość P1, przy której maksymalne opóźnienie nie przekracza 100 ms oraz tracone jest nie więcej niż 1% pakietów.
- II. Średni czas przesyłania wiadomości pierwszego i drugiego typu dla wyznaczonej wartości P1.

Zadanie należy wykonać wykorzystując **metodę ABC**.

2. Krótki opis modelu symulacyjnego.



Schemat systemu.

Na rys. 2 przedstawiony jest ogólny wygląd systemu, czyli przez jakie obiekty jest reprezentowany oraz ich nazewnictwo, które będzie sukcesywnie stosowane w dalszej części raportu. W routerach bufor posiada osobną kolejkę na każde łącze, aby zapewnić niezależność transmisji (w przypadku jednej kolejki priorytetowej doszłoby do blokady). Każda kolejka jest zaimplementowana za pomocą listy na wskaźniki do wiadomości. Implementacja listy pochodzi z biblioteki standardowej STL.

Tablice routingu są następujące:

$$\begin{aligned}
 &PC_0 \leftrightarrow R_0 \leftrightarrow R_1 \leftrightarrow PC_1 \\
 &PC_0 \leftrightarrow R_0 \leftrightarrow R_1 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow PC_2 \\
 &PC_0 \leftrightarrow R_0 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_3 \\
 &PC_0 \leftrightarrow R_0 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_4 \\
 &PC_1 \leftrightarrow R_1 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow PC_2 \\
 &PC_1 \leftrightarrow R_1 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_3 \\
 &PC_1 \leftrightarrow R_1 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_4 \\
 &PC_2 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_3 \\
 &PC_2 \leftrightarrow R_2 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_4
 \end{aligned}$$

$$PC_3 \leftrightarrow R_3 \leftrightarrow PC_4$$

Tab. 1. Opis obiektów oraz ich atrybutów

Obiekt	Nazwa klasy implementującej obiekt	Opis obiektu	Atrybuty
Bufor	Buffer	Reprezentacja danych oczekujących w buforach komputerów lub routerów. W zależności od liczby urządzeń dynamicznie tworzona jest tablica list wiadomości (osobna lista na każde łącze).	<ul style="list-style-type: none"> - maksymalny rozmiar bufora - aktualny rozmiar bufora - liczba podłączonych urządzeń (aby wiedzieć ile list utworzyć) - wskaźnik na tablicę list wiadomości
Komputer	Computer	Komputer generuje wiadomości P1 i P2 zgodnie z zadaniem rozkładem prawdopodobieństwa i jego parametrami. Dziedziczy z klasy Device.	<ul style="list-style-type: none"> - podpięte łącze
Łącze	Link	Reprezentuje fizyczne połączenie między urządzeniami.	<ul style="list-style-type: none"> - przepływność łącza - podłączone urządzenia - czas zajętości łącza (dwie wartości, by osobno reprezentować każdą drogę transmisji) - wiadomość transmitowana przez łącze (osobno na każdą drogę transmisji) - identyfikator
Router	Router	Obiekt reprezentujący router. Wysyła wiadomości wedle zadanej trasy routingu (routing statyczny). Dziedziczy z klasy Device.	<ul style="list-style-type: none"> - tablica routingu - podpięte łącza
Urządzenie	Device	Klasa bazowa reprezentująca wspólne cechy komputerów i routerów.	<ul style="list-style-type: none"> - identyfikator urządzenia - bufor - liczba podłączonych urządzeń
Wiadomość	Message	Wygenerowana wiadomość pierwszego lub drugiego typu. Klasa pomocnicza: <ul style="list-style-type: none"> - Hub dla sprawnego zarządzania kopiami wiadomości typu P1. 	<ul style="list-style-type: none"> - rozmiar wiadomości - priorytet - identyfikator komputera odbiorczego - identyfikator komputera nadawczego - czas utworzenia wiadomości - czas odebrania wiadomości

			<ul style="list-style-type: none"> - liczba utworzonych wiadomości - liczba odebranych wiadomości - liczba straconych wiadomości - wskaźnik na Hub - maksymalne zanotowane opóźnienie - suma opóźnień
--	--	--	---

Tab. 2. Zdarzenia czasowe

Zdarzenie	Opis
Wygenerowanie wiadomości	Zdarzenie generowane przez komputer. W momencie wygenerowania wiadomości planowany jest czas utworzenia następnej.
Zakończenie transmisji na łączu	Zdarzenie planowane w momencie rozpoczęcia transmisji. Czas przesyłania wiadomości przez łącze można obliczyć jako iloraz rozmiaru wiadomości i przepływności łącza.

Tab. 3. Zdarzenia warunkowe

Zdarzenie	Opis
Zapisanie wiadomości w buforze	Zapisanie wiadomości zależne jest od aktualnie dostępnego wolnego miejsca w buforze. Jeżeli bufor nie może zapisać wiadomości, zostaje ona usunięta.
Rozpoczęcie transmisji	Zdarzenie zależne od zajętości kanału transmisyjnego oraz od tego, czy w buforze jest dostępna wiadomość do wysłania przez dane łącze.

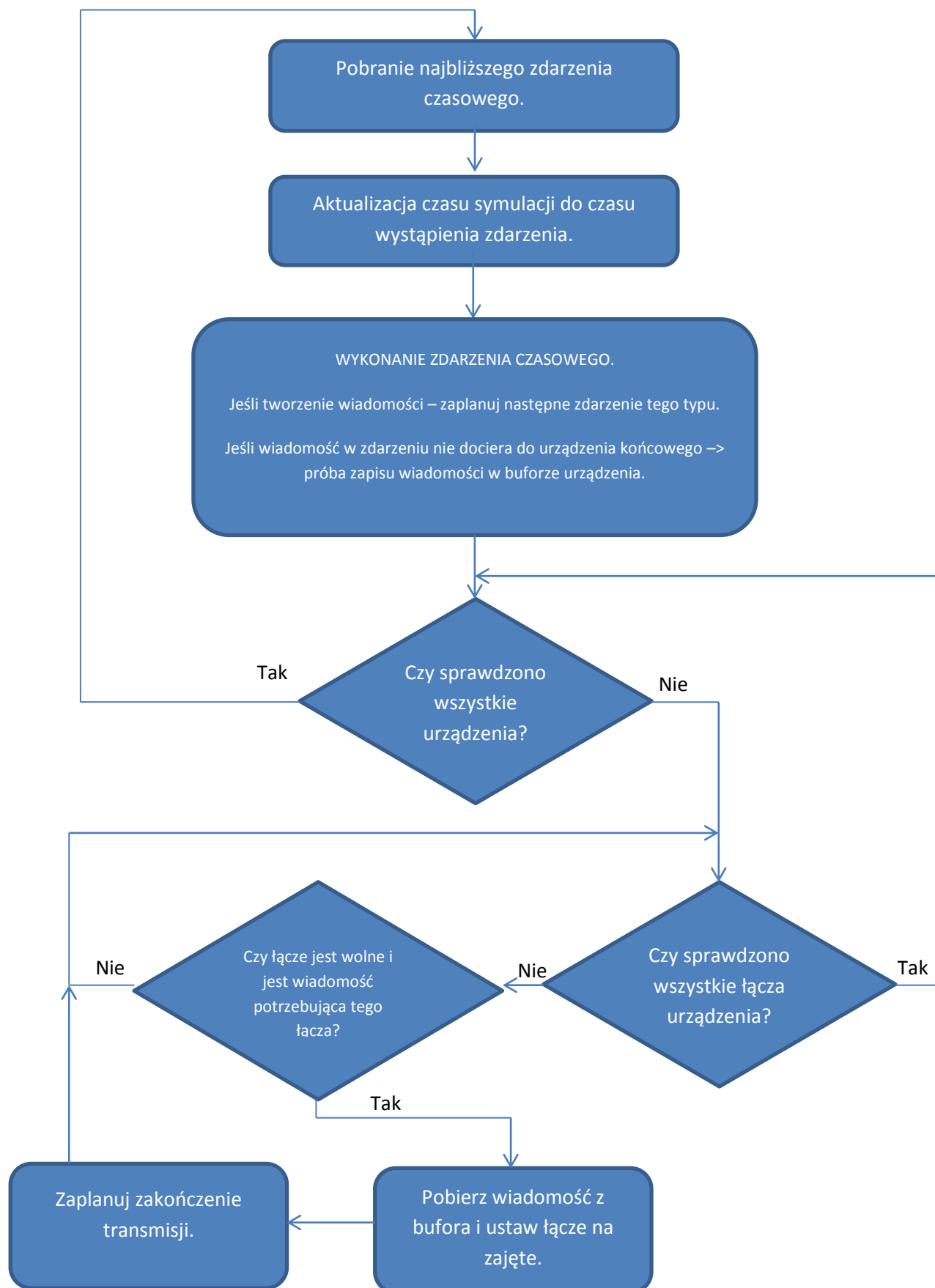
W celu uproszczenia implementacji zostało zastosowane pewne odejście od reguł metody ABC, mianowicie próba zapisu do bufora (czyli zdarzenie warunkowe) odbywa się w ramach obsługi zdarzenia czasowego.

Tab. 4. Parametry wywołania programu

Parametr	Opis
Czas symulacji	Maksymalny czas trwania symulacji. Musi być większy od 10, gdyż dopiero po tym czasie system się stabilizuje.
Liczba niezależnych symulacji	Definiuje, ile razy symulacja ma zostać powtórzona w ramach jednej wartości P1. Wartość z przedziału <1, 10>.
Intensywność P1	Wartość intensywności, dla której ma być przeprowadzana symulacja. Liczba musi być większa od zera.

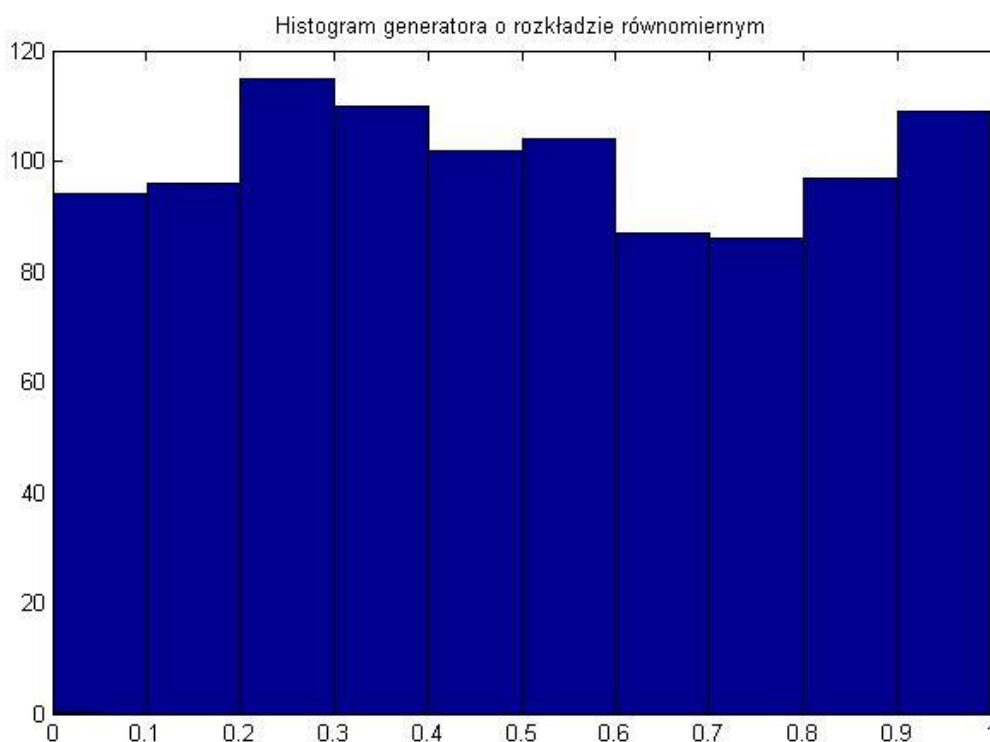
Poniżej znajduje się schemat głównej pętli symulacyjnej. Jest on poglądowy i nie przedstawia dokładnego schematu działania (dotyczy się to zwłaszcza zdarzeń czasowych).

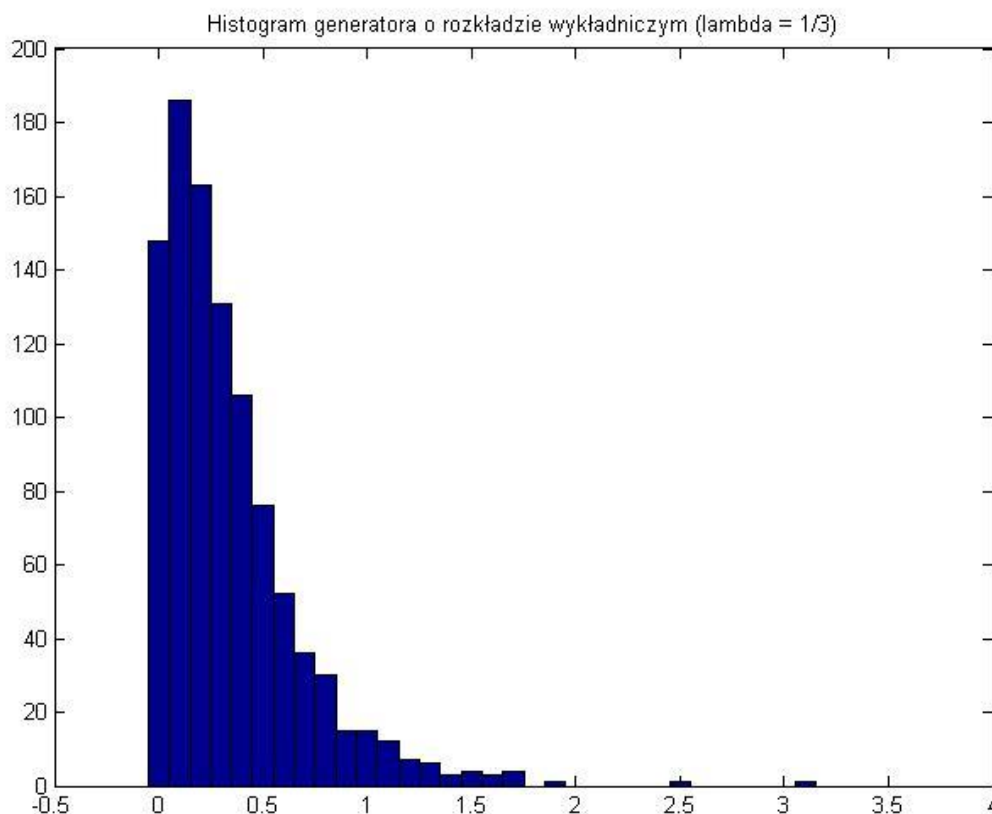
Schemat pętli symulacyjnej zaimplementowanej w programie (metoda ABC).



