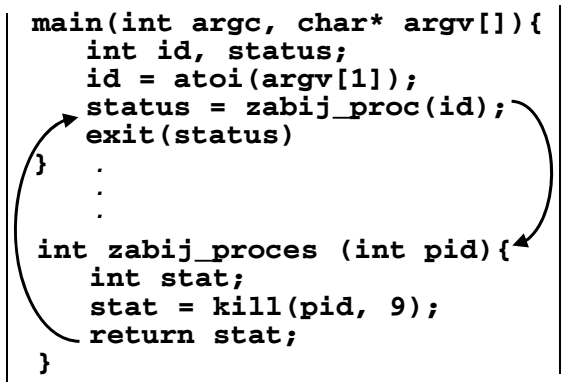
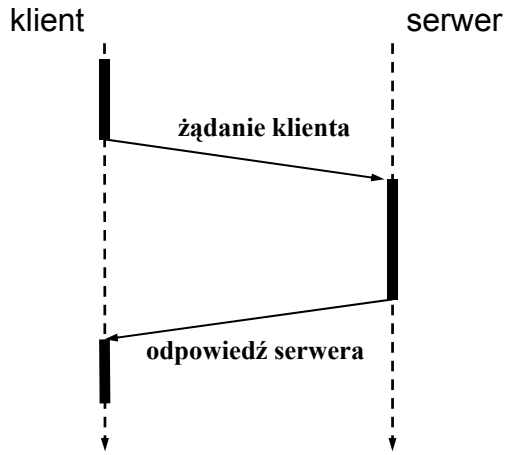
Wywoływanie procedur zdalnych

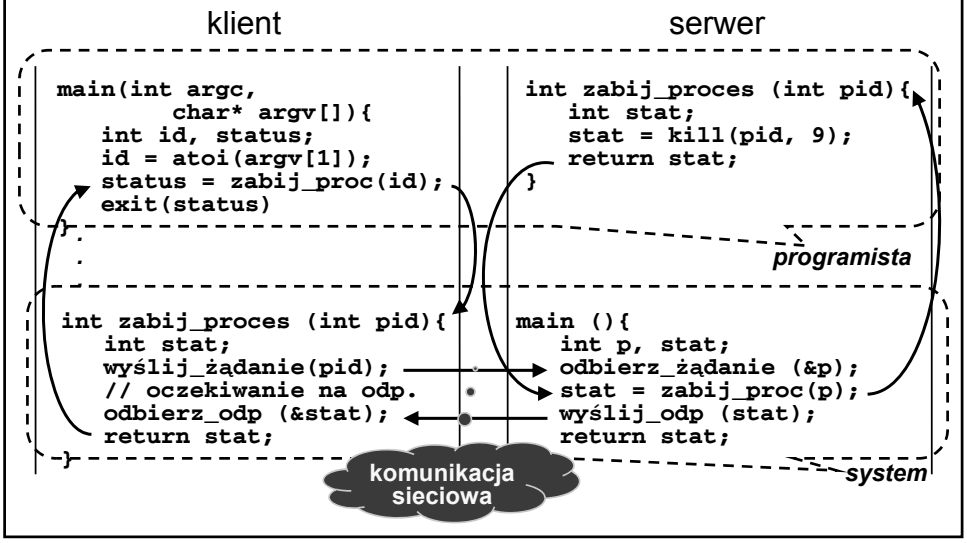
Mechanizm wywołania procedury



Schemat interakcji klient-serwer (transakcja komunikatu)



