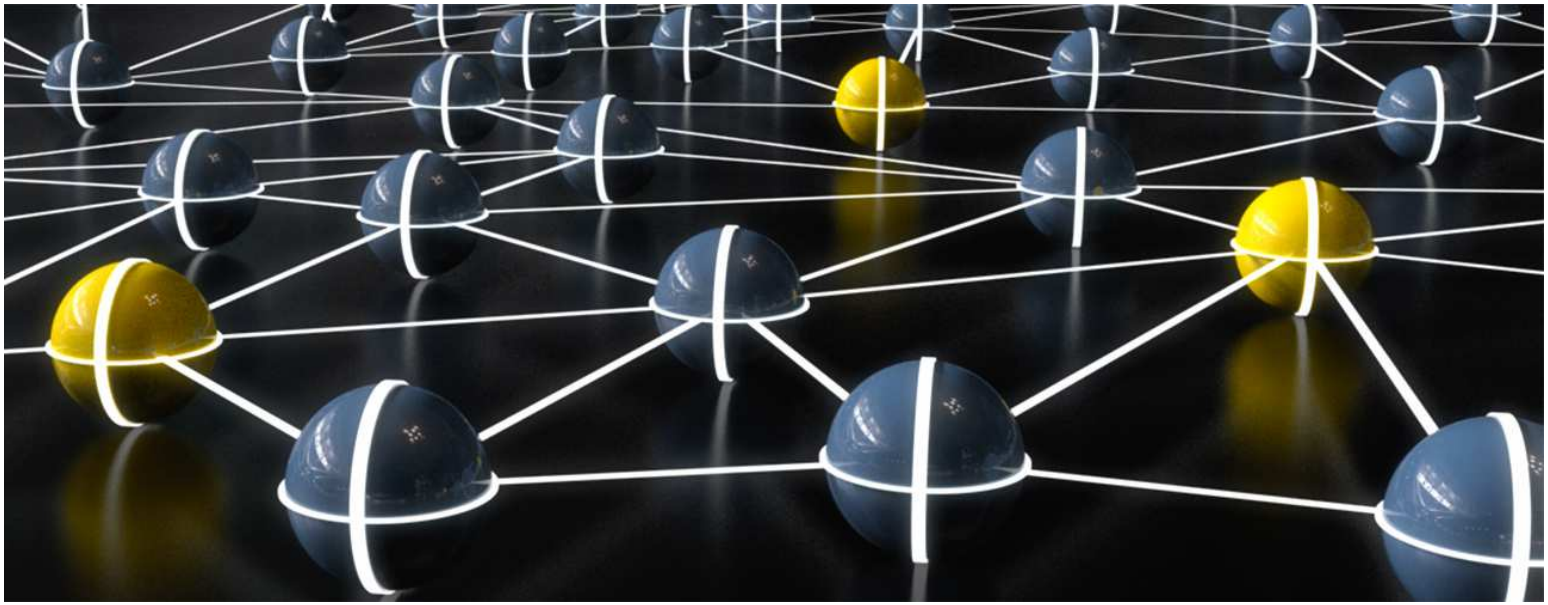


Analiza wydajnościowa klastrowego systemu internetowego

Tomasz RAK

Katedra Informatyki i Automatyki
Politechnika Rzeszowska

6 maja 2015

Klastry...

Agenda

- Modelowanie
- Rozproszony system webowy
- Symulacje z użyciem QPME

Wcześniejsze prace

Modelowanie z użyciem QPN [a]