3. Opis zastosowanych generatorów liczb losowych.

W celu spełnienia założeń podanych w ćwiczeniu należało zastosować dwa rodzaje generatorów liczb losowych – o rozkładzie równomiernym oraz wykładniczym. Na cele zadania wykorzystane zostały generatory udostępnione przez prowadzącego. Umożliwiają one wygenerowanie ciągów przypominających losowe o podanych wyżej rozkładach, z wykorzystaniem zarówno seeda domyślnego (zmienna statyczna funkcji) jak i z seedem przyjmowanym jako argument funkcji. W celu otrzymania prawidłowych wyników wykorzystywana była opcja z seedem jako argument, aby zapewnić nieskorelowane ciągi dla każdego komputera oraz każdego typu wiadomości. Dla każdego komputera zostały początkowo przyjęte 2 różne seedy (na każdy typ wiadomości). Statyczny parametr q będący częścią implementacji generatorów zapewnia niezależne wyniki w poszczególnych powtórzeniach symulacji.





4. Opis zastosowanej metody testowania.

W celu sprawdzenia poprawności symulacji przeprowadzony został szereg testów pilotażowych w trybie debugowania – sprawdzane było między innymi czy wiadomości są wysyłane we właściwym czasie i kolejności, jakie są aktualne rozmiary buforów oraz czy zbierane statystyki końcowe mają sens (np. czy zajętość jest mniejsza od 100%).

Ze względu na sporą różnorodność danych, jakie należy zebrać, nie da się ustalić jednego wspólnego dla wszystkich warunku zakończenia pętli symulacyjnej, przez co dla niektórych statystyk otrzymujemy estymator obciążony. Ma to znaczenie przy np. niemal nieprawdopodobnej stracie wiadomości (jedna strata na 200 000 wygenerowanych wiadomości), co widać w wyznaczonym wtedy przedziale ufności. Jeżeli wyznaczony przedział ufności nie jest co najmniej dziesięciokrotnie mniejszy od wyznaczonej wartości, wtedy dana statystyka powinna być uznana za informację niewiarygodną i zostać odrzucona. W praktyce taka sytuacja zdarza się dla bardzo małych intensywności P1.

Wraz z większymi wartościami czasu oraz wykonan pętli, symulacje zyskują na precyzji wyników. W ramach tej symulacji parametry zostały ustawione na 10 wykonan oraz czas 1200 sekund.

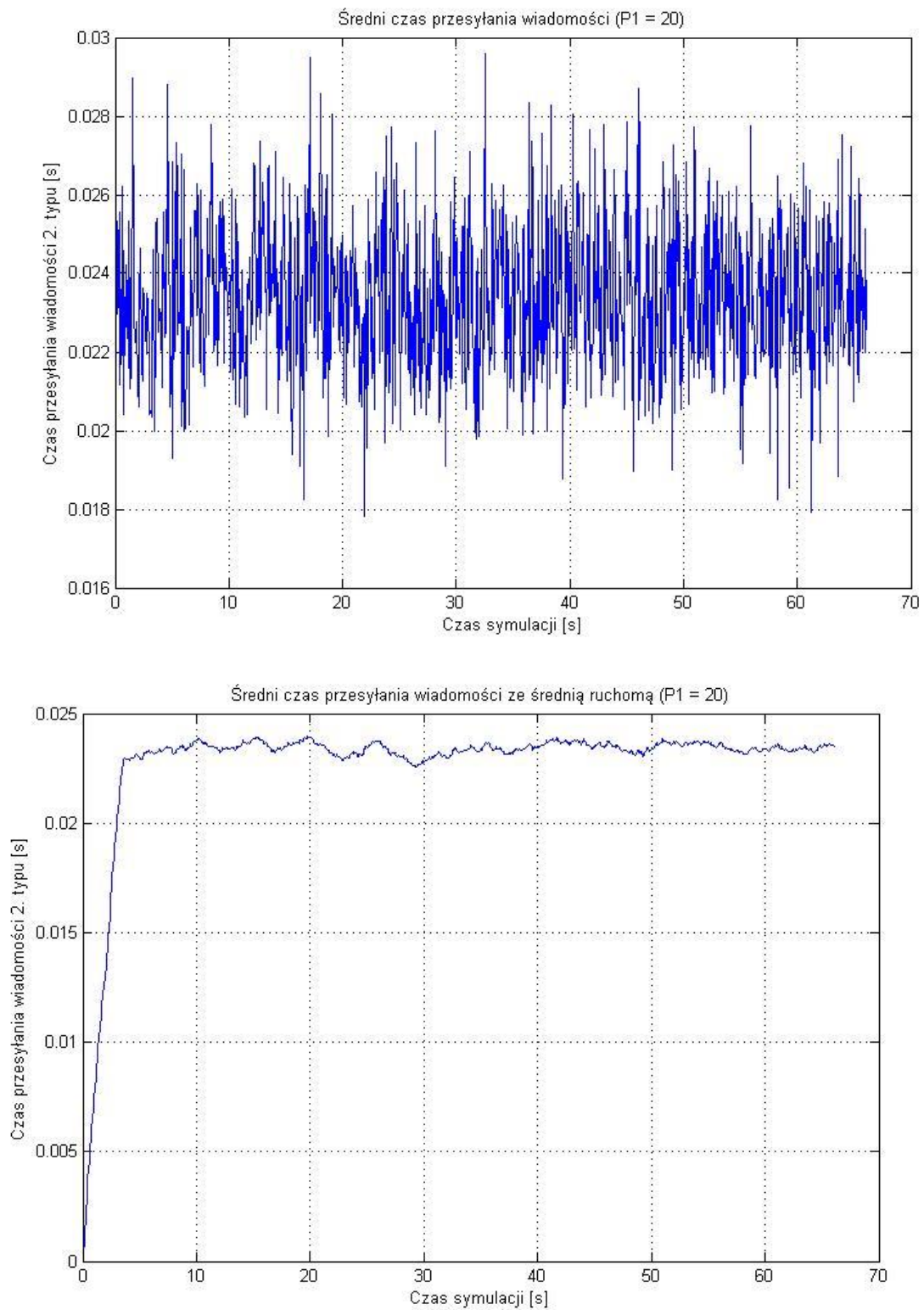
5. Czynności wykonane w ramach przygotowania do przeprowadzenia symulacji, plan symulacji.

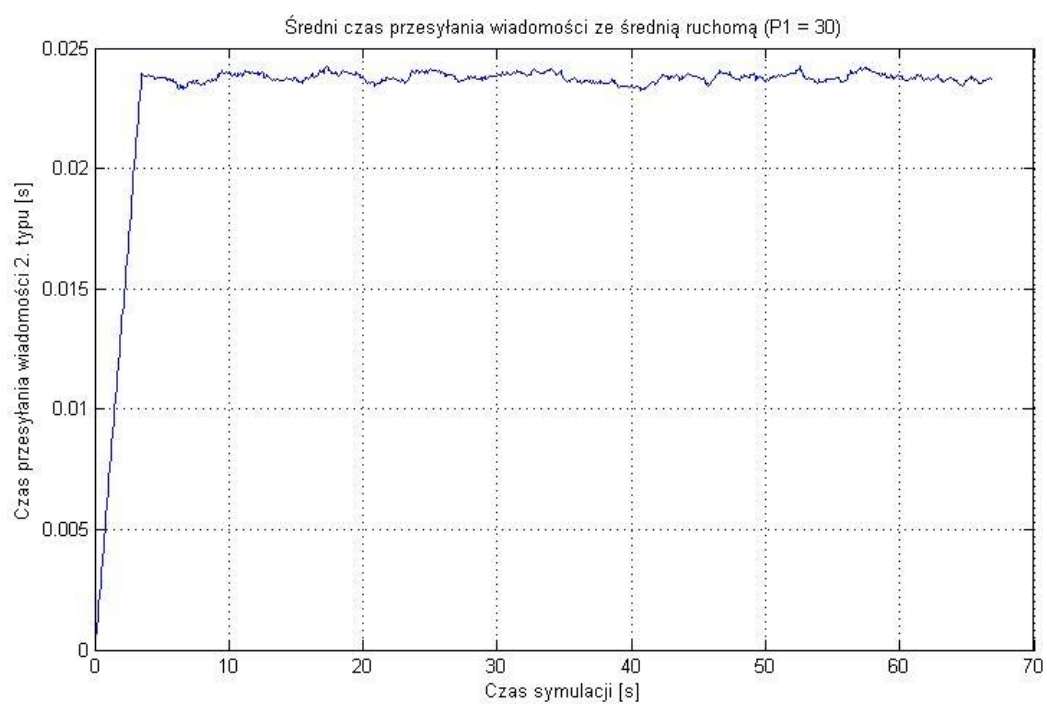
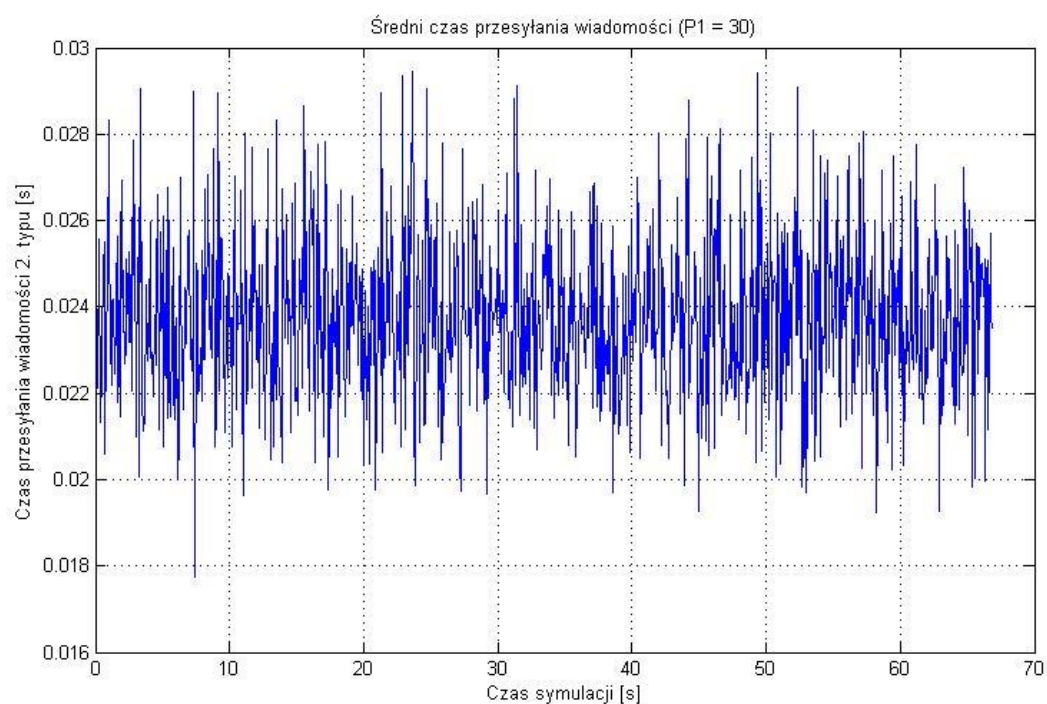
Patrząc, jakie wartości należy wyznaczyć oraz wiedząc, że aby estymator był nieobciążony to licznik lub mianownik musi być wartością stałą można zauważyć, że potrzebowalibyśmy różnych warunków zakończeń pętli dla różnych statystyk. W przypadku średniej traconych wiadomości, która to liczona jest jako iloraz liczby straconych wiadomości i sumy straconych i dostarczonych

