

# Systemy rozproszone | Technologie middleware, cz. I

Łukasz Czekierda, Wydział Informatyki AGH ([luke@agh.edu.pl](mailto:luke@agh.edu.pl)) (2025)

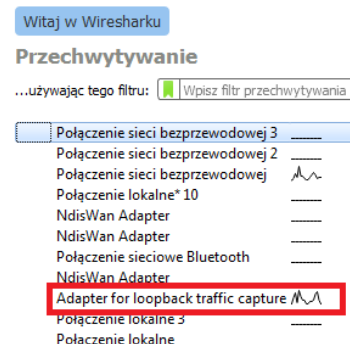
## 1. Przygotowanie do zajęć i weryfikacja środowiska

Co będzie potrzebne:

- java
- IDE: IntelliJ
- Wireshark z możliwością przechwytywania pakietów przechodzących przez interfejs loopback, alternatywnie: dwa komputery z możliwością wzajemnej komunikacji
- Zeroc ICE (wersja 3.7.10): <https://zeroc.com/>
- Apache Thrift: (wersja 0.21.0): <https://thrift.apache.org/>

Weryfikacja czy wszystko jest gotowe na zajęcia:

- `console# slice2java --version` # 3.7.10
- `console# thrift --version` # 0.21.0
- wireshark: dla opcji z interfejsem loopback: rysunek z prawej



## 2. Wykonanie ćwiczenia

Zadania opisane w punktach 2.2 i 2.3 są realizowane przez Studentów na zajęciach samodzielnie lub w grupach dwuosobowych. Punkty niezrealizowane w czasie zajęć mają być dokończone w domu.

### 2.1 Wprowadzenie

Prowadzący wprowadzi Studentów w temat ćwiczenia sprawdzając równocześnie ich przygotowanie do zajęć.

### 2.2 Zeroc ICE

Na platformie UPEL znajdują się kody źródłowe aplikacji klient-serwer napisanej w języku Java. Struktura projektu jest akceptowana przez IntelliJ. Wykonaj poniższe kroki zastanawiając się nad odpowiedzią na podane pytania. Cenne jest także nieznaczne samodzielne rozszerzanie zakresu ćwiczenia (w miarę wolnego czasu).

1. Otwórz projekt w IDE.
2. Zapoznaj się z zawartością pliku `slice/calculator.ice`.
3. Skompiluj plik z definicją interfejsu (.ice): otwórz okno konsoli i z poziomu głównego katalogu projektu wydaj polecenie `slice2java --output-dir generated slice/calculator.ice`. Jak skompilować plik dla aplikacji tworzonych w języku Python? A C++? Sprawdź.
4. Wynikiem komplikacji jest generacja nowych plików stanowiących kod źródłowy języka programowania (katalog **generated**). Jeśli IDE nie realizuje automatycznego odświeżania w razie zmian zawartości projektu na dysku, należy wymusić to odświeżenie. Występujące wcześniej błędy kompilacji powinny zniknąć.
5. **Analiza kodu źródłowego.** Zapoznaj się ze strukturą projektu. Co znajduje się w poszczególnych katalogach, w tym w katalogu **generated** – jak nazywają się znajdujące się tam klasy i skąd pochodzą ich nazwy?
6. **Analiza kodu źródłowego.** Przejrzyj kod źródłowy zawarty w katalogu **src** w następującej kolejności: 1. klasa serwanta, 2. klasa serwera, 3. klasa klienta.
7. Uruchom serwer. Jakiego/jakich gniazd(a) używa? Jakim poleceniem systemowym można sprawdzić jakie gniazda są powiązane z danym procesem `netstat -ano`? Sprawdź.
8. Uruchom klienta. Korzystając z interaktywnego interfejsu użytkownika (menu) wywołaj operacje **add** oraz **subtract**. Uzupełnij implementację.
9. Odpowiedz na poniższe pytania:
  - Jak nazywają się zmienne (nie: pola) serwantów implementujących kalkulator?
  - Ile sztuk obiektów obecnie udostępnia klientom serwer? Jak się one nazywają?
  - Z którym obiektem ICE skomunikował się klient?
  - Z którym obiektem Java (tj. serwantem) (nazwa zmiennej) komunikował się klient?
  - W jaki sposób klient uzyskał referencję do tego konkretnego obiektu (tj. co zawiera referencja)?
  - Co się stanie jeśli klient zrealizuje wywołanie na nieistniejącym obecnie obiekcie (przetestuj)?