Semantyka wywołania procedury w komunikacji sieciowej



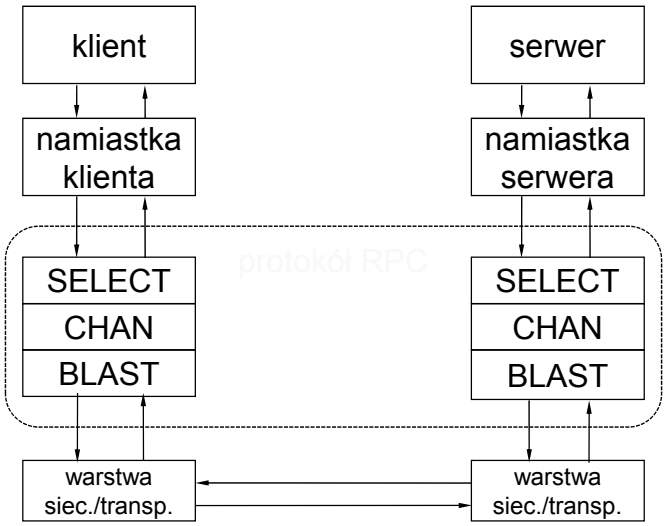
RPC — zagadnienia projektowe

- Przeźroczystość dostępu — ukrycie komunikacji sieciowej przed aplikacją przez odpowiednie opakowanie funkcji komunikacyjnych namiastką klienta oraz serwera.
- Gwarancja wykonania — ukrywanie błędów komunikacyjnych
- Specyfikacja interfejsu — sposób opisu sygnatur procedur zdalnych (nazwy, typy parametrów)
- Obsługa sytuacji wyjątkowych

RPC — przezroczystość dostępu

- Namiastka klienta (ang. client stub) — udostępnienie aplikacji klienckiej procedury lokalnej odpowiedzialnej za przesłanie danych do serwera oraz odebranie wyników
- Namiastka serwera (ang. server stub) — udostępnienie aplikacji po stronie serwera procedury lokalnej odpowiedzialnej za odebranie identyfikatora procedury zdalnej do wywołania, parametrów procedury, a odesłanie wyników lub zgłoszenie wyjątków

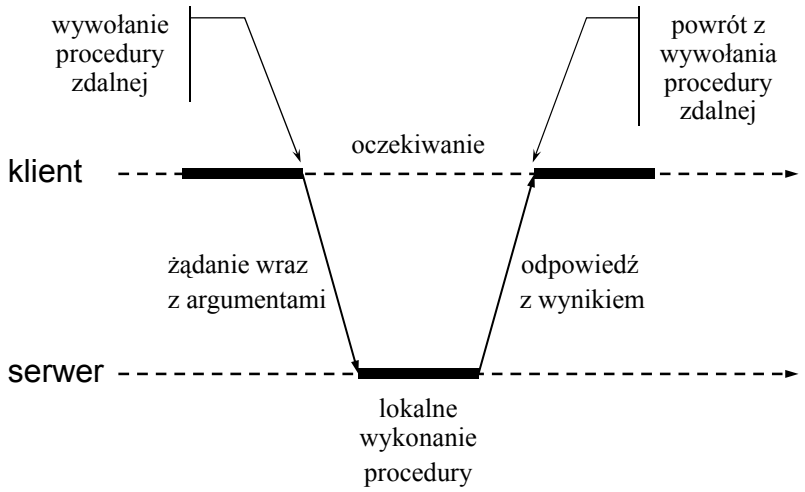
Warstwy protokołu RPC



Interakcja klient-serwer w realizacji wywołania zdalnego

1. Lokalne wywołanie procedury namiastki przez klienta
2. Przygotowanie (upakowanie) danych do wysłania na stronę serwera
3. Wysłanie przygotowanego komunikatu na stronę serwera
4. Odebranie komunikatu przez serwer
5. Rozpakowanie danych
6. Wykonanie procedury zdalnej
7. Przygotowanie (upakowanie) danych z odpowiedzią dla klienta
8. Wysłanie przygotowanego komunikatu na stronę klienta
9. Odebranie komunikatu przez namiastkę klienta
10. Rozpakowanie komunikatu i zwrócenie klientowi wyniku