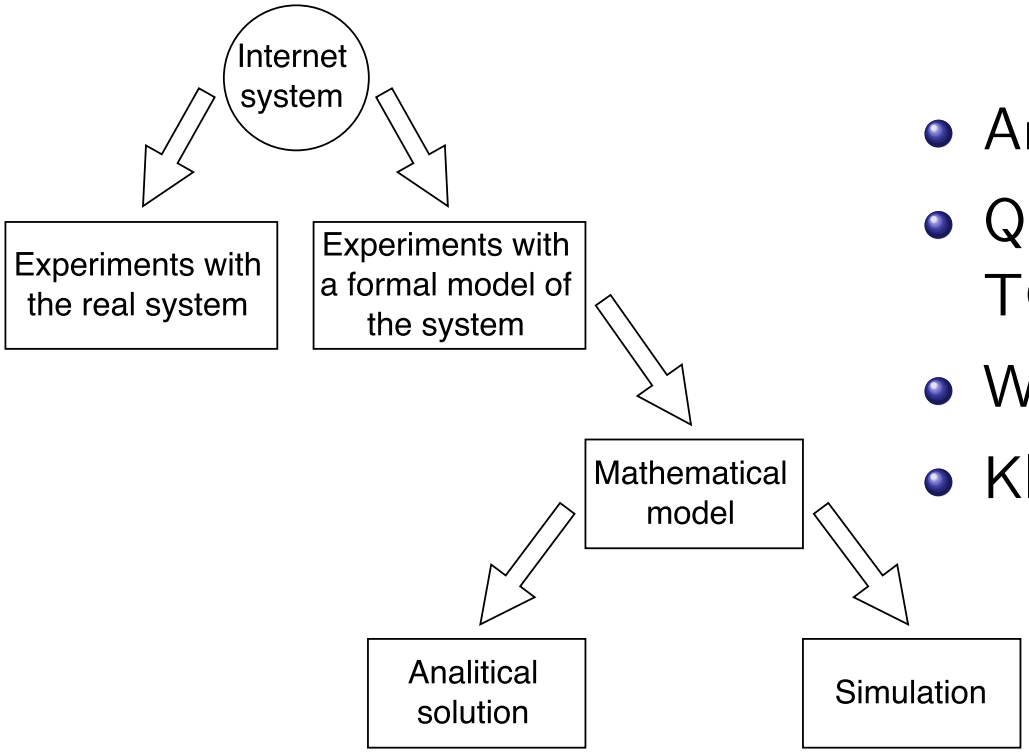
[a] Rak T.: **Performance Analysis of Distributed Internet System Models Using QPN Simulation**, Computer Science and Information Systems (FedCSIS) (**2014**) doi:10.15439/2014F366

Rak T.: **Performance Analysis of Cluster-Based Web System Using the QPN Models**, Information Sciences and Systems, Springer, pp. 239-247 (**2014**) doi:10.1007/978-3-319-09465-6_25

Agenda

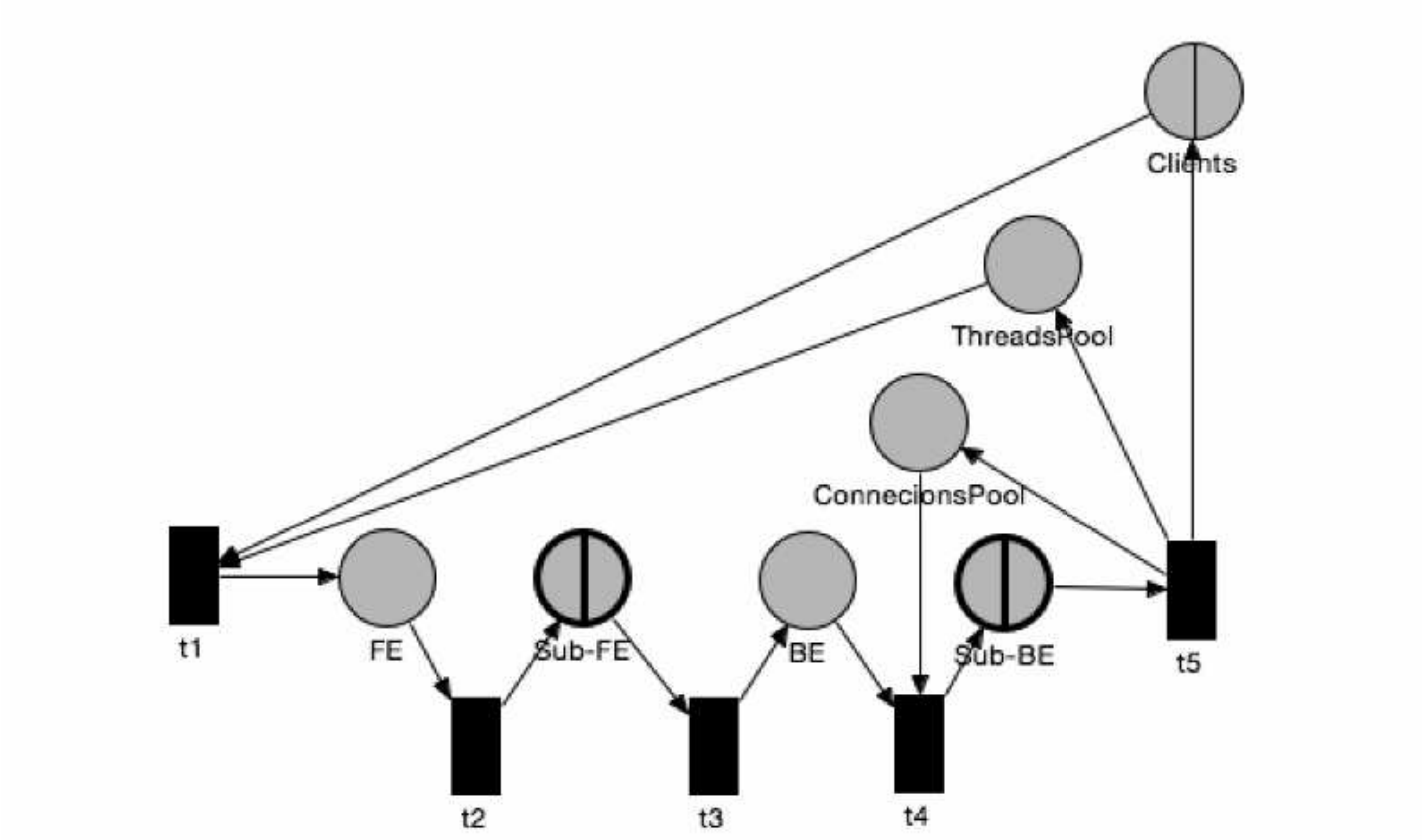
- Modelowanie - `teoria`
- Rozproszony system webowy ↬ 12
- Symulacje z użyciem QPME ↬ 14