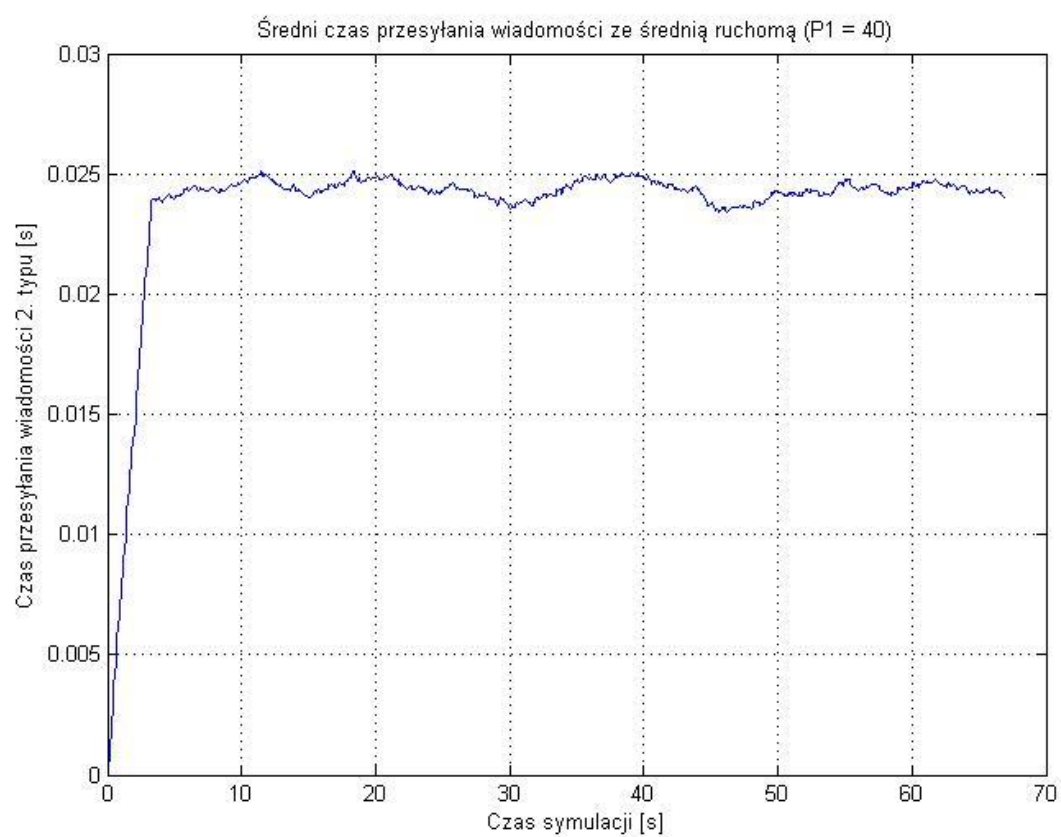
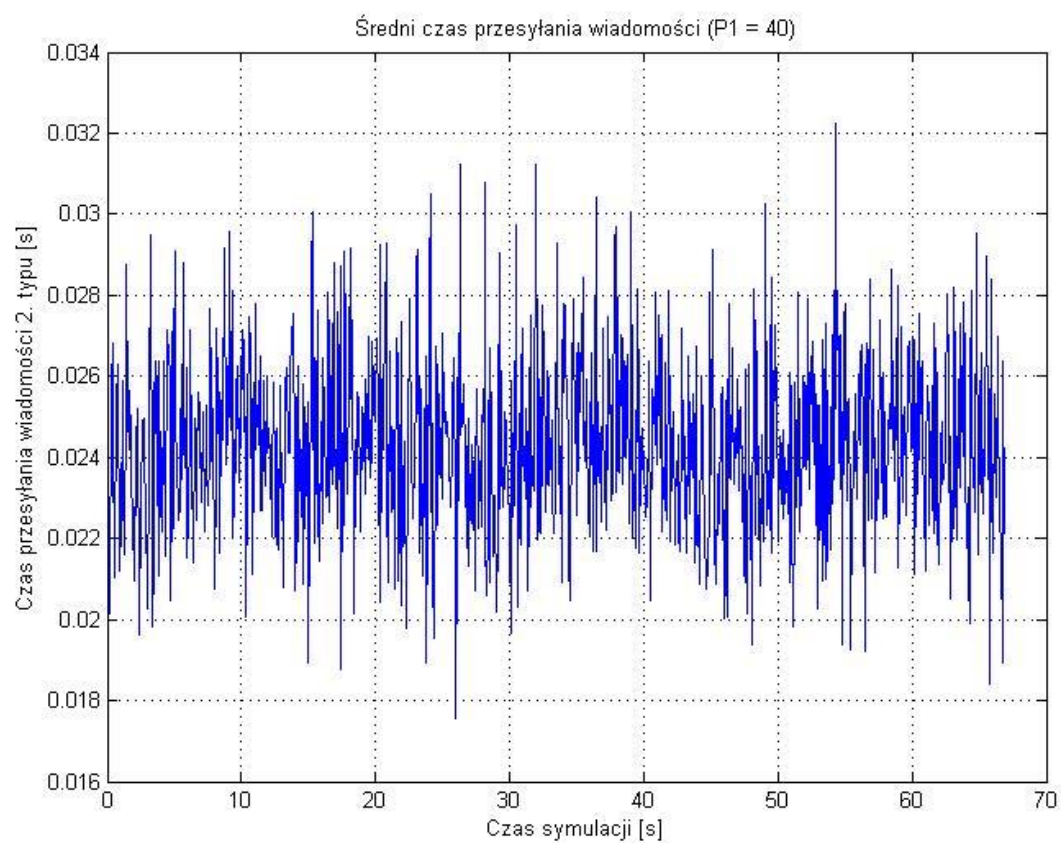
wiadomości, bezproblemowe jest podanie jako warunku liczby straconych wiadomości, jednakże musiałyby być to robione osobno dla statystyk odnośnie wiadomości 1. typu i osobno dla wiadomości 2. typu (na każdy typ mają przypadać osobne statystyki). Do wyznaczenia średniego czasu przesyłania wiadomości potrzebna jest suma czasów przesyłania wiadomości oraz liczba dostarczonych wiadomości. Zatem należałoby ustabilizować mianownik, tj. liczbę dostarczonych wiadomości (znowuż osobno na każdy typ). Aby wyznaczyć średnią zajętość łączy należy podzielić zajętość w czasie symulacji przez czas trwania symulacji, zatem jako warunek końca pętli powinien zostać uznany czas symulacji. Obserwując jednak wartości otrzymywane dla wszystkich statystyk przy tylko jednym wspólnym warunku można zauważyć, że mimo estymatora obciążonego otrzymuje się w większości wiarygodne wartości, a te mniej prawdopodobne (co można wywnioskować po dużych przedziałach ufności) można odrzucić. Dodatkowo, warunek taki jak liczba straconych wiadomości jest problematyczny przy niskich intensywnościach, gdyż program może wykonywać się w nieskończoność. Dlatego też jako warunek zakończenia pętli został wybrany czas symulacji.

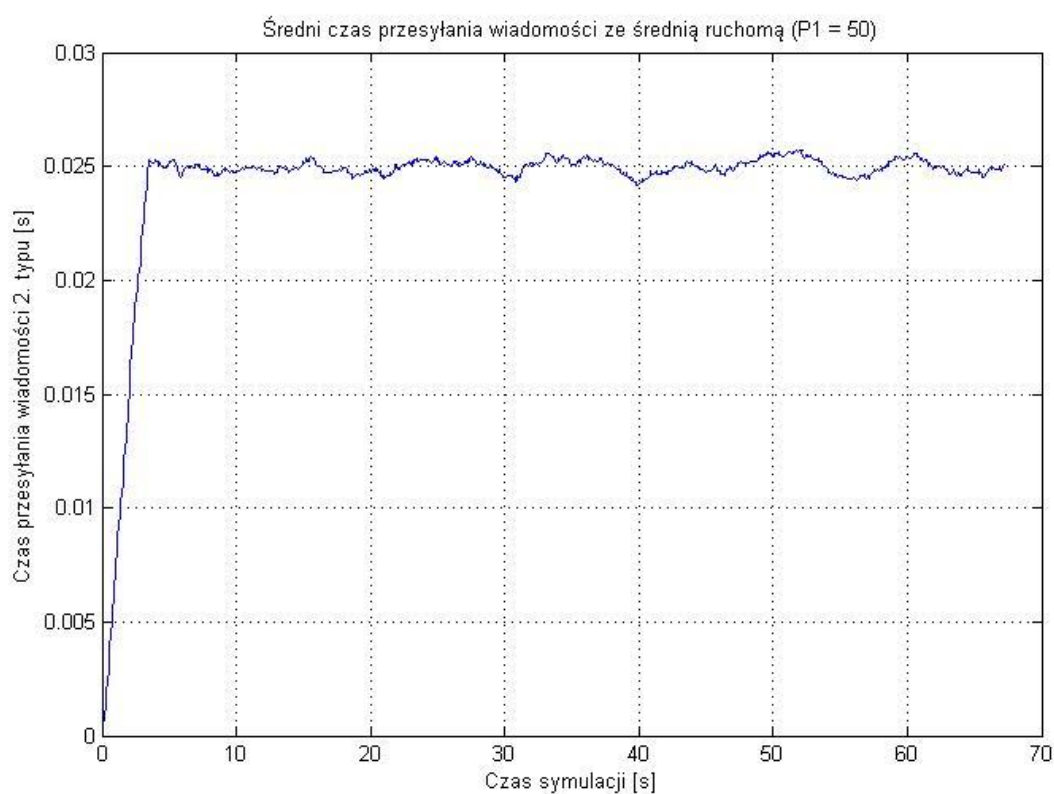
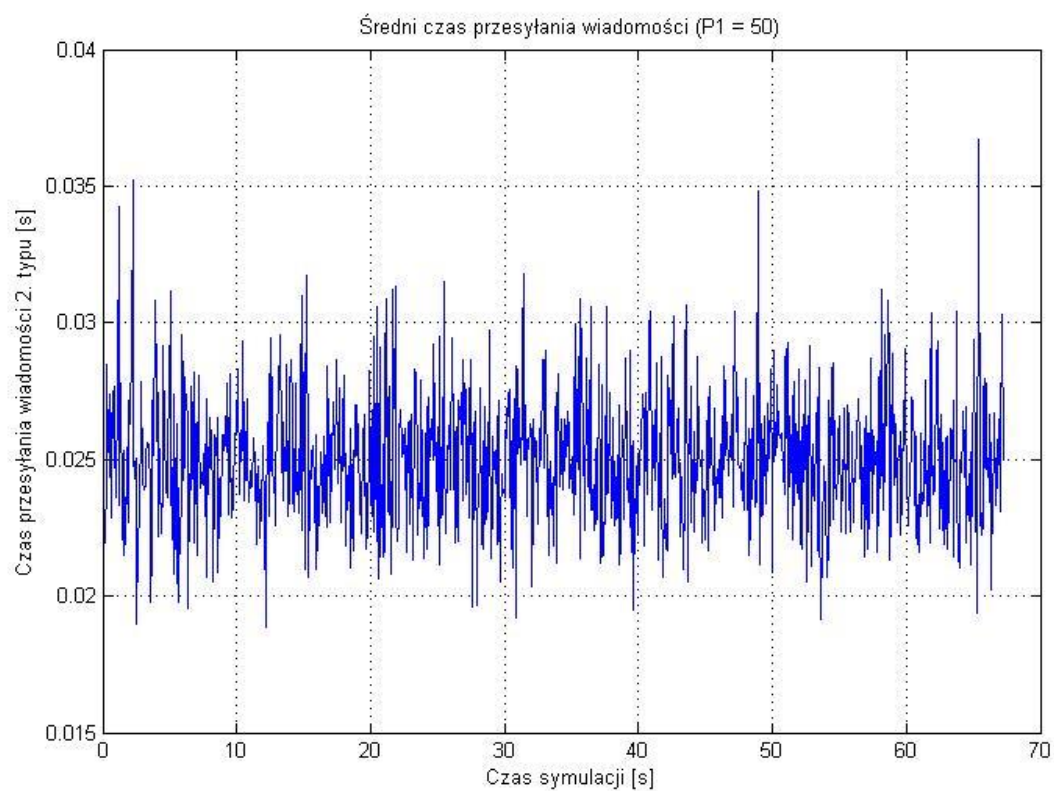
Należy pamiętać, że zbierane statystyki z początku symulacji wprowadzają pewne zakłamanie, gdyż system nie pracuje wtedy w stanie stabilnym, a dopiero zbiera dane. W związku z tym należało przeprowadzić szereg eksperymentów pilotażowych, aby zaobserwować po jakim czasie symulacji można zacząć właściwe zbieranie statystyk.

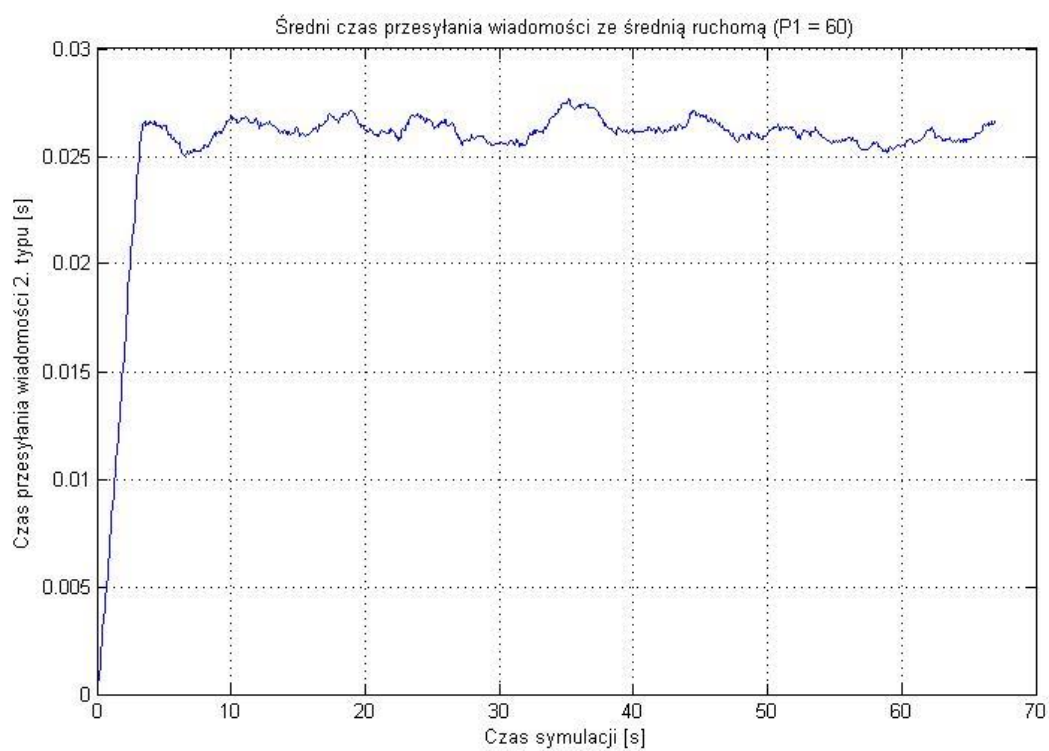
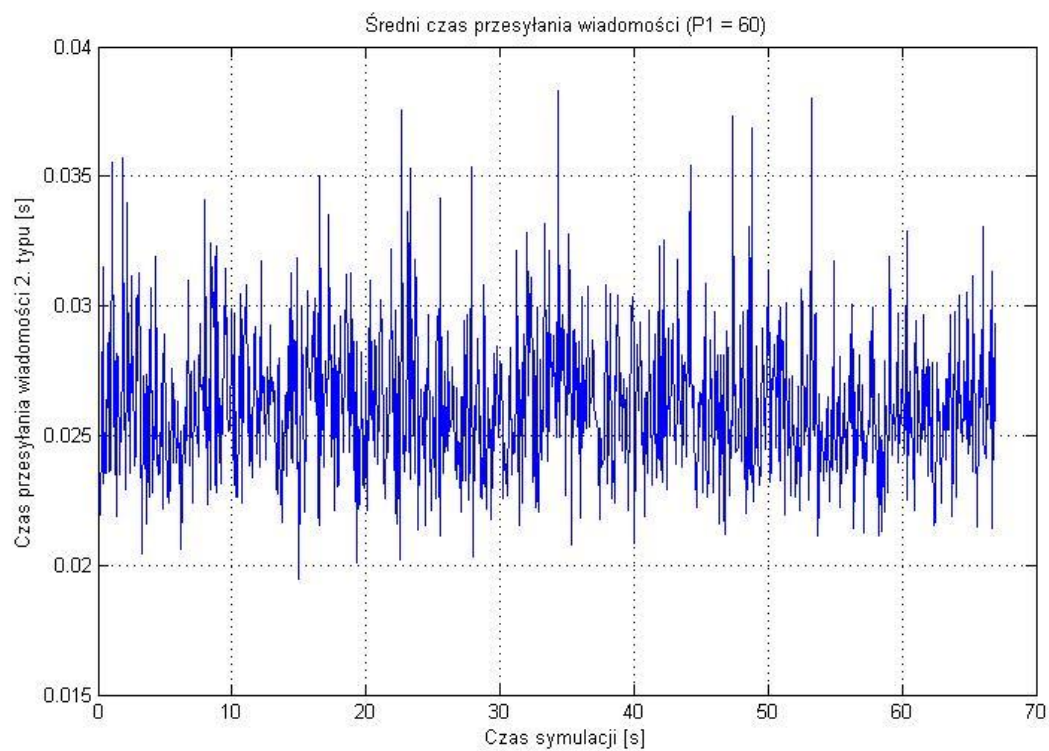
W celu wyznaczenia fazy początkowej przeprowadzone zostały eksperymenty pilotażowe dla intensywności P1 w przedziale $\langle 20, 140 \rangle$ z krokiem co 10. Dla każdej wartości P1 przeprowadzonych zostało 10 niezależnych symulacji. Obserwowaną zmienną był czas dostarczenia pierwszych 1000 wiadomości drugiego typu. Z każdych 10 pętli symulacyjnych wartości czasu przesyłania zostały uśrednione, a otrzymane wartości zostały poddane średniej ruchomej. Do opracowania wykresów użyty został program Matlab. Poniżej znajduje się część wykresów.