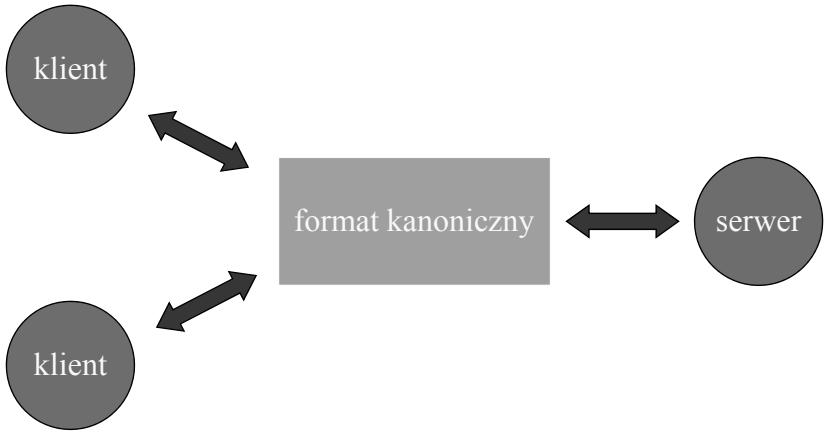
Diagram przestrzenno-czasowy interakcji klient-serwer



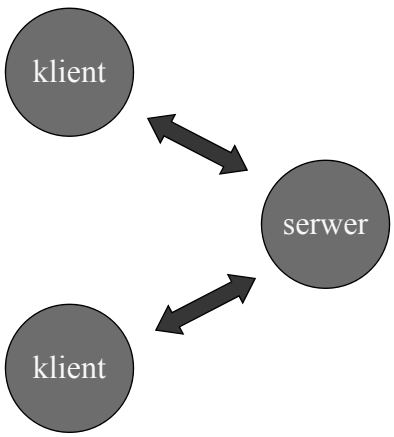
RPC - przekazywanie parametrów

- przekazywanie przez wartość (ang. call-by-value) — problem reprezentacji danych (np. różnice w kodowaniu znaków, różnice w kolejności bajtów, formaty liczb zmiennopozycyjnych)
- przekazywanie przez referencje (ang. call-by-reference) — problem zinterpretowania wartości wskaźnika w innej przestrzeni adresowej
- przekazywanie przez kopiowanie i odtwarzanie (ang. call-by-copy/restore) — utworzenie kopii parametru po stronie procedury i zapis dokonanych tam zmian w procesie klienta po jej zakończeniu (problem opisu struktur danych w celu prawidłowego zidentyfikowania wszystkich składowych)

Reprezentacja kanoniczna



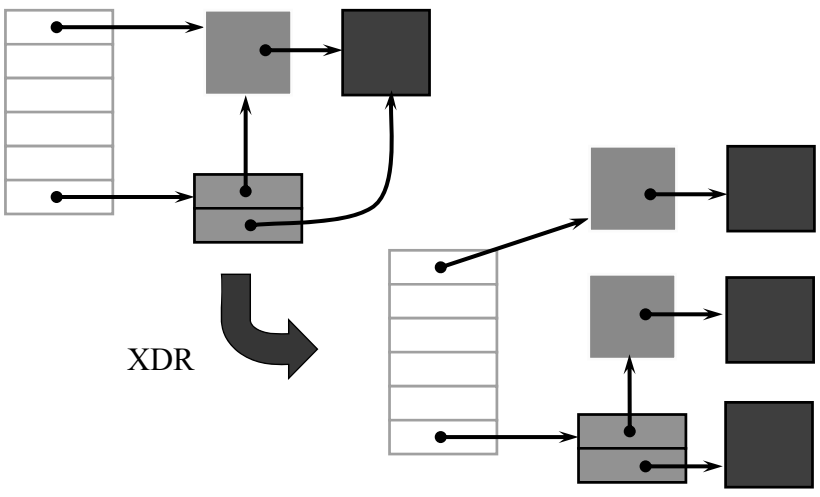
Konwersja bezpośrednia



Przekazywanie referencji przez kopiowanie i odtwarzanie

1. Skopiowanie wskazanej wartości do bufora komunikacyjnego i wysłanie do serwera.
2. Wywołanie po stronie serwera procedury zdalnej ze wskaźnikiem na kopię wartości utworzoną po stronie serwera.
3. Skopiowanie zmodyfikowanej wartości z przestrzeni adresowej serwera do bufora komunikacyjnego i przesłanie z powrotem do klienta.
4. Umieszczenie odebranej wartości w miejscu wskazywanym przez referencję po stronie klienta.