Rozwiązania wydajnościowe

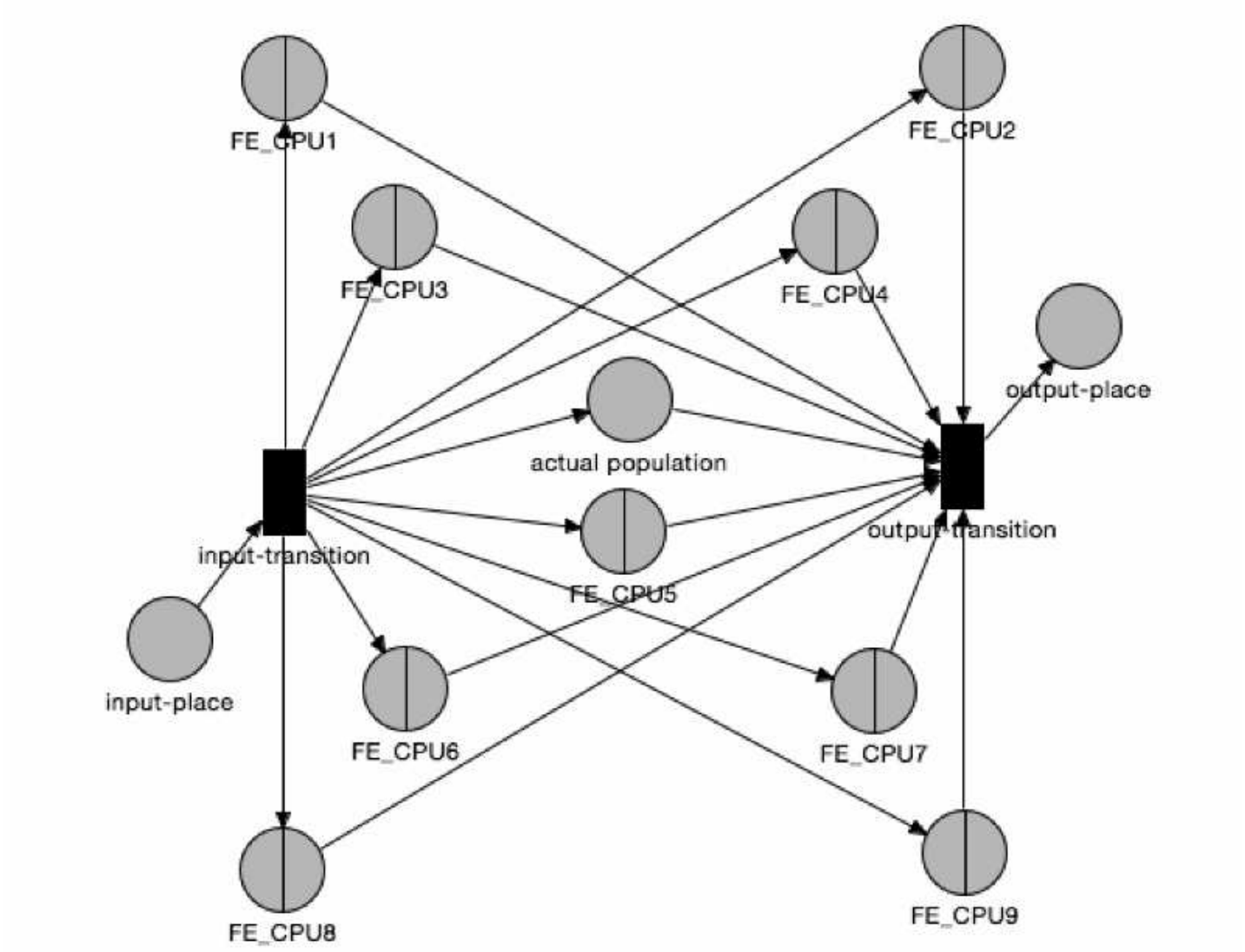


- Analiza wydajnościowa
- QPN=PN+QN (wcześniej TCPN, QN)
- Warstwy (FE, BE)
- Klaster

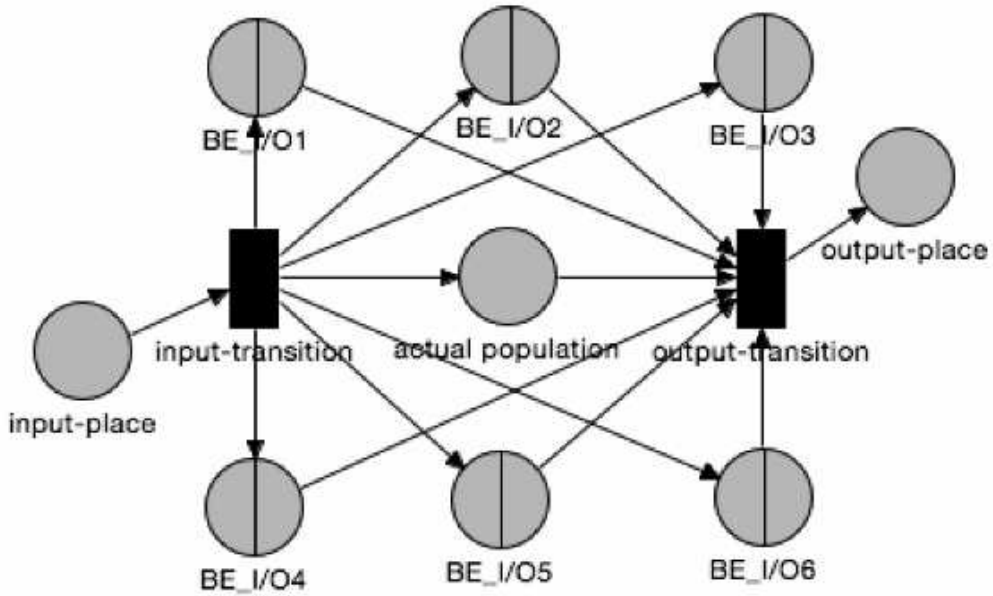
Model DWS


Clients
ThreadsPool
ConnectionsPool
t1
FE
Sub-FE
BE
Sub-BE
t5
t2
t3
t4

Model DWS (FE)


FE_CPU1
FE_CPU2
FE_CPU3
FE_CPU4
output-place
actual population
input-transition
output-transition
FE_CPU5
input-place
FE_CPU6
FE_CPU7
FE_CPU8
FE_CPU9

Model DWS (BE)


BE_I/O1
BE_I/O2
BE_I/O3
output-place
input-transition
actual population
output-transition
input-place
BE_I/O4
BE_I/O5
BE_I/O6

$$CPN = (P, T, C, I, M) \quad (1)$$

where:

- $P = \{p_1, p_2, \ldots, p_i\}$ is a finite and non-empty set of places,
- $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_j\}$ is a finite and non-empty set of transitions,
- $P \cap T = \varnothing$,
- C is a colour function defined from $P \cup T$ into finite and non-empty sets (specify the types of tokens that can reside in the place and allow transitions to fire in different modes),
- $I(p, t)$ are the backward and forward incidence functions defined on $P \times T$, such that $I(p, t) \in [C(t) \longrightarrow C(p)], \forall (p, t) \in P \times T$ (specify the interconnections between places and transitions),
- $M(p)$ is a initial marking defined on P such that $M(p) \in C(p), \forall p \in P$ (specify how many tokens are contained in each place).

$$QPN = (CPN, Q, W) \quad (2)$$

where:

- $Q = (Q_1, Q_2, (q_1, \ldots, q_{|P|}))$, where:
  - $Q_1 \subseteq P$ is a set of timed queueing places,
  - $Q_2 \subseteq P$ is a set of immediate queueing places,
  - $Q_1 \cap Q_2 = \varnothing$,
  - $(q_1, \ldots, q_{|P|})$ is an array with description of places (if p_i is a queueing place q_i denotes the description of a queue with all colors of $C(p_i)$ into consideration or if p_i is the ordinary place (p_i) equals *null*).
- $W = (W_1, W_2, (w_1, \ldots, w_{|T|}))$, where:
  - $W_1 \subseteq T$ is a set of timed transitions,
  - $W_2 \subseteq T$ is a set of immediate transitions,
  - $W_1 \cap W_2 = \varnothing$, $W_1 \cup W_2 = T$,
  - $(w_1, \ldots, w_{|T|})$ is an array (entry $w_j \in [C(t_j) \longmapsto \mathbb{R}^+]$ such that $\forall c \in C(t_j) : w_j(c) \in \mathbb{R}^+$) of:
    - rate of a negative exponential distribution specifying the firing delay due to colour, if $t_j \in W_1$,
    - firing weight specifying the relative firing frequency due to colour, if $t_j \in W_2$.

$$QPN = (P, T, C, I, M, Q, W) \tag{3}$$

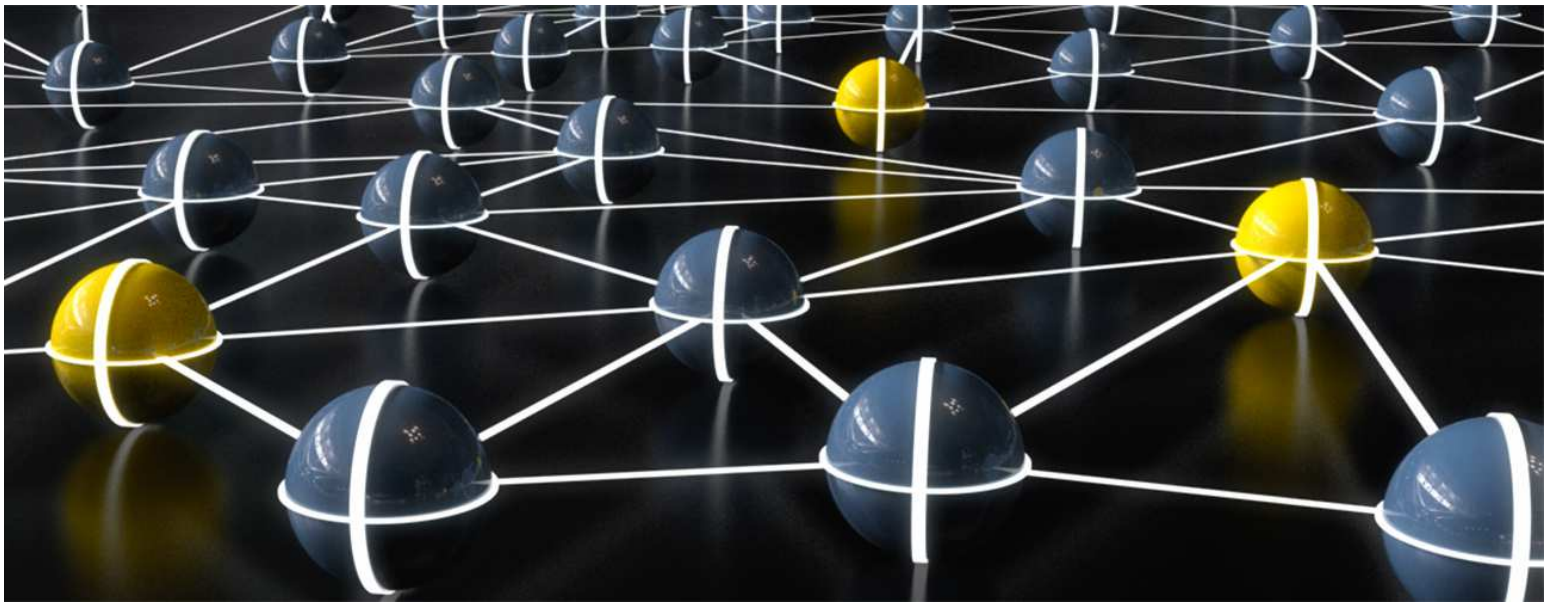
where:

- $P = \{FE, BE, ThreadsPool, ConnectionsPool\}$,
- $T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$,
- $C(t_j)$, where j is number of transition,
- $I(p, t)$,
- $M(p)$,
- $Q = (Q_1, Q_2, (-/M/\infty/IS/\infty_{Clients}, null, -/M/1/PS/\infty_{Sub-FE}, null, -/M/1/FIFO/\infty_{Sub-BE}, null, null)$, where:
  - $Q_1 = \{Clients, FE\_CPU_m, BE\_I/O_n\}$,
  - $Q_2 = \varnothing$,
- $W = (W_1, W_2)$, where:
  - $W_1 = \varnothing$,
  - $W_2 = T$,
  - $\forall c \in C(t_j) : w_j(c) := 1$ (all transition firings are equally likely).