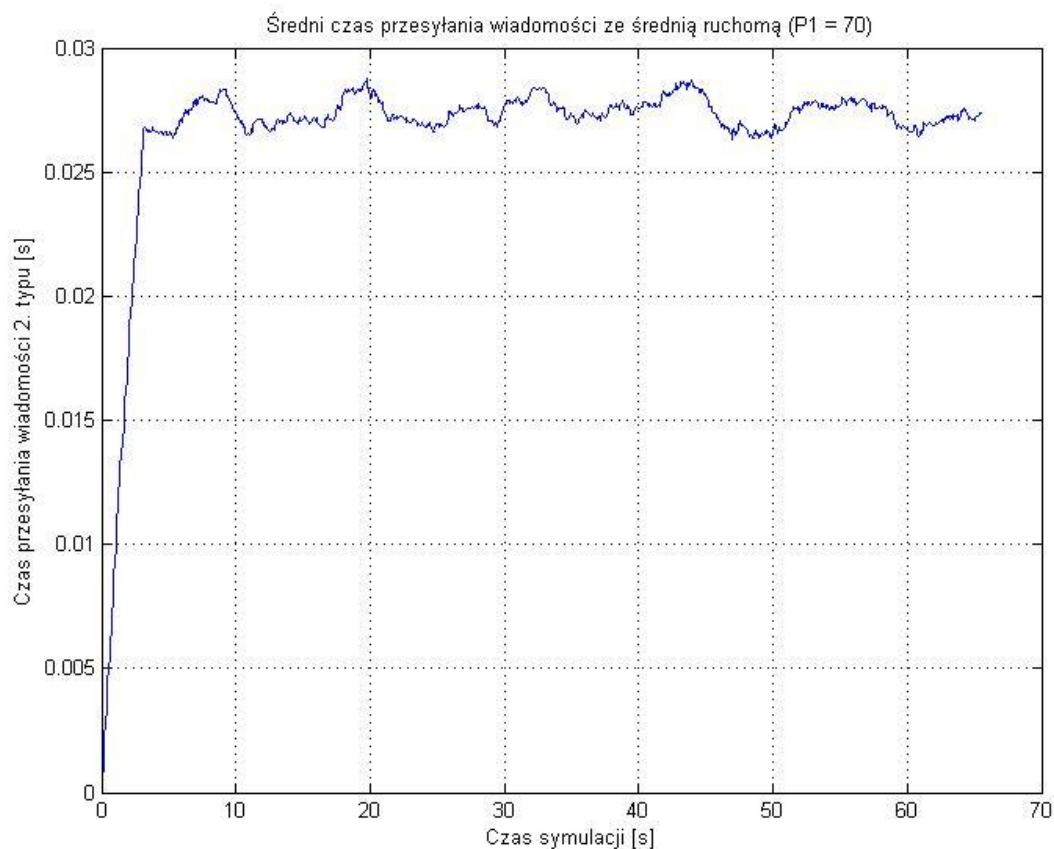
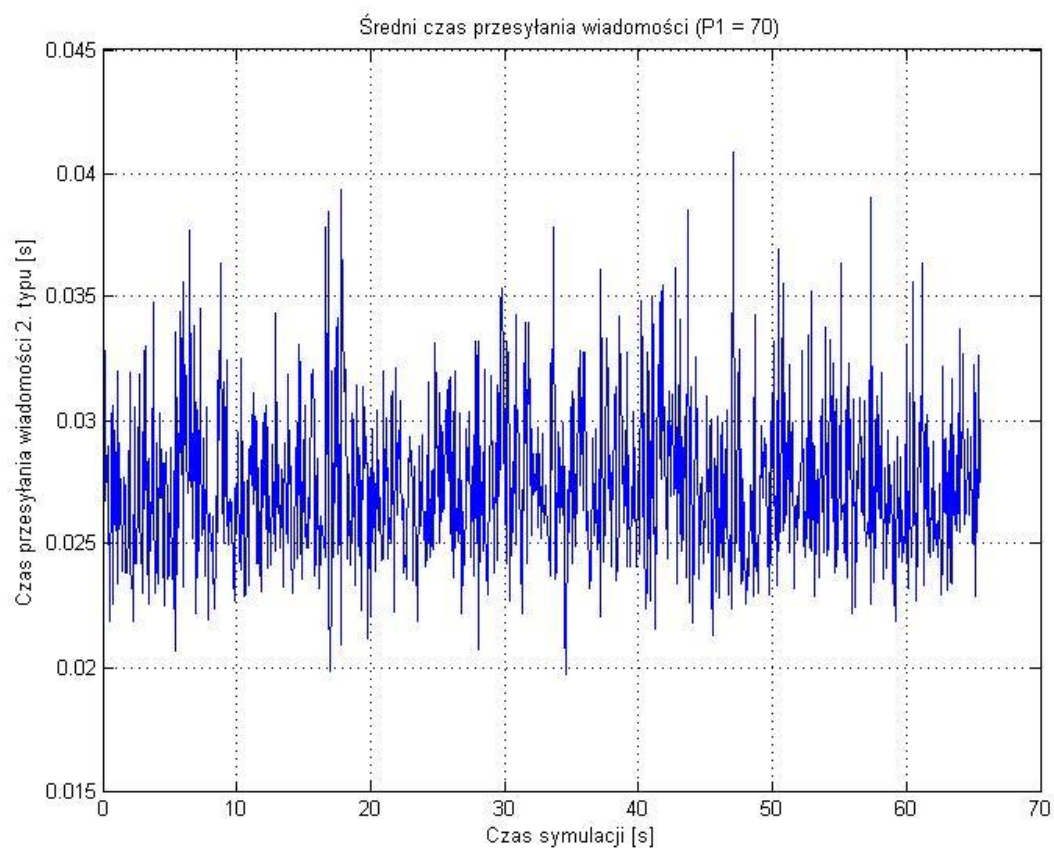


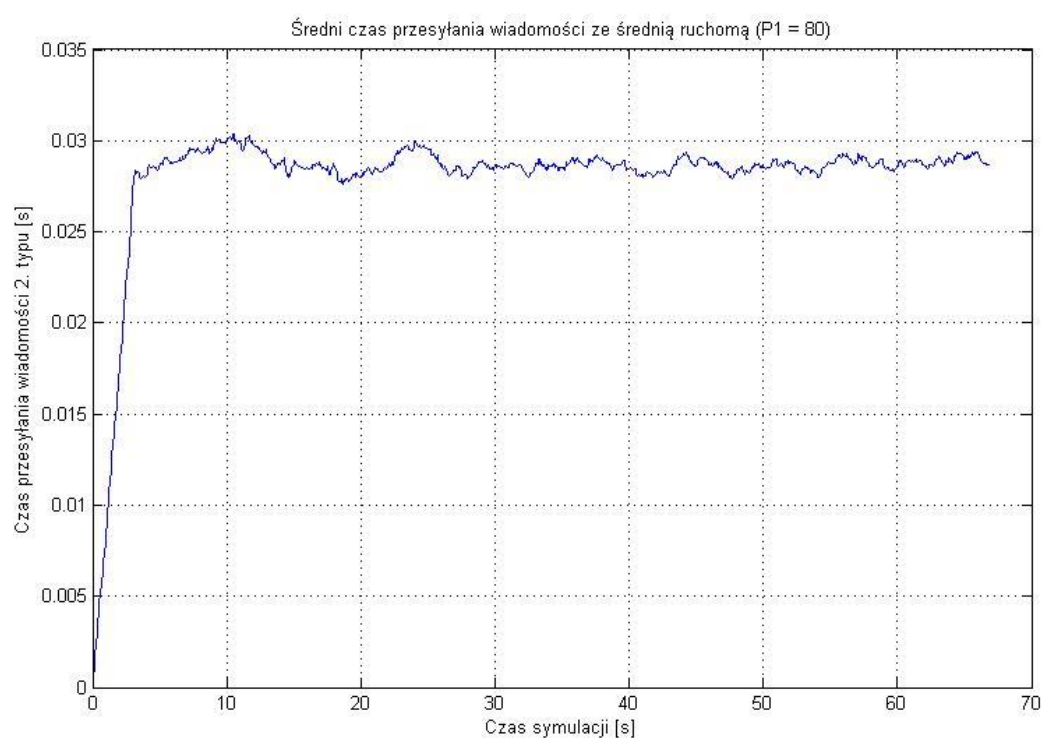
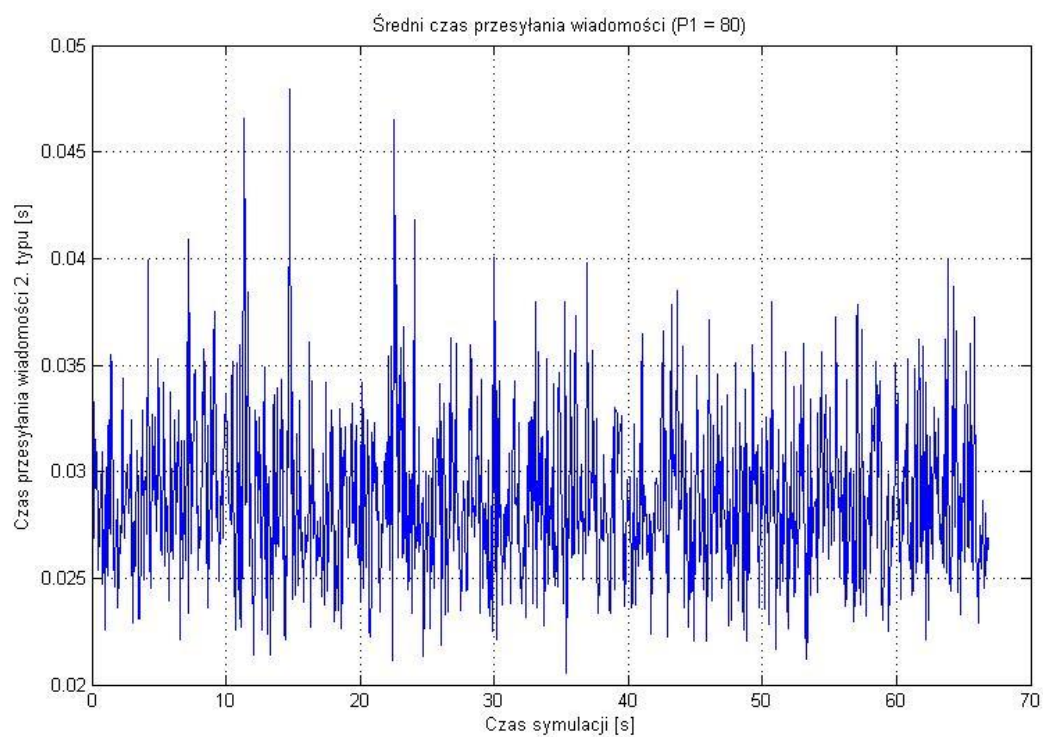