Kopiowanie i odtwarzanie — przykład złożonej struktury danych



RPC — gwarancja wykonania

- Semantyka *ewentualnie* — brak gwarancji, procedura mogła się wykonać lub mogła się nie wykonać.
- Semantyka *co najmniej raz* — po uzyskaniu **odpowiedzi z wynikiem** od serwera klient ma pewność, że wywoływana procedura wykonała się co najmniej raz.
- Semantyka *co najwyżej raz* — po uzyskaniu **odpowiedzi z wynikiem** od serwera klient wie, że wywoływana procedura wykonała się dokładnie raz.

Jak należy zinterpretować przypadek wystąpienia błędu (wyjątku) w wywołaniu procedury zdalnej?

- Semantyka *dokładnie raz* — niemożliwa do uzyskania, jeśli system narażony jest na awarie (np. serwera lub łączy).

Specyfikacja interfejsu

- Opis interfejsu w języku implementacji (np. Ada, Java RMI)
- Opis interfejsu w języku specjalnym, niezależnym od implementacji (CORBA — IDL, Sun RPC — rpcgen)

RPC — zagadnienia realizacyjne

- Przetwarzanie interfejsu
- Wiązanie klienta z serwerem
- Obsługa komunikacji klient-serwer
- Realizacja semantyki błędu
- Problem osieroconych obliczeń

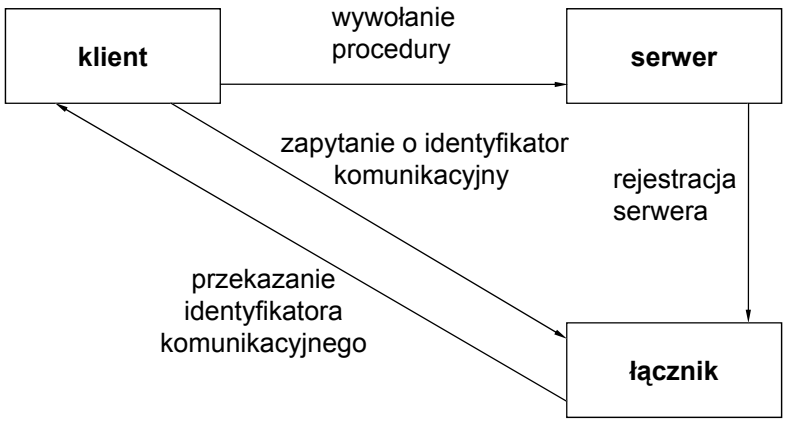
Przetwarzanie interfejsu procedur zdalnych

- Generowanie namiastki klienta
- Generowanie namiastki serwera
- Generowanie przykładowego programu klienta (client sample)
- Generowanie wzorca do implementacji procedur zdalnych (template)
- Generowanie plików do zarządzania kompilacją

Wiązanie klienta z serwerem

- Wiązanie statyczne — klient ma na stałe wprowadzony identyfikator komunikacyjny serwera (np. para: adres IP, nr portu).
- Wiązanie dynamiczne — klient uzyskuje adres serwera za pośrednictwem łącznika (np. portmap, lub rpcbind w Sun RPC).