10. **Strategia: wiele obiektów, wspólny serwant.** W kodzie serwera skojarz nowy obiekt o nazwie **calc33** i kategorii **calc** z dotychczasowym serwantem. Przetestuj działanie komunikacji z oboma obiektami (np. w kodzie klienta utwórz drugą zmienną będącą referencją do drugiego zdalnego obiektu lub uruchom drugą instancję klienta). Sprawdź czy serwant może wiedzieć, na rzecz jakiego obiektu realizuje konkretne wywołanie (podpowiedź: \_\_current.id);
11. **Strategia: wiele obiektów, każdy z dedykowanym serwantem.** Stwórz nowy (dodatkowy) obiekt serwanta i skojarz z nim obiekt o nazwie **calc33** i kategorii **calc**. Przetestuj działanie aplikacji w komunikacji z oboma obiektami naraz.
12. **Analiza komunikacji sieciowej.** Przetestuj działanie komunikacji z użyciem Wireshark (warto dodać odpowiedni filtr, np. **ip.addr==127.0.0.2**). Czy Wireshark rozumie strukturę wiadomości przesyłanych protokołem Ice? Jakie informacje zawiera żądanie, a jakie odpowiedź? Co trzeba zmienić w kodzie/konfiguracji klienta i/lub serwera, by mogła zachodzić komunikacja w scenariuszu, w którym klient i serwer są na różnych maszynach? Zastanów się dwa razy zanim udzielisz (niepoprawnej) odpowiedzi...
13. **Komunikacja sieciowa.** Wraz z kolegą/koleżanką ze stanowiska obok utwórz zespół – aplikacja jednego z jego członków niech będzie serwerem, a drugiego – komunikującym się z nim klientem. Przetestuj (także wynik prac w kolejnym punkcie).
14. **Sekwencje.** Rozbuduj interfejs (**slice**) o nową operację **avg** wyliczającą średnią z sekwencji N podanych liczb typu **long**. Użyj właściwych typów do reprezentacji sekwencji i wartości zwracanej. Zadbaj również o elegancką obsługę sytuacji, w której długość sekwencji wynosi zero (tj. zadeklaruj i obsłuż wyjątek). W razie potrzeby sięgnij do dokumentacji Ice (<https://doc.zeroc.com/ice/3.7/the-slice-language>). Działaj zgodnie z metodyką budowy aplikacji middleware: najpierw zmodyfikuj i skompiluj plik **.slice**, potem zaimplementuj nową operację w klasie serwanta (jej dokładną sygnaturę wskaże Ci IDE), rozbuduj klienta o dodatkowe wywołanie i przetestuj działanie aplikacji.
15. **Operacje idempotentne.** Ice pozwala zadeklarować operację jako idempotentną (w interfejsie **slice**). Co to daje? Jakie operacje mogą być tak oznaczone? Które z operacji interfejsu **Calc** mogą być tak oznaczone?

*Komunikacja sieciowa w porównaniu do komunikacji w ramach jednego procesu charakteryzuje się znacznie większym opóźnieniem. Do wzrostu opóźnienia może się także przyczynić niewłaściwie zaimplementowany lub wyskalowany serwer. Warto dołożyć starań, by osiągnąć jak najlepszą efektywność i ergonomię aplikacji rozproszonej.*

16. **Wywołanie blokujące (synchroniczne) – symulacja dużego opóźnienia.** Zrealizuj takie wywołanie operacji **add** w kliencie (przejrzyj istniejące pozycje w menu klienta), by wywołanie metody serwanta (tj. po stronie serwera) trwało długo (zobacz na jej aktualną implementację) i przetestuj komunikację.
17. **Wywołania nieblokujące (asynchroniczne).** Prześledź i przetestuj istniejące wzorcowe wywołania **add-asyn1** oraz **add-asyn2-req** i **add-asyn2-res**. Odpowiedz na poniższe pytania:
  - Co składa się na opóźnienie tak realizowanego zlecenia wywołania asynchronicznego z perspektywy klienta (tj. dokąd trafia to wywołanie) i skąd jest odbierany rezultat?
  - W jakich przypadkach warto w taki (tj. nieblokujący) sposób realizować wywołania zdalne?
  - Czy każde zdalne wywołanie powinno być realizowane jako nieblokujące?
18. **Puła wątków adaptera.** Domyślna wielkość puli wątków adaptera w Ice wynosi **1** (spróbuj to przetestować, np. wywołując nieblokująco więcej niż jedno wywołanie naraz (np. „**op-asyn1b 100**”) lub uruchamiając kolejną instancję klienta i wywołując długotrwałą operację), co oczywiście w systemie produkcyjnym nie jest zazwyczaj akceptowalne. Bardziej zaawansowane aspekty działania aplikacji Ice są definiowane w pliku konfiguracyjnym, dla serwera zazwyczaj ma on nazwę **config.server**. Jaka wielkość puli wątków jest tam ustawiona? Użyj ten plik do konfiguracji serwera (dotąd cała konfiguracja była w kodzie źródłowym) zmieniając w kodzie serwera sposób inicjalizacji adaptera **ObjectAdapter** i startując serwer z argumentem wywołania (**program arguments**): **--Ice.Config=config.server**. Zauważ różnicę w działaniu serwera w aspekcie puli wątków adaptera i w działaniu klienta (czas oczekiwania).