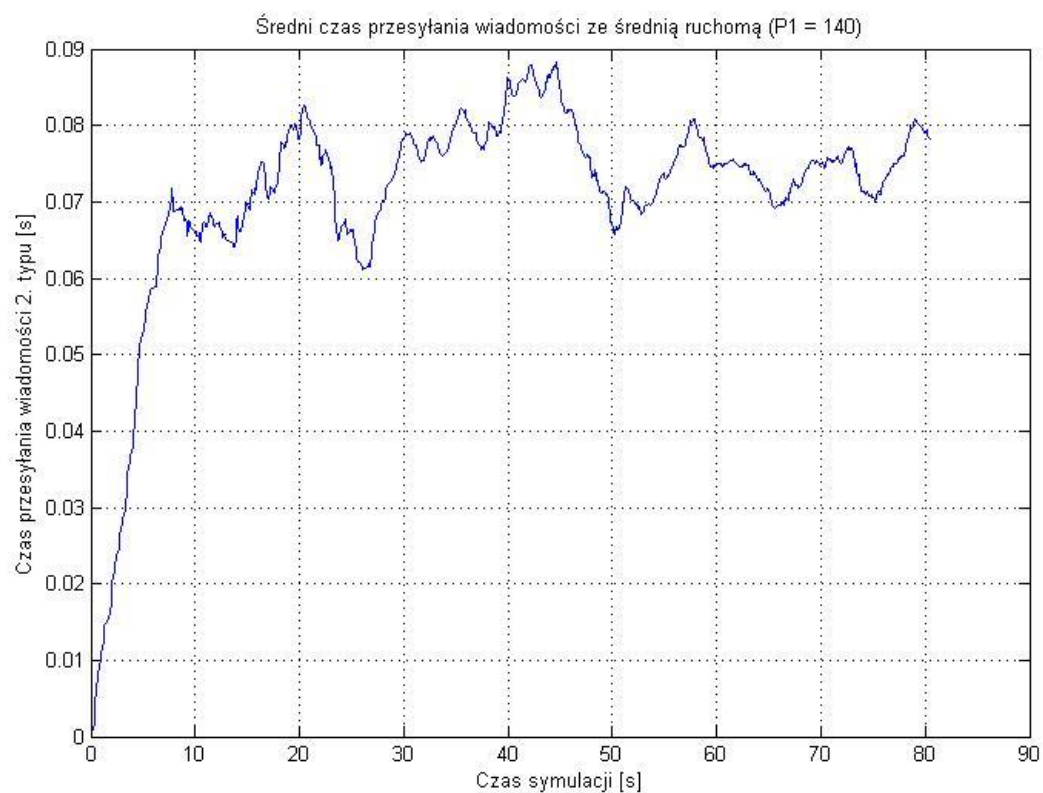
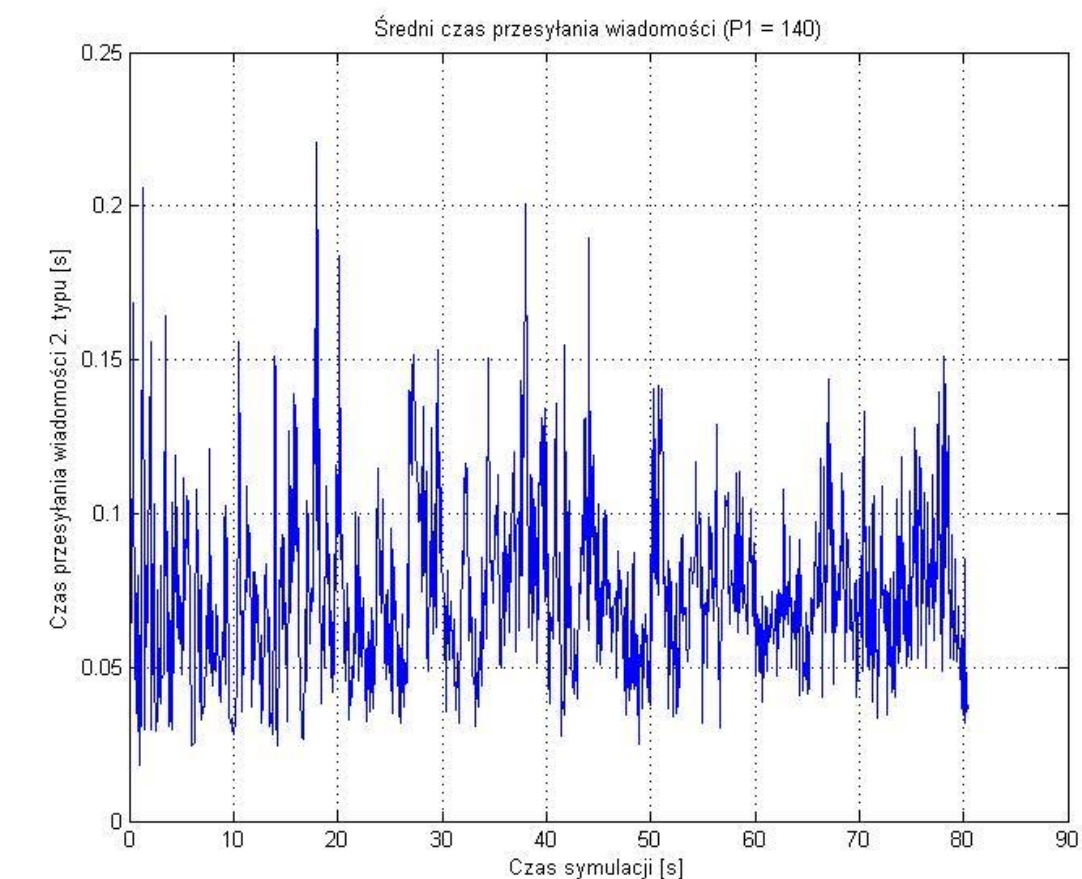












Jak widać, czas przestaje gwałtownie narastać w okolicy 5 sekund, aczkolwiek ze względu na różne fluktuacje początkowe dla niektórych intensywności, czas stabilny został ustalony na 10 sekund. Jako przypadek najbardziej ekstremalny z rozpatrywanych, podana została intensywność 140. Tutaj wykres jest mniej "spłaszczony" niż poprzednio, ale nadal widać, że gwałtowny wzrost kończy się na około 8 sekundach.

W symulacjach pilotażowych dodatkowo brane były pod uwagę takie parametry jak rozmiar bufora w czasie czy zajętość łączy. Na podstawie otrzymanych wyników można zauważyć, że sensowne wyniki pojawiają się (w zależności od zadanej intensywności) w przedziale czasu symulacji <40, 100>. Do tego symulacja powinna być wykonana co najmniej 2 razy, aby wyniki miały sens statystyczny – choć oczywiście, precyzja wyników wzrasta wraz ze wzrostem wykonanych symulacji.

6. Wyniki symulacji.

Symulacja została przeprowadzona dla czasu 1200 sekund, w liczbie dziesięciu iteracji, dla P1 w przedziale <40, 140> z krokiem co 10. Poniżej znajdują się tabele z poszczególnymi wynikami.

Tab. 5. Wyniki symulacji w poszczególnych iteracjach.

Iteracja	Stracone wiadomości [%]		Największe opóźnienie [s]	Średnie opóźnienie [s]	
	1. typu	2. typu		1. typu	2. typu
P1 = 40					
0	0.00042	0	0.07824	0.010066	0.024276
1	0.00084	0.00559	0.081897	0.010072	0.024295
2	0.00042	0.00559	0.07629	0.010075	0.024308
3	0.001261	0.00559	0.082137	0.010065	0.024301
4	0.00084	0.00559	0.076766	0.01007	0.024307
5	0.001261	0.00559	0.080965	0.010071	0.024296
6	0.001261	0.00559	0.075187	0.010069	0.024353
7	0.00042	0	0.082394	0.010064	0.024306
8	0.001681	0.00559	0.074653	0.010069	0.024319
9	0.00084	0.00559	0.083465	0.01006	0.024323
P1 = 50					
0	0.001345	0	0.090675	0.010493	0.024941
1	0.001345	0	0.101898	0.010484	0.024976
2	0.001009	0	0.077239	0.010499	0.024993
3	0.001681	0	0.085805	0.01049	0.024986
4	0.000673	0	0.086932	0.010506	0.025025
5	0.001345	0	0.092963	0.010494	0.025023
6	0.001345	0	0.091946	0.010498	0.025039
7	0.001009	0	0.107453	0.010501	0.024983
8	0.001009	0	0.116072	0.010503	0.02491
9	0.001009	0	0.095609	0.010499	0.024998
P1 = 60					
0	0.00392	0.01677	0.148911	0.010987	0.025962
1	0.00392	0.01118	0.129541	0.011005	0.025998

2	0.00252	0.01677	0.142986	0.010991	0.025968
3	0.0042	0.01118	0.13323	0.010993	0.026054
4	0.00308	0.00559	0.15059	0.01099	0.025937
5	0.00448	0.01118	0.13322	0.010986	0.025908
6	0.0042	0.01118	0.130753	0.010995	0.025951
7	0.00308	0	0.134098	0.010994	0.025986
8	0.00476	0	0.142058	0.010997	0.025994
9	0.0056	0.01118	0.141674	0.011001	0.026045
P1 = 70					
0	0.013197	0.02795	0.128378	0.011572	0.027108
1	0.012717	0.03913	0.15212	0.011583	0.027214
2	0.012237	0.02236	0.131654	0.011578	0.027185
3	0.013677	0.05031	0.137984	0.011577	0.027213
4	0.014396	0.03354	0.152242	0.011578	0.027184
5	0.011997	0.02795	0.172026	0.011584	0.027045
6	0.011997	0.02236	0.137289	0.01158	0.027144
7	0.010317	0.03354	0.1311	0.011575	0.027151
8	0.013197	0.01677	0.146958	0.01158	0.027212
9	0.012237	0.03354	0.151734	0.011586	0.027181
P1 = 80					
0	0.040123	0.106211	0.167928	0.012274	0.028948
1	0.037392	0.06708	0.160022	0.012285	0.028863
2	0.040333	0.0559	0.142135	0.01227	0.028973
3	0.039912	0.07826	0.147543	0.012263	0.029022
4	0.039282	0.10062	0.161143	0.012292	0.029015
5	0.040123	0.05031	0.148523	0.012284	0.028971
6	0.03319	0.06708	0.152557	0.012282	0.02885
7	0.037602	0.08385	0.169278	0.012259	0.028873
8	0.038862	0.05031	0.165985	0.012284	0.028973
9	0.042853	0.0559	0.141716	0.012272	0.028927
P1 = 90					
0	0.111466	0.117391	0.209258	0.01309	0.031328
1	0.105305	0.111801	0.196954	0.013123	0.031443
2	0.114453	0.156521	0.196801	0.013107	0.03146
3	0.105118	0.167701	0.23319	0.013101	0.031352
4	0.102317	0.156521	0.219275	0.013106	0.031382
5	0.098583	0.150931	0.230485	0.013112	0.031357
6	0.109412	0.167701	0.198956	0.013094	0.031368
7	0.098956	0.139751	0.222909	0.013105	0.031463
8	0.10269	0.145341	0.207355	0.013086	0.031393
9	0.10045	0.111801	0.204121	0.013093	0.031351
P1 = 100					
0	0.24114	0.352172	0.262084	0.01411	0.034776
1	0.25744	0.352172	0.295999	0.014103	0.034784
2	0.251727	0.374532	0.270868	0.014128	0.034685

3	0.253576	0.313059	0.267347	0.01411	0.034835
4	0.252398	0.346582	0.262736	0.014113	0.034755
5	0.258281	0.374532	0.243135	0.014106	0.034783
6	0.248029	0.368942	0.267383	0.014114	0.034805
7	0.262985	0.335402	0.272278	0.014096	0.034769
8	0.259456	0.408072	0.273276	0.014104	0.034666
9	0.254415	0.408072	0.284368	0.014109	0.03473
P1 = 110					
0	0.564098	0.788194	0.29307	0.015317	0.03976
1	0.567306	0.793784	0.300832	0.015323	0.039899
2	0.575706	0.804964	0.297078	0.015315	0.039691
3	0.578916	0.782604	0.282615	0.015339	0.03982
4	0.570362	0.816144	0.29474	0.015336	0.039798
5	0.556919	0.877634	0.300002	0.015328	0.039469
6	0.568682	0.888814	0.287539	0.01533	0.039836
7	0.547145	0.832914	0.274628	0.015311	0.03965
8	0.574638	0.799374	0.275221	0.015333	0.039718
9	0.583804	0.810554	0.266972	0.01532	0.039829
P1 = 120					
0	1.150447	1.559618	0.411335	0.016775	0.046428
1	1.173411	1.503717	0.380992	0.016764	0.046661
2	1.152124	1.609928	0.414558	0.016761	0.046537
3	1.169771	1.509307	0.415603	0.016757	0.046497
4	1.154228	1.621108	0.404655	0.016751	0.046494
5	1.17313	1.576388	0.381207	0.016752	0.046606
6	1.145266	1.581978	0.398295	0.016755	0.04635
7	1.167529	1.509307	0.413386	0.016756	0.046444
8	1.158152	1.514897	0.419841	0.016767	0.046544
9	1.145126	1.526077	0.415779	0.016758	0.046473
P1 = 130					
0	2.157207	2.867524	0.472223	0.018436	0.055473
1	2.150604	2.856344	0.477886	0.018448	0.055952
2	2.170394	2.867524	0.48503	0.018447	0.056093
3	2.158752	2.889883	0.563015	0.018446	0.055735
4	2.143881	2.917831	0.539051	0.018419	0.055771
5	2.175436	2.800447	0.546568	0.018425	0.056207
6	2.155262	2.929011	0.486257	0.018476	0.055957
7	2.157856	3.018446	0.546746	0.018455	0.055838
8	2.170001	2.94578	0.668021	0.018435	0.055823
9	2.136905	2.901062	0.468766	0.018447	0.055923
P1 = 140					
0	3.788468	5.064848	0.653135	0.020422	0.069964
1	3.775874	5.232558	0.596964	0.020391	0.070101
2	3.780071	5.215787	0.588188	0.020408	0.070359
3	3.791131	5.076029	0.546806	0.020391	0.070279

4	3.800115	4.908318	0.493737	0.02037	0.07013
5	3.769042	5.243739	0.756762	0.020393	0.070224
6	3.7808	5.171064	0.687905	0.02039	0.07032
7	3.77683	5.165474	0.568279	0.020412	0.070297
8	3.77659	5.070438	0.686225	0.020437	0.070427
9	3.781751	5.277281	0.667607	0.020414	0.070211

Tab. 6. Zajętość łączny w poszczególnych iteracjach [%]