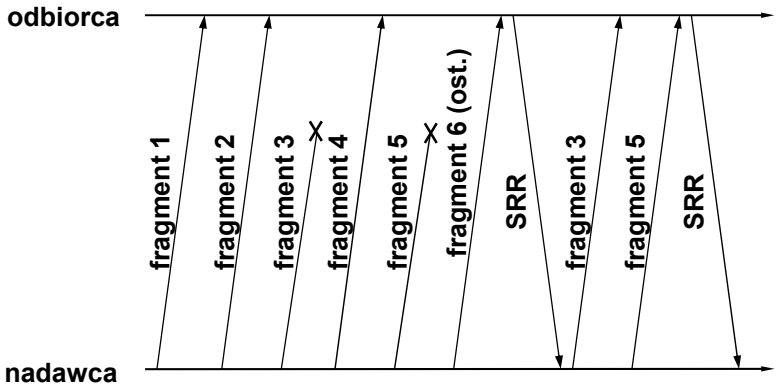
Wiązanie dynamiczne klienta z serwerem



Obsługa komunikacji klient-serwer

- BLAST — realizuje przesyłanie dużych komunikatów poprzez podział na mniejsze części, transmisję poszczególnych części i ponowne złożenie w jeden komunikat po stronie odbiorczej,
- CHAN — synchronizuje wymianę komunikatów z żądaniami wywołania procedur oraz odpowiedziami,
- SELECT — rozdziela i przekazuje komunikaty z żądaniami do odpowiednich procesów.

BLAST



BLAST — nadawca

1. otrzymanie bloku z w wyższej warstwy stosu protokołów i podział bloku na fragmenty
2. wysłanie kolejno poszczególnych fragmentów do odbiorcy (ze specjalnym oznaczeniem ostatniego fragmentu)
3. ustawienie czasomierza (ang. timer) DONE
4. jeśli dotarł SRR z informacją o brakujących fragmentach, to wysłanie brakujących fragmentów i przejście do pkt. 3
5. jeśli dotarł SRR z informacją o odebraniu wszystkich fragmentów,
   to SUKCES
6. jeśli DONE = 0 // minął czas oczekiwania
   to BŁĄD

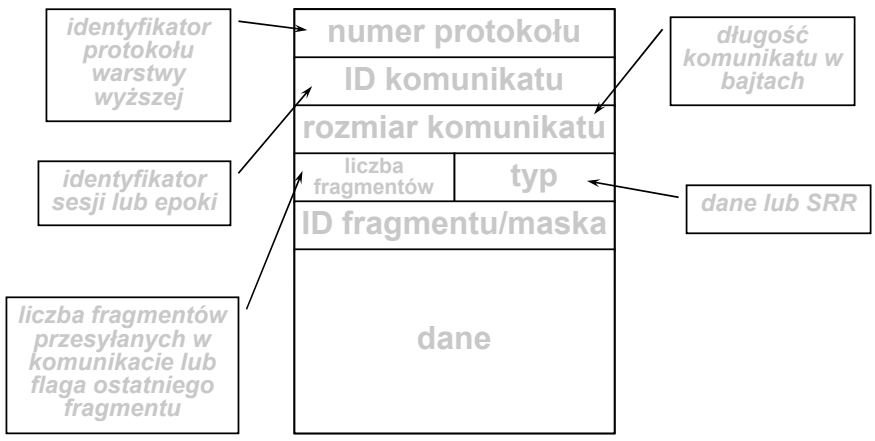
BLAST — odbiorca (1)

1. po odebraniu pierwszego komunikatu z fragmentem bloku danych:
   inicjalizacja struktur danych do przechowywania poszczególnych bloków, umieszczenie odebranego fragmentu w odpowiedniej strukturze
   ustawienie licznika powtórzeń na 0
2. ustawienie czasomierza LAST_FRAG
3. po odebraniu kolejnego (ale nie ostatniego) komunikatu: umieszczenie nadesłanego fragmentu bloku w odpowiedniej strukturze i przejście do pkt. 2

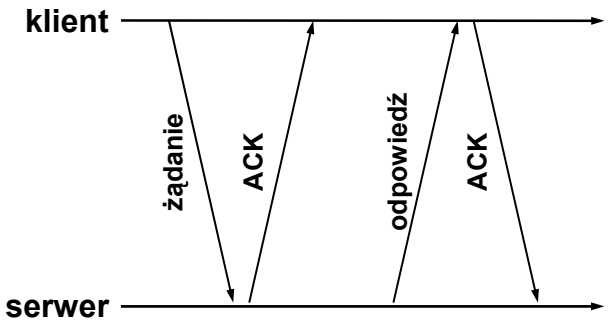
BLAST — odbiorca (2)