*W wielu scenariuszach minimalizacja ilości danych (lub optymalizacja sposobu ich dostarczania) w komunikacji rozproszonej jest krytyczna. Ice przewiduje kilka mechanizmów mogących ją poprawić: są to m.in. kompresja wiadomości, wywołania oneway, wywołania datagramowe i agregacja żądań.*

19. **Efektywność komunikacji – wywołania oneway.** Na czym polega wywołanie **oneway**? Jakie są wymogi dla takiej realizacji? Które z operacji interfejsu **Calculator** mogą być tak zrealizowane? Przetestuj: wywołaj **add** i **op** zmieniając wcześniej tryb pracy *proxy* na **oneway** (kod klienta od ok. 120. linii). Na czym polega różnica w komunikacji sieciowej (dialog klienta z serwerem) w stosunku do tradycyjnego wywołania (tj. **twoway**)?
20. **Efektywność komunikacji – wywołania datagramowe.** Na czym polega wywołanie **datagram**? Jakie są wymogi dla takiej realizacji? Które z operacji interfejsu **Calculator** mogą być tak zrealizowane? Przetestuj: wywołaj **add** i **op** zmieniając wcześniej tryb pracy *proxy* na **datagram**. Na czym polega różnica w komunikacji sieciowej (dialog klienta z serwerem) w stosunku do tradycyjnego wywołania (tj. **twoway**)?
21. **Efektywność komunikacji – kompresja wiadomości.** Kompresja wiadomości jest wykonywana przez zewnętrzną bibliotekę – do projektu zostały pliki **jar** odpowiedzialne za jej przeprowadzanie (**bzip2** i **commons-compress**

znajdujące się w katalogu **lib**). W konfiguracji adaptera serwera i *proxy* klienta została dodana opcja **-z** aktywująca ją. Przetestuj komunikację pod tym kątem realizując wywołania operacji **op** oraz **op2** – użyj Wireshark (spójrz na pole *Compression Status* w nagłówku wiadomości Ice). Drugie z nich powinno być skompresowane – dlaczego tylko drugie? A co z odpowiedziami serwera? Kiedy aktywacja kompresji jest pożądana? Kompresję możesz wyłączyć wołając z menu klienta **compress off** (jeśli dezaktywacja nie zadziała, usuń opcję **-z** z konfiguracji proxy dla danego protokołu). Więcej o kompresji tu: <https://doc.zeroc.com/ice/3.7/ice-protocol-and-encoding/protocol-compression>.

Uwaga: Wireshark nie umie parsować skompresowanych wiadomości pisząc *'too many batch requests'*.