P1 = 40										
Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	25.45356	26.13711	25.36466	26.11375	25.75111	26.08278	25.65728	26.05062	25.52745	23.37007
1	25.47205	26.0922	25.3986	26.1781	25.74686	26.04998	25.63088	26.0923	25.53542	23.37156
2	25.49806	26.15698	25.38022	26.16035	25.74742	26.08367	25.66224	26.0756	25.57065	23.38232
3	25.46159	26.11916	25.37327	26.1538	25.72699	26.10936	25.68187	26.06146	25.572	23.37237
4	25.42849	26.14143	25.34863	26.17746	25.74235	26.06728	25.70782	26.0123	25.533	23.362
5	25.44584	26.14903	25.35911	26.20052	25.72444	26.08721	25.71884	26.00503	25.56979	23.37646
6	25.46374	26.18708	25.37583	26.11408	25.73625	26.0652	25.69607	26.06278	25.53266	23.37581
7	25.45825	26.09544	25.38409	26.11397	25.7223	26.10895	25.65873	26.07462	25.53445	23.36525
8	25.43429	26.10657	25.38775	26.15434	25.73933	26.09273	25.68327	26.06869	25.54643	23.36907
9	25.46193	26.08113	25.36362	26.16673	25.72487	26.08311	25.67413	26.09701	25.56857	23.36566
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	13.08757	13.15841	12.36599	12.97871	12.31395	12.98268	13.07809	13.22917	12.52194	13.00461
1	13.09731	13.11722	12.37474	12.97498	12.34006	12.99412	13.09299	13.23819	12.50867	12.9569
2	13.11155	13.16246	12.38651	12.99436	12.31741	13.00264	13.09823	13.24404	12.50338	12.98544
3	13.09072	13.11807	12.37087	13.00094	12.30867	12.97023	13.08985	13.23603	12.49096	13.01952
4	13.05508	13.13093	12.37341	13.01049	12.27273	12.97853	13.05153	13.25032	12.49203	13.01575
5	13.08436	13.13958	12.36148	13.00933	12.29952	13.02542	13.07675	13.24748	12.47696	13.01045
6	13.09451	13.18389	12.36923	13.00304	12.32833	12.99499	13.07081	13.23168	12.50457	12.99439
7	13.08116	13.15128	12.37709	12.94401	12.32483	12.99296	13.10549	13.23726	12.48504	13.00347
8	13.05922	13.14075	12.37507	12.96581	12.30409	13.00623	13.08093	13.22682	12.51252	13.01179
9	13.09555	13.09677	12.36638	12.98436	12.33049	13.00119	13.09043	13.22381	12.50106	12.99267
P1 = 50										
Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	31.29659	31.95961	31.29033	31.93195	31.52922	31.87122	31.43192	31.9317	31.34859	29.20199
1	31.27746	32.00408	31.3019	31.92662	31.58409	31.85201	31.402	31.94481	31.36639	29.20444
2	31.30044	31.97429	31.32931	31.94098	31.54821	31.9114	31.45516	31.98993	31.40131	29.21793
3	31.26818	31.91443	31.28335	31.9421	31.55765	31.8751	31.42767	31.94065	31.32968	29.19386
4	31.29938	31.95177	31.25721	32.05593	31.5612	31.86648	31.47912	31.88522	31.36722	29.20496
5	31.2591	31.99136	31.27452	32.02754	31.5636	31.83098	31.45332	31.84782	31.34333	29.1966
6	31.32999	31.97581	31.31099	31.95574	31.60491	31.91083	31.41323	31.93606	31.34138	29.22222
7	31.32703	31.94461	31.28651	31.97001	31.53958	31.89218	31.44017	31.93158	31.35845	29.21368

8	31.28457	31.91377	31.32803	31.97629	31.60366	31.90808	31.39361	31.94415	31.34638	29.21421
9	31.2836	31.96377	31.32669	31.92216	31.54292	31.91269	31.39906	31.92696	31.37518	29.20177
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	15.96819	16.09789	15.32851	15.86187	15.26853	15.90973	15.98352	16.11388	15.41534	15.88771
1	16.00231	16.07835	15.27531	15.92573	15.30969	15.8229	15.96212	16.14971	15.43439	15.89
2	16.00035	16.06074	15.30038	15.91355	15.30189	15.87148	16.02791	16.1304	15.41781	15.88349
3	15.98418	16.04034	15.28399	15.87409	15.31685	15.86988	15.99008	16.15209	15.40572	15.88502
4	16.02159	16.06291	15.27779	15.88899	15.26302	15.94464	16.00458	16.16321	15.39799	15.86174
5	15.97786	16.09818	15.28136	15.89304	15.26024	15.92288	15.93763	16.14833	15.41528	15.8935
6	16.02448	16.08773	15.30551	15.88808	15.294	15.82898	16.01146	16.18468	15.4204	15.89942
7	15.99723	16.06084	15.32994	15.88377	15.26656	15.91179	16.03	16.13201	15.40772	15.86203
8	15.99747	16.06556	15.28739	15.84821	15.29765	15.85273	16.00211	16.16342	15.44024	15.90613
9	15.98747	16.07902	15.29627	15.88491	15.29032	15.87878	16.03198	16.1307	15.41222	15.88074
P1 = 60										
Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	37.07845	37.87676	37.11832	37.82049	37.44589	37.72896	37.31343	37.74006	37.26149	35.05172
1	37.15323	37.82187	37.14209	37.88825	37.44264	37.74214	37.31276	37.81414	37.28495	35.06982
2	37.16166	37.93047	37.20274	37.82839	37.43854	37.73289	37.27621	37.75756	37.25683	35.0865
3	37.1012	37.85442	37.15056	37.81412	37.4461	37.73607	37.29979	37.80056	37.25955	35.05229
4	37.10704	37.86474	37.12145	37.78208	37.44416	37.7549	37.29079	37.76425	37.25717	35.05487
5	37.12959	37.83476	37.13372	37.84021	37.4539	37.73032	37.33158	37.80415	37.23675	35.076
6	37.11549	37.90944	37.19515	37.77197	37.46293	37.70576	37.26616	37.84529	37.26294	35.06988
7	37.1459	37.89783	37.16387	37.87554	37.43892	37.68735	37.28025	37.75616	37.25776	35.07031
8	37.10798	37.84011	37.17921	37.82122	37.40727	37.79223	37.33713	37.79229	37.277	35.06298
9	37.10074	37.82098	37.16604	37.81033	37.42745	37.79995	37.31721	37.75669	37.23625	35.05981
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	18.91309	19.02606	18.16551	18.8507	18.18623	18.81676	18.90319	19.08765	18.35824	18.82586
1	18.93503	19.01988	18.21848	18.80199	18.20871	18.85982	18.90477	19.08462	18.35802	18.83733
2	18.93091	19.08373	18.23075	18.84674	18.2236	18.81646	18.9194	19.105	18.33354	18.81363
3	18.88045	19.01985	18.22091	18.83457	18.21972	18.82961	18.91206	19.10505	18.34105	18.82412
4	18.93334	19.03203	18.17398	18.83279	18.20102	18.79665	18.9068	19.07028	18.37389	18.84819
5	18.91356	19.00718	18.21602	18.82764	18.22488	18.81548	18.88037	19.08997	18.36393	18.84983
6	18.90181	19.05782	18.21369	18.85178	18.2282	18.80464	18.91953	19.07592	18.38701	18.78624
7	18.94028	19.06355	18.20589	18.83429	18.21187	18.84482	18.87953	19.08135	18.35757	18.80791
8	18.91664	18.99317	18.19146	18.84694	18.22691	18.80488	18.92692	19.0676	18.33968	18.86529
9	18.93037	19.01156	18.1705	18.80958	18.23156	18.81588	18.94539	19.08653	18.34091	18.85456
P1 = 70										
Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	42.92437	43.6862	43.07633	43.61206	43.33869	43.54579	43.05734	43.66177	43.0194	40.91037
1	43.0218	43.68903	43.09376	43.66366	43.36248	43.62736	43.08672	43.68431	43.0478	40.94777
2	42.99051	43.67456	43.06783	43.68023	43.33624	43.60639	43.09851	43.61256	43.00999	40.9287

3	42.97348	43.73714	43.06106	43.64281	43.36802	43.59057	43.09445	43.63447	43.03706	40.92914
4	42.96439	43.66218	43.10092	43.68995	43.3417	43.56084	43.07862	43.67306	43.02914	40.92907
5	42.97189	43.64933	43.13116	43.63788	43.29042	43.66285	43.10879	43.6144	43.00173	40.9395
6	42.98029	43.65069	43.06784	43.65974	43.33524	43.64272	43.06758	43.63484	43.06148	40.92381
7	42.99998	43.65699	43.07195	43.66981	43.36009	43.57361	43.06017	43.68305	43.02004	40.92886
8	42.96011	43.71855	43.08805	43.63591	43.30293	43.64168	43.10982	43.59392	43.04981	40.92049
9	43.00734	43.70454	43.09194	43.64287	43.35707	43.64617	43.06468	43.63294	43.04709	40.94165

Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	21.81853	21.94061	21.10603	21.74571	21.19514	21.68654	21.8531	22.01978	21.31891	21.69268
1	21.84934	21.96421	21.17246	21.72482	21.21437	21.69159	21.87658	22.08452	21.27786	21.75066
2	21.82748	21.96748	21.16317	21.70723	21.16216	21.70124	21.85979	22.07343	21.26266	21.74662
3	21.82794	21.98735	21.14563	21.74964	21.14878	21.70748	21.88651	22.06904	21.29896	21.70407
4	21.80911	21.96958	21.15527	21.69244	21.17298	21.73012	21.84429	22.03665	21.30507	21.71642
5	21.85603	21.96809	21.11601	21.68124	21.17925	21.70735	21.89322	21.984	21.3063	21.76948
6	21.8586	21.97763	21.12181	21.67306	21.15251	21.70608	21.85686	22.01447	21.32051	21.78602
7	21.83724	21.9485	21.16287	21.70849	21.19551	21.70195	21.86677	22.06974	21.29034	21.70671
8	21.83593	21.98925	21.12428	21.7293	21.1658	21.72855	21.87494	22.01353	21.28926	21.76674
9	21.88034	21.99742	21.12714	21.70712	21.18968	21.68597	21.89756	22.06947	21.28744	21.74847

P1 = 80

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	48.76966	49.47054	48.88713	49.4871	49.08195	49.44491	48.89199	49.41101	48.89095	46.70728
1	48.82891	49.49038	48.9329	49.48201	49.14502	49.45498	48.88933	49.49573	48.87945	46.75221
2	48.71005	49.51806	48.93686	49.40019	49.06273	49.43409	48.91423	49.46177	48.89763	46.70703
3	48.71594	49.52074	48.90397	49.4165	49.13161	49.36789	48.86274	49.45588	48.85444	46.70724
4	48.72315	49.50104	48.91605	49.44757	49.14344	49.46976	48.89403	49.454	48.91203	46.71554
5	48.80851	49.56419	48.90975	49.45671	49.0886	49.43896	48.88964	49.43125	48.91889	46.72231
6	48.74329	49.51479	48.88639	49.45359	49.16346	49.46013	48.90842	49.41967	48.87961	46.73181
7	48.74079	49.49284	48.86822	49.48319	49.11054	49.40705	48.91022	49.42627	48.89562	46.71464
8	48.79269	49.46862	48.93552	49.46562	49.07001	49.46804	48.91978	49.45988	48.87508	46.73006
9	48.73851	49.51054	48.8407	49.56192	49.1045	49.33826	48.88716	49.40884	48.94269	46.69312

Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	24.759	24.86026	24.0105	24.61028	24.06916	24.61477	24.75621	24.91198	24.16986	24.68871
1	24.76398	24.88723	24.06493	24.60315	24.07929	24.61649	24.79357	24.92871	24.2162	24.66151
2	24.73032	24.86873	23.97973	24.64932	24.11995	24.63994	24.79668	24.87842	24.18448	24.63751
3	24.6809	24.92771	24.03491	24.59303	24.08707	24.63447	24.7465	24.9587	24.17281	24.62139
4	24.72271	24.85329	24.00033	24.64763	24.06821	24.62108	24.81655	24.92586	24.21775	24.65348
5	24.79633	24.88362	24.01194	24.68073	24.07817	24.58692	24.78996	24.91601	24.17232	24.64915
6	24.7376	24.86997	24.00553	24.64481	24.05287	24.60999	24.81358	24.95635	24.20697	24.6467
7	24.75643	24.86506	23.98411	24.62778	24.04092	24.66266	24.78714	24.88936	24.22105	24.62006
8	24.74641	24.86262	24.04614	24.606	24.09735	24.65634	24.80225	24.88986	24.18001	24.66578
9	24.73659	24.84741	24.00176	24.66313	24.05189	24.722	24.75196	24.91405	24.19016	24.5863

P1 = 90

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	54.50175	55.30853	54.68296	55.31362	55.03414	55.23731	54.64203	55.25017	54.74639	52.4971
1	54.5377	55.43793	54.73024	55.31041	55.04191	55.25923	54.71524	55.27434	54.79661	52.53903
2	54.49537	55.36041	54.65551	55.33885	55.06482	55.18306	54.67214	55.25044	54.74703	52.50128
3	54.50804	55.40397	54.61811	55.34305	55.07051	55.19446	54.71835	55.25129	54.79838	52.52005
4	54.52199	55.39073	54.67589	55.32242	55.04557	55.21553	54.69496	55.24667	54.75424	52.51641
5	54.47134	55.41144	54.67673	55.33325	55.05246	55.23259	54.73489	55.27006	54.83725	52.5247
6	54.46085	55.38823	54.67622	55.30218	54.99483	55.23511	54.69155	55.19883	54.79072	52.48926
7	54.50775	55.32439	54.6492	55.34092	55.09473	55.23038	54.7083	55.30915	54.7615	52.51649
8	54.5357	55.34257	54.63453	55.2732	54.99409	55.205	54.66472	55.26244	54.7492	52.49465
9	54.53744	55.25177	54.65902	55.2618	55.00189	55.29753	54.67393	55.30316	54.74744	52.50451
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	27.60974	27.76662	26.89201	27.5419	26.95013	27.55659	27.70544	27.88653	27.14762	27.53198
1	27.62959	27.84063	26.90797	27.59731	26.9737	27.54841	27.67019	27.88669	27.15522	27.58929
2	27.60021	27.84732	26.895	27.51309	26.95071	27.60543	27.64076	27.91659	27.14824	27.54246
3	27.63265	27.82016	26.87539	27.58381	26.93573	27.57869	27.65168	27.92119	27.14933	27.54292
4	27.64808	27.81046	26.87376	27.58027	26.94202	27.55393	27.67704	27.87414	27.17142	27.53864
5	27.61731	27.82005	26.8538	27.59139	26.96578	27.59138	27.6631	27.89676	27.1557	27.56962
6	27.62916	27.78602	26.83169	27.60222	26.9412	27.55056	27.70341	27.87703	27.11781	27.53182
7	27.58258	27.77352	26.92518	27.55087	26.96034	27.55338	27.64758	27.9372	27.15754	27.5828
8	27.63284	27.80885	26.90286	27.53372	26.96115	27.54423	27.63006	27.86166	27.13243	27.57506
9	27.62563	27.72937	26.91157	27.5224	26.96638	27.54386	27.72243	27.85148	27.15042	27.57538
P1 = 100										
Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	60.26401	61.14322	60.53827	61.1317	60.81104	60.98505	60.42206	61.05277	60.53149	58.25443
1	60.28447	61.19112	60.53771	61.08458	60.83541	61.03677	60.44285	61.07818	60.55908	58.2686
2	60.26413	61.14647	60.55521	61.11068	60.79328	61.02511	60.47013	61.06832	60.5364	58.26776
3	60.26299	61.21969	60.53982	61.12828	60.83947	61.00847	60.42212	61.00613	60.55385	58.25495
4	60.20892	61.19174	60.51924	61.12625	60.82907	60.98196	60.43852	61.08642	60.63095	58.24069
5	60.29286	61.17522	60.50408	61.14477	60.8232	60.97244	60.4245	61.04182	60.54107	58.25147
6	60.27417	61.19572	60.53556	61.14999	60.85092	60.97325	60.42221	61.0417	60.54683	58.26938
7	60.24131	61.14964	60.48932	61.08765	60.80687	61.03471	60.45248	60.99277	60.51998	58.24526
8	60.23031	61.21798	60.55521	61.06686	60.76924	60.96482	60.42761	61.03423	60.54095	58.23955
9	60.32437	61.17464	60.51399	61.18917	60.80931	60.98886	60.43782	61.03523	60.57969	58.27726
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	30.52731	30.69992	29.7367	30.44333	29.88729	30.44287	30.58809	30.79853	30.0128	30.39682
1	30.52586	30.73464	29.75861	30.45685	29.86878	30.42424	30.60744	30.80757	30.02795	30.42931
2	30.48863	30.70517	29.7755	30.44173	29.88337	30.49635	30.61298	30.772	30.02138	30.41229
3	30.51986	30.77368	29.74313	30.44587	29.86643	30.47527	30.58742	30.82055	30.01902	30.42105
4	30.45969	30.71822	29.74923	30.47344	29.87913	30.47706	30.53397	30.8016	30.02756	30.44786
5	30.51144	30.72867	29.78142	30.44669	29.83499	30.47276	30.58431	30.80418	30.01917	30.38812