Agenda

- Modelowanie ↬ 5
- Rozproszony system webowy - DWS
- Symulacje z użyciem QPME ↬ 14

Klastry



Agenda

- Modelowanie ↬ 5
- Rozproszony system webowy ↬ 12
- Symulacje z użyciem QPME - `analizy`

Rodzaje symulacji

Wydajność systemu w zależności od:

- obciążenia
- rozmiaru puli wątków FE i połączeń BE
- zmiennej liczby elementów klastra

Parametry, od których zależy czas odpowiedzi

- *Service Demand, Residence Time*
- *Workload Intensivity*

Czas odpowiedzi (response time) jest równy sumie czasów obsługi w poszczególnych zasobach (residence time), gdzie: i - liczba miejsc:

$$R = \sum_{i}^{k=1} R_k^{'} \qquad (4)$$

Czas obsługi w zasobie (residence time) jest sumą czasu spędzonego w kolejce (queueing time) i średniego czasu obsługi dla zasobu (service demand):

$$R_k^{'} = Q_k + D_k \qquad (5)$$

gdzie, czas spędzony w kolejce (czaso oczekiwania) na zasób to $Q_k = \sum_i^{k=1} q_k$ i średni czas obsługi w określonym zasobie to $D_k = \sum_i^{k=1} d_k$.

Średni czas obsługi w określonym zasobie, z wyłączeniem czasu oczekiwania na zasób. Nie zależy od obciążenia!

Całkowity czas odpowiedzi

Całkowity czas odpowiedzi:

$$
\begin{aligned}
&R_{TOTAL} = \\
&R_{CLIENT_{(DEPOSITORY)}} + R_{FE_{(QUEUE)}} + \\
&\sum_{n}^{i=1} R_{FE\_CPUi_{(QUEUE)}} + \sum_{n}^{i=1} R_{FE\_CPUi_{(DEPOSITORY)}} + \\
&R_{BE_{(QUEUE)}} + R_{BE\_CPU_{(QUEUE)}} + R_{BE\_IO_{(QUEUE)}}
\end{aligned}
\tag{6}
$$

- $R_{FE_{(QUEUE)}}$ i $R_{BE_{(QUEUE)}}$ - są to miejsca użyte do zatrzymania przychodzących zapytań, gdy oczekują one na wątki (serwer aplikacji) i procesy (baza danych)

Parametry (1)

Średni czas obsługi dla węzłów w poszczególnych warstwach:

- $d_{FE\_CPU} = 0,714$ [ms]
- $d_{BE\_I/O} = 0,133$ [ms]

Znakowanie początkowe dla miejsc:

- liczba klientów (liczba znaczników w miejscu *Clients*)
- liczba wątków serwera FE (liczba znaczników w miejscu *ThreadsPool*)
- liczba połączeń do serwera BE (liczba znaczników w miejscu *ConnectionsPool*)

Typy znaczników w miejscu (kolor):