22. **Efektywność komunikacji – agregacja wywołań.** Na czym polega korzyść z agregacji wywołań? Jakie są wymogi dla takiej realizacji? Które z operacji interfejsu **Calculator** mogą być tak zrealizowane? Przetestuj: wywołaj kilku(nasto)krotnie **add** i **op** zmieniając wcześniej odpowiednio (czyli na co?) tryb pracy *proxy*. Pamiętaj o „przepchaniu” żądań (**flush**). Na czym polega różnica w komunikacji sieciowej (dialog klienta z serwerem) w stosunku do tradycyjnego wywołania (tj. **twoway**)? Uwaga: na potrzeby obserwacji ruchu w Wireshark, wcześniej zdezaktywuj kompresję wiadomości.
23. **Efektywność komunikacji – czas podtrzymywania połączenia TCP.** Kiedy należy zamknąć ustanowione na potrzeby wywołania połączenie TCP? Szybko – kolejne wywołanie będzie musiało ustanowić nowe (opóźnienie, wolny start...). Późno – zużywamy zasoby, zamiast je zwolnić. Za czas utrzymywania połączenia TCP odpowiada m.in. zmienna **Ice.ACM.Timeout** (czas w sekundach). Odkomentuj w pliku konfiguracyjnym klienta (tj. **config.client**) linię zawierającą konfigurację **Ice.Trace.Network=2** i zaobserwuj zdarzenia otwierania i zamykania połączeń TCP (konieczne jest uruchomienie klienta z opcją **--Ice.Config=config.client**). Więcej tu: <https://doc.zeroc.com/ice/3.7/property-reference/ice-acm>
24. **Efektywność komunikacji – analiza ruchu sieciowego.** Plik **ice.pcapng** (UPEL) zawiera zapis przykładowej komunikacji. Prześledź interesujące Cię aspekty komunikacji. Ciekawsze rzeczy to:
- ustanowienie połączenia Ice i wywołanie operacji (#4-#12);
  - wiadomość skompresowana (#14);
  - wiadomości w trybie **batched** dla TCP (#33) i UDP (#35);
  - wiadomości **oneway** dla UDP i TCP (#54 i #108);
  - analiza opóźnień wywołań realizowanych w trybie **oneway** (#54-#63, #104-#123) i **synchronicznie** (#64-#103) – serwant wprowadza opóźnienie 500 ms.

## 2.3 Apache Thrift

Na platformie UPEL znajdują się kody źródłowe aplikacji klient-serwer napisanej w języku Java, a struktura projektu jest akceptowana przez IntelliJ. Wykonaj poniższe kroki zastanawiając się nad podanymi pytaniami. Cenne jest także nieznaczące samodzielne rozszerzanie zakresu ćwiczenia (w miarę wolnego czasu).

1. Zaimportuj projekt do IDE.
2. Skompiluj plik z definicją interfejsu: otwórz okno terminala i z poziomu głównego katalogu projektu wydaj polecenie **thrift --gen java calculator.thrift**. Jak skompilować ten plik dla aplikacji w języku Python?
3. Jeśli IDE nie realizuje automatycznego odświeżania w razie zmian zawartości projektu na dysku, należy wymusić odświeżenie. Występujące wcześniej błędy kompilacji powinny zniknąć.
4. **Analiza kodu źródłowego.** Zapoznaj się ze strukturą projektu i przejrzyj kod źródłowy, w tym wygenerowane pliki źródłowe.
5. Uruchom klienta i serwer oraz przetestuj poprawność działania aplikacji na jednej maszynie. Wywołuj różne operacje w różnych konfiguracjach serwera **simple** (komentując/odkomentowując poszczególne fragmenty jego kodu źródłowego) dla osiągnięcia zrozumienia działania aplikacji.
6. **Rozbudowa interfejsu.** Rozbuduj interfejs o nową, nie bardzo trywialną operację (niekoniecznie arytmetyczną), wykorzystując dostępne typy języka IDL. Zaimplementuj ją i przetestuj działanie aplikacji wywołując nową operację. W razie potrzeby posłuż się dokumentacją: <https://thrift.apache.org/docs/>.
7. **Analiza komunikacji sieciowej.** Prześledź komunikację pomiędzy klientem i serwerem używając Wireshark z odpowiednim filtrem. Ile bajtów (na poziomie pola danych warstwy czwartej) ma pojedyncze wywołanie? Którego protokołu transportowego (L4) używa Thrift?
8. **Zmiana serializacji wiadomości w komunikacji sieciowej.** Zmień w kodzie klienta i serwera sposób serializacji na pozostałe dostępne i zanotuj ile bajtów ma przykładowe wywołanie w każdej z nich. Do pozyskania tych informacji użyj Wireshark. Porównaj z zapisem komunikacji zawartym w pliku **thrift.pcapng** (UPEL) – znajdź te wywołania (były zrealizowane wywoływane w kolejności **binary->compact->json**).
9. **Podejście obiektowe czy usługowe?** Zaobserwuj (testując), w jaki sposób wykorzystując **TBinaryProtocol** jest możliwe udostępnienie dla zdalnych wywołań kilku obiektów (implementujących ten sam lub różne interfejsy IDL) naraz.
10. **Podejście obiektowe czy usługowe?** Zaobserwuj (testując), w jaki sposób wykorzystując **TMultiplexedProcessor** jest możliwe udostępnienie dla zdalnych wywołań kilku obiektów (implementujących ten sam lub różne interfejsy IDL) naraz.