6	30.50581	30.73821	29.76836	30.45763	29.87584	30.48058	30.58111	30.82303	30.02801	30.3923
7	30.51804	30.71349	29.72328	30.43627	29.85434	30.42819	30.55248	30.77239	30.03462	30.4821
8	30.48036	30.7571	29.74996	30.46086	29.87372	30.4512	30.562	30.77275	29.99663	30.40298
9	30.52311	30.71546	29.80126	30.45925	29.85774	30.50142	30.57581	30.79975	30.00965	30.41319

P1 = 110

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	66.05101	67.06682	66.22884	66.85846	66.53657	66.66788	66.15366	66.70009	66.21577	63.89215
1	66.0384	66.95189	66.11519	66.86783	66.54307	66.75729	66.17802	66.72963	66.30337	63.87081
2	66.00744	67.02797	66.19076	66.82511	66.54918	66.6577	66.15544	66.74901	66.22598	63.86895
3	66.0049	67.03408	66.23905	66.86717	66.54511	66.73116	66.17566	66.76442	66.30945	63.87639
4	66.09446	66.9923	66.17665	66.94947	66.50897	66.71466	66.18191	66.69499	66.27398	63.88371
5	65.96474	67.00528	66.16052	66.88675	66.51063	66.7468	66.19626	66.62209	66.29803	63.86834
6	66.04404	66.99937	66.22902	66.85008	66.48393	66.75555	66.22099	66.7084	66.22469	63.8882
7	65.99512	67.00371	66.22771	66.83097	66.52415	66.74345	66.18616	66.66181	66.20195	63.89476
8	66.04464	66.99734	66.23353	66.87738	66.5243	66.68137	66.1888	66.74725	66.20257	63.88967
9	65.98267	67.04739	66.18684	66.91957	66.49639	66.65637	66.23957	66.62409	66.20864	63.86579

Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	33.4409	33.66952	32.60997	33.39718	32.69796	33.30524	33.44568	33.6969	32.83972	33.2222
1	33.4124	33.57709	32.62587	33.37465	32.65301	33.32454	33.43349	33.67936	32.86372	33.32392
2	33.3808	33.61135	32.62648	33.41663	32.66903	33.28623	33.42963	33.67721	32.87191	33.22815
3	33.42253	33.64016	32.58225	33.39421	32.69255	33.31879	33.44502	33.66458	32.88055	33.28614
4	33.4502	33.62551	32.6441	33.36692	32.66443	33.37673	33.4619	33.69795	32.81093	33.25288
5	33.39909	33.64721	32.56554	33.35831	32.61119	33.37478	33.45903	33.66997	32.84053	33.28789
6	33.41494	33.63034	32.62893	33.36927	32.67987	33.32787	33.46858	33.65739	32.82665	33.28713
7	33.40356	33.6649	32.59146	33.33872	32.66056	33.29368	33.46368	33.69509	32.82902	33.27985
8	33.40981	33.65472	32.63473	33.3426	32.69234	33.35184	33.43886	33.66844	32.8559	33.24268
9	33.39803	33.64425	32.5845	33.40335	32.65793	33.32031	33.39925	33.71587	32.7804	33.25716

P1 = 120

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	71.52597	72.752	71.72186	72.54064	72.20262	72.33445	71.7981	72.13934	71.78246	69.26463
1	71.60507	72.79744	71.74573	72.5601	72.08079	72.25732	71.86454	72.18243	71.7663	69.2652
2	71.52158	72.79521	71.7512	72.5433	72.13548	72.25154	71.80405	72.15512	71.78441	69.25139
3	71.55236	72.77729	71.72975	72.57798	72.10944	72.26245	71.8412	72.15528	71.79245	69.25215
4	71.57144	72.7147	71.74558	72.5686	72.12105	72.25048	71.77216	72.20492	71.78288	69.25455
5	71.54646	72.83394	71.7354	72.56841	72.15512	72.28254	71.88167	72.10629	71.74417	69.27194
6	71.51814	72.80101	71.74912	72.53711	72.1101	72.25003	71.75355	72.11119	71.81281	69.24412
7	71.55516	72.77858	71.74942	72.55466	72.1459	72.28546	71.74222	72.16813	71.83713	69.2431
8	71.56017	72.75325	71.7586	72.59504	72.1863	72.18782	71.72669	72.1782	71.73403	69.25066
9	71.53448	72.74541	71.76689	72.6759	72.14182	72.221	71.82485	72.14712	71.79475	69.27329

Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	36.24663	36.4908	35.2795	36.26123	35.37392	36.11953	36.27842	36.59562	35.60715	36.05613

1	36.26943	36.53422	35.33564	36.26318	35.36628	36.16818	36.22284	36.5	35.58093	36.03473
2	36.22868	36.50878	35.29303	36.28643	35.39349	36.16676	36.25308	36.55191	35.58357	35.99871
3	36.24707	36.49529	35.30529	36.28196	35.37181	36.15736	36.24983	36.56065	35.54884	36.01275
4	36.25043	36.48414	35.32102	36.23054	35.39801	36.16886	36.2426	36.52865	35.59242	36.00787
5	36.27492	36.55183	35.27154	36.28203	35.35728	36.15106	36.25314	36.56941	35.58585	36.02942
6	36.21314	36.56219	35.30513	36.23873	35.36072	36.15938	36.22014	36.55843	35.55162	36.03017
7	36.26647	36.50975	35.28885	36.26879	35.38579	36.14496	36.26454	36.5536	35.59244	36.02106
8	36.25836	36.55033	35.30197	36.20308	35.41246	36.18597	36.24102	36.59611	35.59019	35.94695
9	36.23962	36.51387	35.29496	36.23143	35.40356	36.2447	36.23352	36.57602	35.56593	35.98738

P1 = 130

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	76.9462	78.38296	76.98988	78.09568	77.44125	77.55432	77.06579	77.30144	77.10519	74.21398
1	76.94461	78.42105	77.0352	78.11092	77.47608	77.57777	77.10101	77.26097	77.04591	74.23243
2	76.89008	78.39035	77.0409	78.09733	77.37563	77.61883	77.14176	77.22789	77.09171	74.20562
3	76.97129	78.4053	76.9885	78.0932	77.4409	77.58108	77.1369	77.32254	77.09428	74.23012
4	76.88306	78.43037	77.08305	78.02563	77.45444	77.56989	77.0955	77.31039	77.05454	74.23411
5	76.89159	78.45236	77.0219	77.96767	77.42201	77.64654	77.15411	77.29551	77.08464	74.21201
6	76.91212	78.43199	77.04405	78.01897	77.42102	77.5785	77.03847	77.23082	77.04271	74.19825
7	76.89089	78.45147	76.96236	78.09411	77.50592	77.61482	77.09289	77.23406	77.14461	74.20195
8	76.91433	78.44801	77.0353	78.02331	77.42054	77.53331	77.0657	77.29682	77.07426	74.20905
9	76.9166	78.43805	77.06219	78.07863	77.44881	77.59897	77.18835	77.33567	77.08341	74.24823

Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	39.08563	39.30825	37.86068	39.07485	37.89884	38.83813	38.94703	39.33602	38.10523	38.60713
1	39.07724	39.37123	37.86752	39.04992	37.89833	38.88843	38.97657	39.35629	38.11967	38.6012
2	39.04684	39.33101	37.84333	39.05974	37.89675	38.93154	38.99318	39.29894	38.07654	38.62539
3	39.08439	39.29707	37.88704	39.10823	37.90329	38.8714	38.97959	39.32857	38.11208	38.60157
4	39.01832	39.33433	37.8649	39.09617	37.92646	38.84233	38.96077	39.30388	38.15045	38.6089
5	39.01016	39.32232	37.88158	39.12994	37.88272	38.8099	38.96852	39.2992	38.12269	38.67837
6	39.06995	39.34366	37.84229	39.08819	37.89301	38.83542	38.99816	39.3042	38.11674	38.5806
7	39.06538	39.33356	37.82563	39.11797	37.87371	38.87488	38.97857	39.37701	38.12883	38.63638
8	39.02111	39.36664	37.89336	39.08149	37.9166	38.86367	38.94233	39.32847	38.09195	38.59109
9	39.04851	39.33248	37.8682	39.10544	37.9266	38.88868	38.97633	39.31442	38.13439	38.62255

P1 = 140

Iteracja	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	81.87484	83.96664	81.97615	83.36033	82.3969	82.57541	82.05958	81.88752	82.04613	78.56413
1	81.87771	83.94482	81.87707	83.39754	82.42358	82.57451	82.03248	81.83962	82.09596	78.55017
2	81.865	84.06666	81.94455	83.26762	82.36961	82.55803	82.05301	81.88312	82.10081	78.5576
3	81.87481	83.92052	81.97284	83.37104	82.42563	82.5509	82.02526	81.97939	82.07156	78.54799
4	81.82222	84.03495	81.93216	83.28975	82.36588	82.56568	82.07782	81.90397	82.12555	78.52976
5	81.78699	83.96841	81.88307	83.29138	82.44124	82.54886	82.05399	81.91695	82.09481	78.53491
6	81.8281	84.041	81.91022	83.32894	82.41145	82.59424	82.08295	81.80719	82.07898	78.54014
7	81.88948	83.95018	81.88583	83.32809	82.38202	82.55528	82.05572	81.90038	82.06522	78.54514

8	81.88514	84.08592	81.93876	83.3766	82.434	82.57221	82.12793	81.90192	82.12706	78.57724
9	81.88263	83.98857	81.94624	83.30519	82.38835	82.5387	82.03295	81.93115	82.05234	78.53917
Iteracja	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
0	41.73722	42.11815	40.1376	41.84852	40.18792	41.49894	41.56727	42.02112	40.37578	41.00826
1	41.77202	42.08006	40.10565	41.86477	40.13263	41.46439	41.5552	42.05207	40.37159	41.01938
2	41.73087	42.14813	40.13413	41.91867	40.14875	41.4594	41.55382	41.9835	40.38621	41.00408
3	41.73657	42.06651	40.13819	41.85413	40.19402	41.50012	41.58515	42.0074	40.41836	40.96589
4	41.69748	42.08824	40.12477	41.94681	40.14887	41.48217	41.56852	41.98324	40.38276	40.99728
5	41.67599	42.09521	40.11118	41.87324	40.14822	41.43979	41.51901	42.05468	40.38667	41.02986
6	41.73495	42.14301	40.09316	41.8983	40.12565	41.48112	41.56737	42.03818	40.3732	41.02697
7	41.76437	42.04854	40.12521	41.90162	40.15033	41.46626	41.57979	41.99025	40.39193	40.97519
8	41.74801	42.17215	40.1373	41.91391	40.13446	41.49587	41.54339	42.04348	40.39065	41.02884
9	41.73375	42.10426	40.14892	41.88433	40.1654	41.45905	41.57896	42.01473	40.37377	40.95985

Zestawienie powyższych wyników po uśrednieniu i wyznaczeniu przedziałów ufności wygląda następująco.

Tab. 7. Zestawienie średnie wyników

P1	Utracone wiadomości [%]				Największe opóźnienie [s]	Przedział
	1. typu	Przedział	2. typu	Przedział		
40	0.00092	0.000446	0.00447	0.002422	0.0791994	0.003417
50	0.00118	0.000294	0	0	0.0946592	0.011583
60	0.00398	0.000928	0.0095	0.006086	0.138706	0.007754
70	0.0126	0.001152	0.03075	0.009858	0.144149	0.013839
80	0.03897	0.002617	0.07155	0.020767	0.155683	0.010809
90	0.10488	0.00554	0.14255	0.022374	0.21193	0.014047
100	0.25395	0.006407	0.36335	0.030876	0.269947	0.014331
110	0.56876	0.01108	0.8195	0.037644	0.28727	0.012211
120	1.15892	0.01147	1.55123	0.04558	0.405565	0.014675
130	2.15763	0.01239	2.89939	0.060619	0.525356	0.063447
140	3.78207	0.009192	5.14255	0.115528	0.624561	0.08134

Tab. 8. Średnie opóźnienia dla poszczególnych intensywności [s]