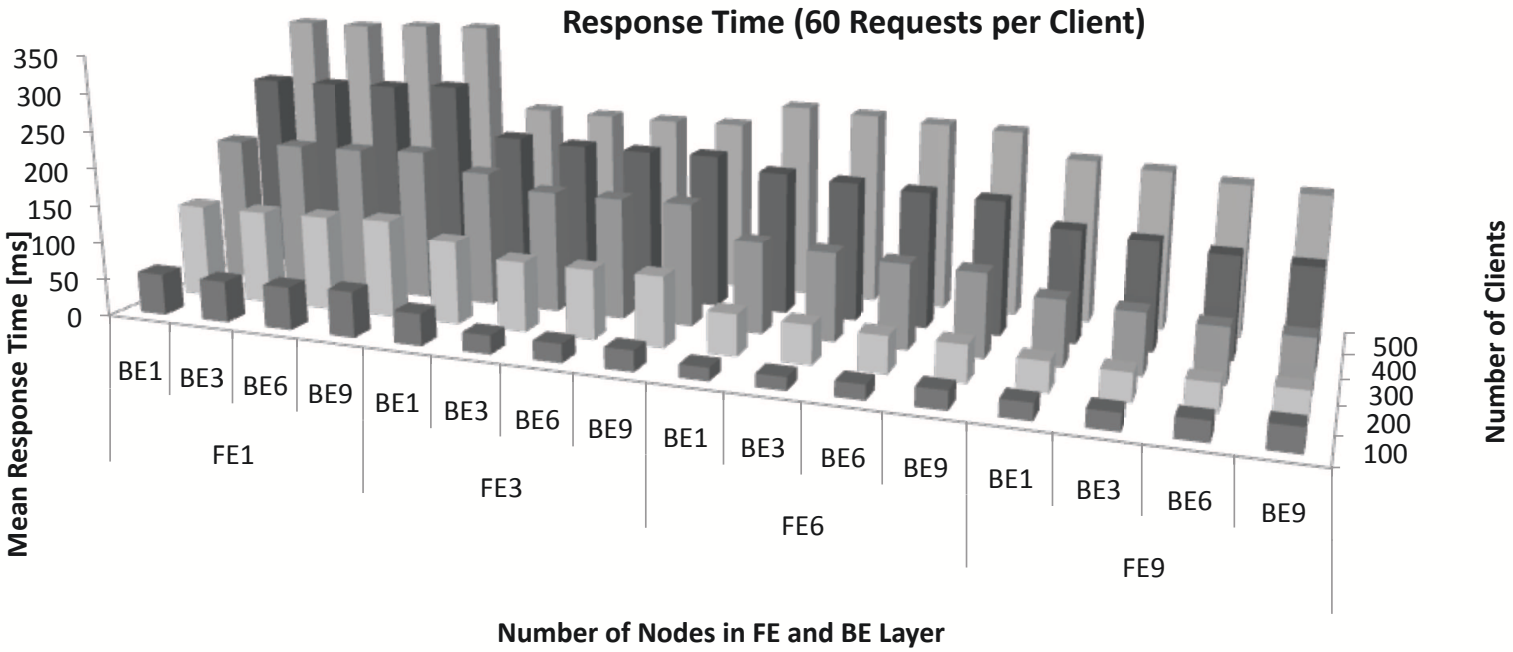
- zapytania (jedna klasa)
- wątki
- połączenia

Parametry (2)

	Elementy/Parametry	Nazwa/Wartość
QPME	Miejsce kolejkowe FE	FE_CPUm[a]
	Miejsce kolejkowe BE	BE_I/On[b]
Oprogramowanie[c]	Miejsce *ThreadsPool*	30[d]
	Miejsce *ConnectionsPool*	40[e]
Obciążenie	λ	0,015; 0,03; 0,045; 0,06[f]
	Miejsce kolejkowe *Clients* [g]	100, 200, 300, 400, 500
	Czas symulacji [s]	300

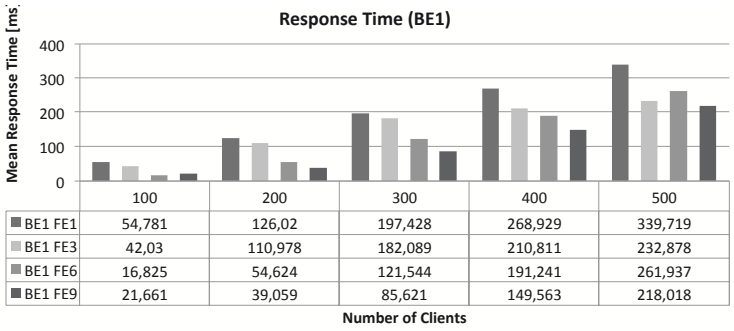
[a] m - Liczba węzłów FE
[b] n - Liczba węzłów BE
[c] Znakowanie początkowe
[d] 30 wątków dla jednego węzła FE, 90 wątków dla trzech węzłów FE, 180 wątków dla sześciu węzłów FE, 270 wątków dla dziewięciu węzłów FE
[e] 40 połączeń dla jednego węzła BE, 120 połączeń dla trzech węzłów BE, 240 połączeń dla sześciu węzłów BE, 360 połączeń dla dziewięciu węzłów BE
[f] Czas namysłu klienta 66,67; 33,33; 22,22; 16,67 [ms] przy obciążeniu: 15, 30, 45, 60 [zapytań na sekundę]

FE (1, 3, 6 i 9) i BE (1, 3, 6 i 9) oraz różna liczba klientów (6000-30000)