4. jeśli LAST_FRAG = 0, to przejście do pkt. 8
5. po odebraniu ostatniego komunikatu umieszczenie nadesłanego fragmentu bloku w odpowiedniej strukturze i sprawdzenie kompletności bloku
6. jeśli blok jest kompletny to wysłanie komunikatu SRR i przekazanie bloku do wyższej warstwy stosu protokołów
7. jeśli blok nie jest kompletny przejście do pkt. 8
8. jeśli licznik powtórzeń jest mniejszy od 3, to wysłanie komunikatu SRR z informacją o brakujących blokach, zwiększenie licznika powtórzeń o 1 i przejście do pkt. 2 w przeciwnym razie rezygnacja z odbioru

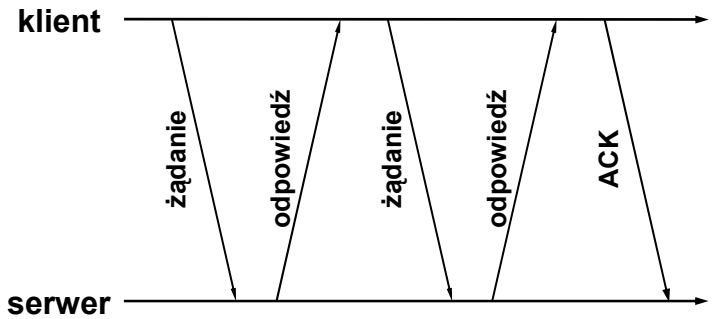
BLAST — format komunikatu



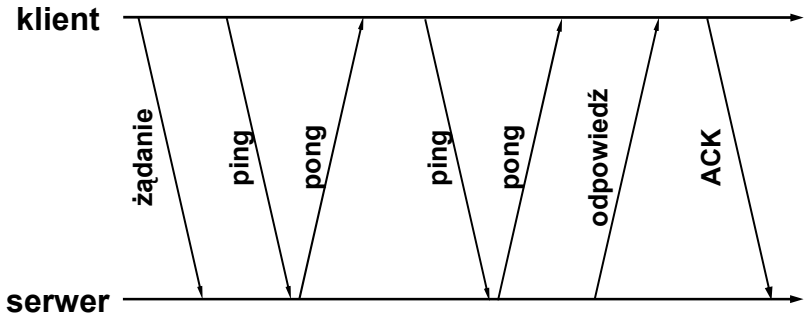
CHAN



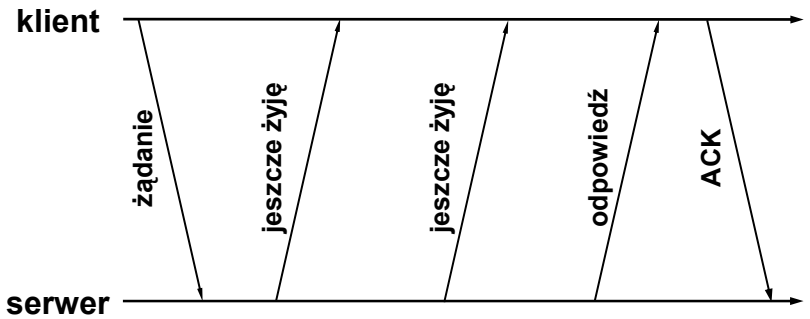
CHAN — domniemane potwierdzenia



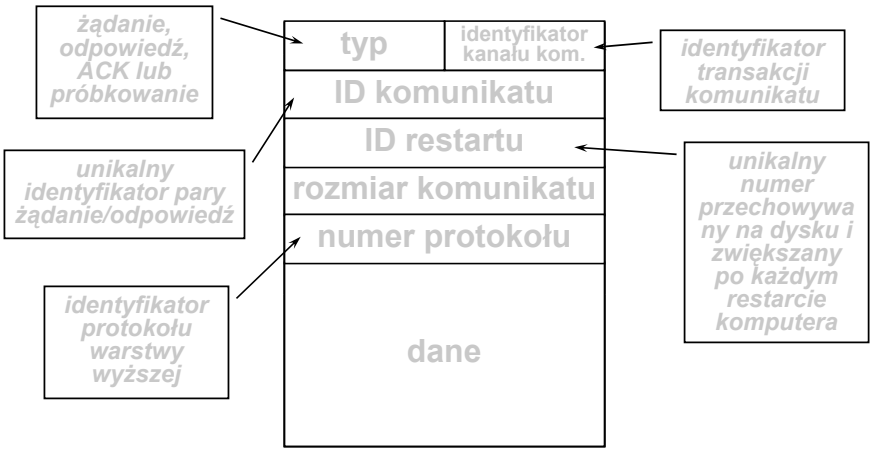
CHAN — próbkowanie serwera



CHAN — „bicie serca”



CHAN — format komunikatu



Realizacja semantyki błędu

- nie można zlokalizować serwera — zgłoszenie wyjątku
- zaginione żądanie — retransmisja żądania po upłynięciu ustalonego czasu oczekiwania
- zaginiona odpowiedź — retransmisja żądania
  - stosowanie procedur idempotentnych
  - numerowanie żądań i retransmisja odpowiedzi
- awaria serwera