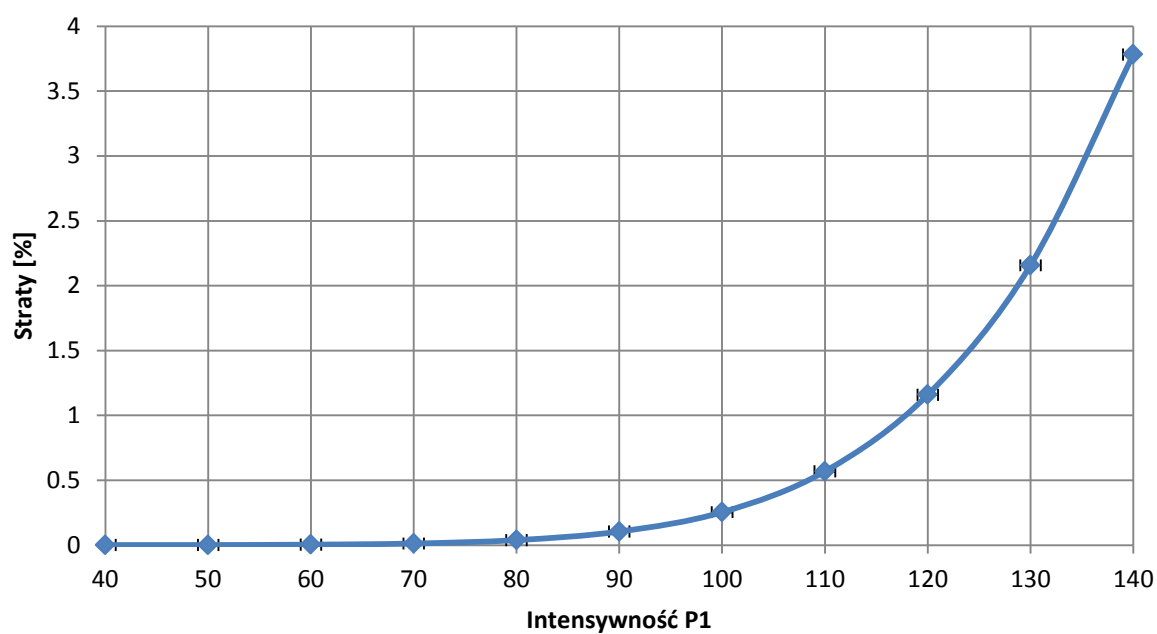
P1	Średnie Opóźnienie			
	1. typu	Przedział	2. typu	Przedział
40	0.0100683	4.32E-06	0.0243085	2.11E-05
50	0.0104969	6.61E-06	0.0249874	4.01E-05
60	0.010994	6.17E-06	0.0259803	4.68E-05
70	0.0115792	4.43E-06	0.0271637	5.56E-05
80	0.0122764	1.09E-05	0.0289417	6.33E-05
90	0.0131018	1.16E-05	0.0313896	5.02E-05
100	0.0141094	8.86E-06	0.0347588	5.37E-05
110	0.0153252	9.75E-06	0.039747	0.000126683

120	0.0167596	7.52E-06	0.0465035	9.18E-05
130	0.0184435	1.66E-05	0.0558773	0.000208107
140	0.0204029	2.00E-05	0.0702314	0.00014059

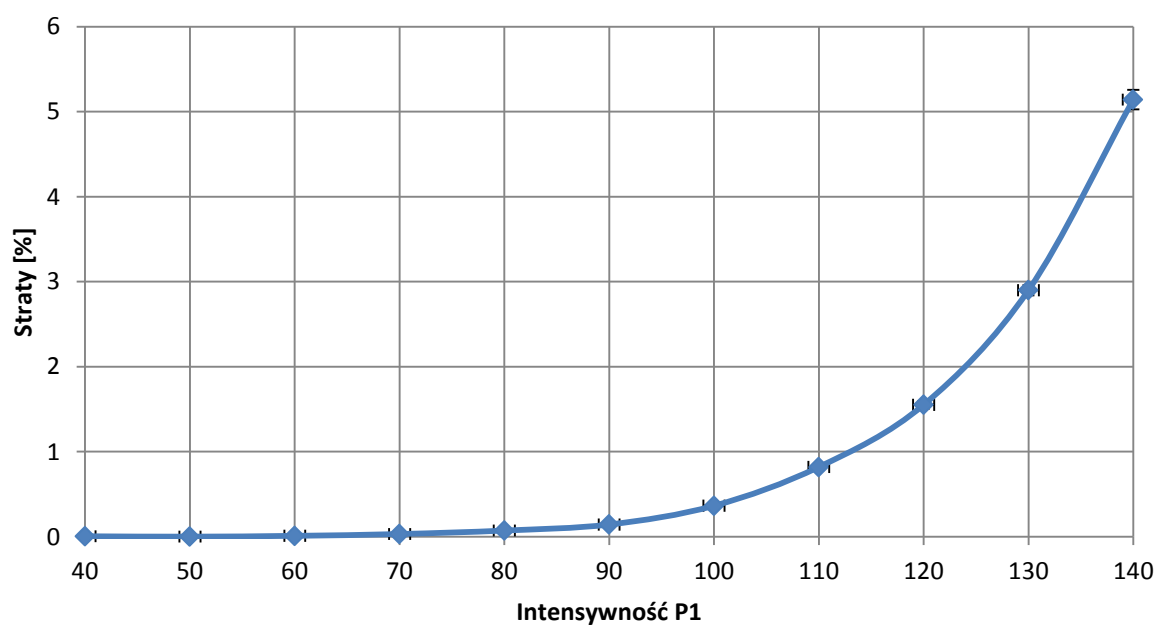
Tab. 9. Średnia zajętość łączu dla poszczególnych intensywności [%]

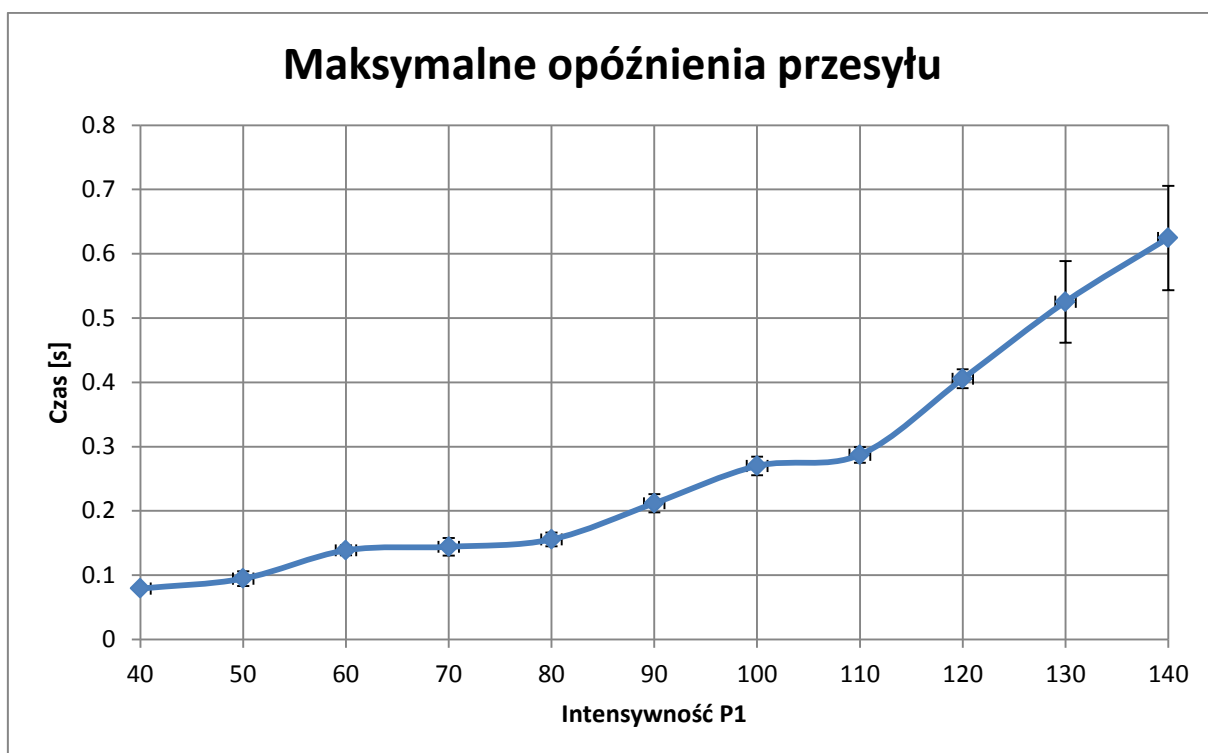
P1	łącze 0		łącze 1		łącze 2		łącze 3		łącze 4	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
40	25.4578	26.1266	25.3736	26.1533	25.7362	26.083	25.6771	26.06	25.549	23.3711
50	31.2926	31.9593	31.2989	31.9649	31.5635	31.8831	31.4295	31.9279	31.3578	29.2072
60	37.1201	37.8651	37.1573	37.8253	37.4408	37.7411	37.3025	37.7831	37.2591	35.0654
70	42.9794	43.6829	43.0851	43.6535	43.3393	43.6098	43.0827	43.6425	43.0324	40.9299
80	48.7571	49.5052	48.9017	49.4654	49.1102	49.4284	48.8968	49.4424	48.8946	46.7181
90	54.5078	55.362	54.6658	55.314	55.0395	55.229	54.6916	55.2617	54.7729	52.5103
100	60.2648	61.1805	60.5288	61.122	60.8168	60.9971	60.436	61.0438	60.554	58.2569
110	66.0227	67.0126	66.1988	66.8733	66.5222	66.7112	66.1876	66.7002	66.2464	63.8799
120	71.5491	72.7749	71.7454	72.5722	72.1389	72.2583	71.8009	72.1548	71.7831	69.2571
130	76.9161	78.4252	77.0263	78.0605	77.4407	77.5874	77.108	77.2816	77.0821	74.2186
140	81.8587	83.9968	81.9267	83.3316	82.4039	82.5634	82.0602	81.8951	82.0858	78.5486
P1	łącze 5		łącze 6		łącze 7		łącze 8		łącze 9	
	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
40	13.0857	13.1399	12.3721	12.9866	12.314	12.9949	13.0835	13.2365	12.4997	12.9995
50	15.9961	16.0732	15.2966	15.8862	15.2869	15.8814	15.9981	16.1468	15.4167	15.885
60	18.9195	19.0315	18.2007	18.8337	18.2163	18.8205	18.9098	19.0854	18.3554	18.8313
70	21.8401	21.971	21.1395	21.7119	21.1776	21.7047	21.871	22.0435	21.2957	21.7388
80	24.743	24.8726	24.014	24.6326	24.0745	24.6365	24.7854	24.9169	24.1932	24.6431
90	27.6208	27.8003	26.8869	27.5617	26.9547	27.5626	27.6712	27.8909	27.1486	27.558
100	30.506	30.7285	29.7587	30.4522	29.8682	30.465	30.5786	30.7972	30.0197	30.4186
110	33.4132	33.6365	32.6094	33.3762	32.6679	33.328	33.4445	33.6823	32.8399	33.2668
120	36.2495	36.5201	35.2997	36.2547	35.3823	36.1667	36.2459	36.559	35.5799	36.0125
130	39.0528	39.3341	37.8635	39.0912	37.9016	38.8644	38.9721	39.3247	38.1159	38.6153
140	41.7331	42.1064	40.1256	41.8904	40.1536	41.4747	41.5618	42.0189	40.3851	41.0016

Straty wiadomości 1. typu



Straty wiadomości 2. typu





Jak widać w powyższych wynikach, bardzo rzadko zdarzają się duże przedziały ufności (przeważnie przy stratach wiadomości dla małych intensywności), zatem symulację można uznać za przeprowadzoną prawidłowo.

Maksymalne opóźnienie przekracza jedną milisekundę (po dodaniu do średniej przedziału ufności) już dla intensywności w liczbie 50 wiadomości na sekundę, zatem spokojnie można uznać że pod tym względem intensywność powinna wynosić:

$$P1 = 40 \frac{\text{wiadomości}}{\text{sekundę}}$$

Oczywiście po przeprowadzeniu dokładniejszych symulacji można by dojść do wniosku, że odpowiednia intensywność znajduje się między 40 a 50.

Inaczej ma się sprawa z utratą paczek. Zarówno dla wiadomości 1. jak i 2. typu 1% zostaje przekroczony przy intensywności równej 120. Zatem patrząc na wynik z tej strony, intensywność powinna wynosić:

$$P1 = 110 \frac{\text{wiadomości}}{\text{sekundę}}$$

Jak widać dla powyższych wyników można uznać, że optymalną wartością zostaje **P1 = 40**. Dla takiej wartości mamy wyniki:

Średni czas przesyłu wiadomości 1. typu = $0,0100683 \pm 4,32 \cdot 10^{-6}s$

Średni czas przesyłu wiadomości 2. typu = $0,0243085 \pm 2,11 \cdot 10^{-5}s$

7. Dyskusja na temat wyników i wnioski.

Obserwując powyższe wyniki łatwo zauważyć, że maksymalne opóźnienie bardzo szybko osiąga wartość jednej milisekundy, zatem głównie względem tego parametru należy dobrać intensywność, przynajmniej w modelu sieci o takich parametrach jak w zadaniu. Straty w wysokości 1% nie są tak rygorystycznym wynikiem. Możliwe jednak, że małe straty są w pewnym stopniu zakłamane statystycznie – z tego względu, że wyliczamy to na podstawie stosunku straconych do sumy straconych i dostarczonych. W mianowniku specjalnie nie jest dawana liczba utworzonych wiadomości, gdyż wprowadzałoby to zakłamanie przez wiadomości, które zostałyby utworzone pod koniec symulacji (nie zdążyłyby zostać dostarczone, co nie byłoby winą systemu samego w sobie). Z drugiej strony, nie bierzemy przez to pod uwagę wiadomości, które bardzo długo przebywały w buforze – dotyczy się to zwłaszcza wiadomości o mniejszym priorytecie. Ciężko więc stwierdzić, czy przyjęty kompromis jest słuszny.

Wracając do opóźnień – zauważyć można, że maksymalne opóźnienie jest przypadkiem bardzo ekstremalnym, jeżeli weźmie się pod uwagę średnie czasy przesyłu wiadomości. Być może zatem ten parametr nie jest aż tak istotny i można by sobie pozwolić na pewne odstępstwo.

Patrząc na zajętość łączy można stwierdzić, że największy ruch ma miejsce na łączach podpiętych do komputerów – te łączące routery ze sobą zwykle mają niemal dwukrotnie mniejszą zajętość. Dla P1 zoptymalizowanego na 40 można zauważyć, że łączy są wykorzystywane w bardzo niewielkim stopniu. W realnej sieci uznalibyśmy to za poważną wadę – najwyraźniej sieć dałoby się mocno uprościć pod względem budowy, aby wykorzystanie łączy było większe – w tym momencie nie są one wykorzystywane przez większość czasu działania.

W kwestii ulepszenia programu – podczas prac nad nim oraz zyskiwania wiedzy na temat przeprowadzania symulacji oraz analiz statystycznych w trakcie semestru – niżej podpisany stwierdza, że pewne rzeczy implementacyjne mogłyby zostać ulepszone w przyszłości. Przede wszystkim opracowywanie statystyk w ramach programu mogłoby zostać zrobione przez dodatkową klasę do obliczeń estymat. O wiele lepszą praktyką byłby też wybór rodzaju warunku zakończenia pętli i obserwowania wtedy tylko interesującego nas parametru.