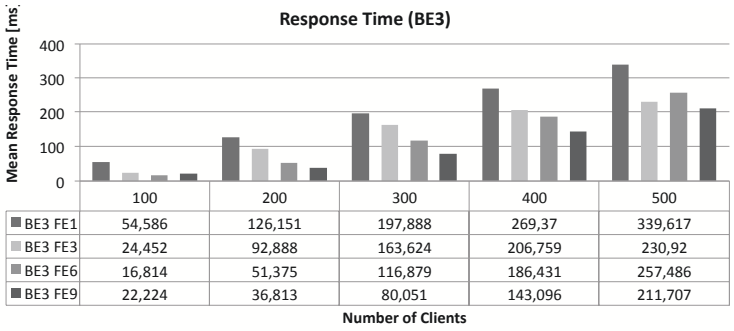
BE (1, 3, 6 i 9) i FE (1, 3, 6 i 9) oraz różna liczba klientów (6000-30000)

a)



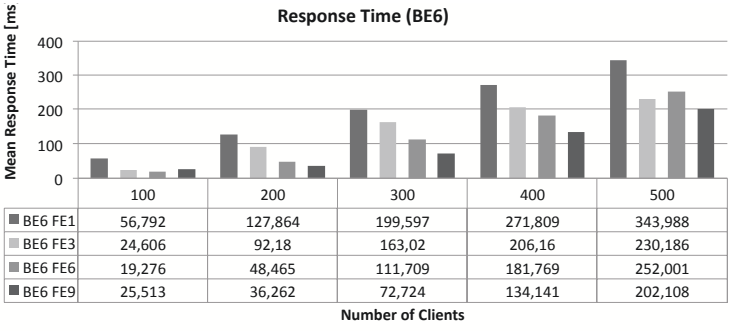
	100	200	300	400	500
BE1 FE1	54,781	126,02	197,428	268,929	339,719
BE1 FE3	42,03	110,978	182,089	210,811	232,878
BE1 FE6	16,825	54,624	121,544	191,241	261,937
BE1 FE9	21,661	39,059	85,621	149,563	218,018

b)



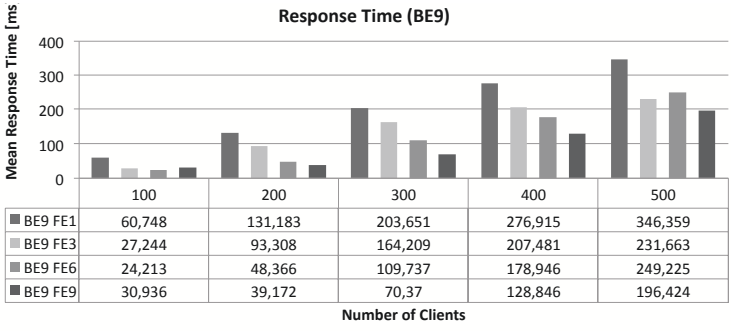
	100	200	300	400	500
BE3 FE1	54,586	126,151	197,888	269,37	339,617
BE3 FE3	24,452	92,888	163,624	206,759	230,92
BE3 FE6	16,814	51,375	116,879	186,431	257,486
BE3 FE9	22,224	36,813	80,051	143,096	211,707

c)



	100	200	300	400	500
BE6 FE1	56,792	127,864	199,597	271,809	343,988
BE6 FE3	24,606	92,18	163,02	206,16	230,186
BE6 FE6	19,276	48,465	111,709	181,769	252,001
BE6 FE9	25,513	36,262	72,724	134,141	202,108

d)



	100	200	300	400	500
BE9 FE1	60,748	131,183	203,651	276,915	346,359
BE9 FE3	27,244	93,308	164,209	207,481	231,663
BE9 FE6	24,213	48,366	109,737	178,946	249,225
BE9 FE9	30,936	39,172	70,37	128,846	196,424

Wnioski z przeprowadzonych prac

- Przygotowano modele symulacyjne
- Analiza wyników

Przyszłe prace

Charakterystyka obciążenia (model klienta):

- Klasy zapytań
- Użycie elementów sprzętowo-programowych przez poszczególne klasy

Różne typy/klasy klientów to różne zachowania

Różne sposoby przybywania zapytań, popytu na usługi czy trasowania sieciowego.

Response Time Analysis of Distributed Web Systems Using QPNs

Mathematical Problems in Engineering (Mathematical Problems in Petri Nets Theory and Applications)

Hindawi Publishing Corporation

Dziękuję za uwagę!

Modelowanie 5

Rozproszony system webowy 12

Symulacje z użyciem QPME 14

Simulations can be used as experiments.