  - przed podjęciem realizacji → retransmisja żądania
  - po wykonaniu →zgłoszenie wyjątku
- awaria klienta — osierocenie obliczeń

Usuwanie osieroconych obliczeń (1)

- Eksterminacja — rejestrowanie działań podejmowanych przez klienta na nośniku niewrażliwym na awarie i usuwanie na tej podstawie osieroconych obliczeń po restarcie klienta.
- Reinkarnacja — każdy restart klienta rozpoczyna nową epokę (identyfikowaną przez numer kolejny), po której usuwane są wszystkie obliczenia związane z poprzednią epoką.

Usuwanie osieroconych obliczeń (2)

- Łagodna reinkarnacja — reinkarnacja, w której usuwa się tylko te obliczenia rozpoczęte w starej epoce, dla których nie ma właściciela.
- Wygaśnięcie — przydział określonego czasu *T* serwerowi na wykonanie procedury. Jeśli wykonanie nie zakończy się w czasie *T*, serwer musi uzyskać kolejny przydział, pod warunkiem, że obliczenia nie zostały osierocone. Jeśli klient odczeka czas *T* przy restarcie, osierocone obliczenia same się zakończą.

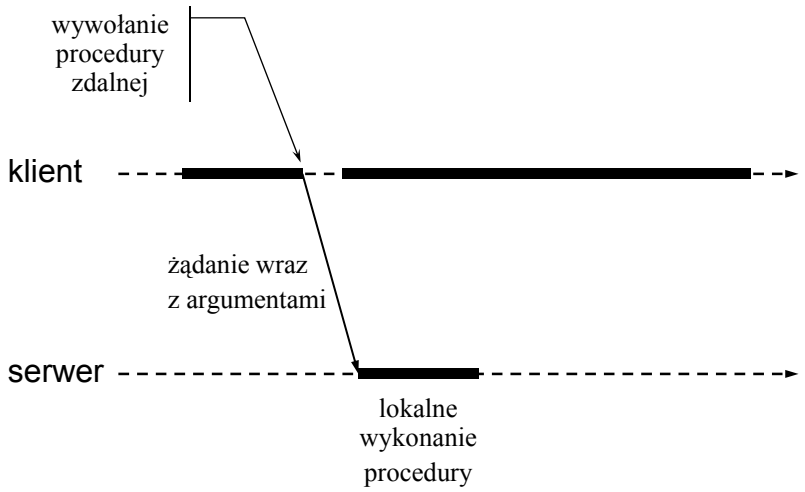
SELECT

- Po stronie klienta: odwzorowanie wywoływanej procedury na jej identyfikator, przekazywany do serwera.
- Po stronie serwera: zlokalizowanie wywoływanej procedury na podstawie identyfikatora.

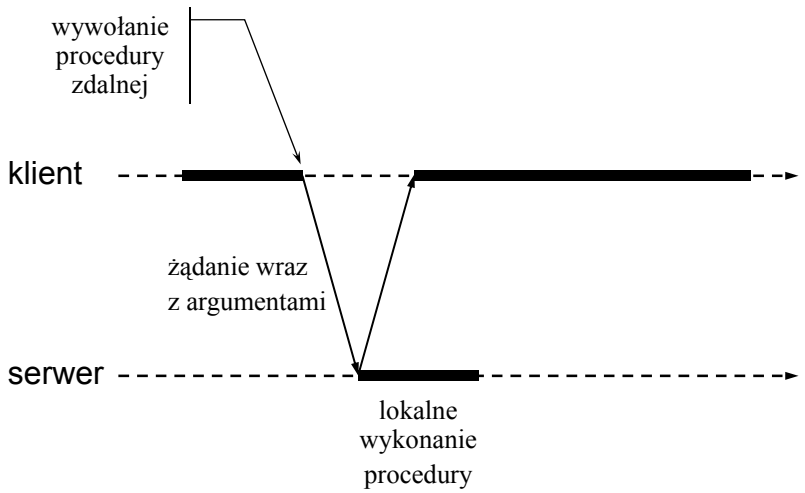
Warianty użycia mechanizmu RPC

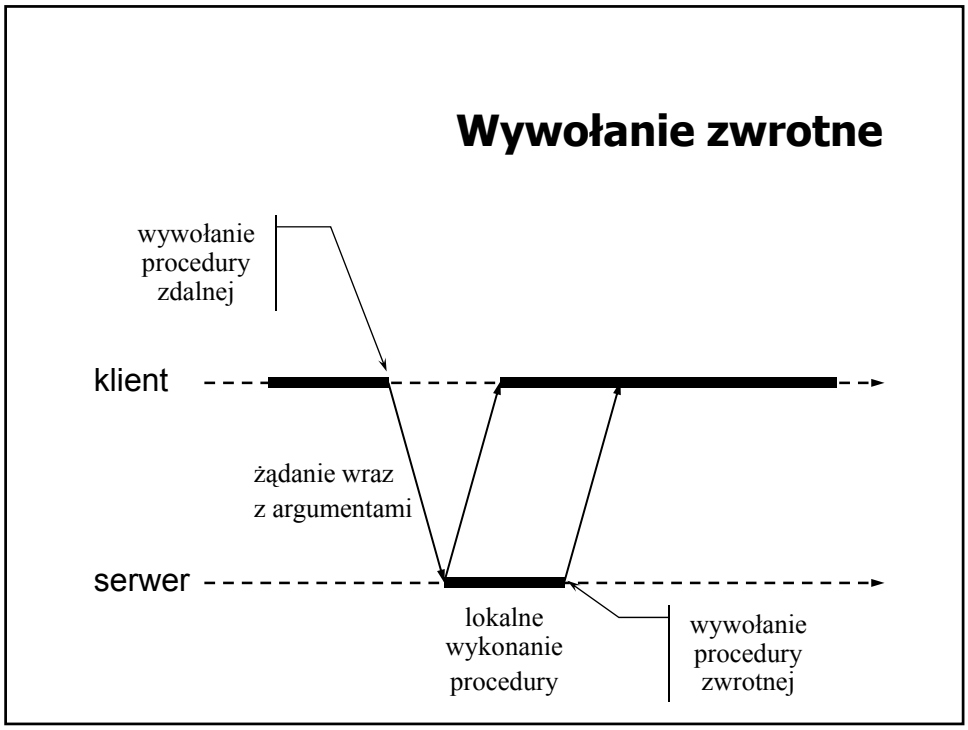
- Wywołanie asynchroniczne
- Wywołanie zwrotne

Wywołanie asynchroniczne



Wywołanie asynchroniczne z potwierdzeniem odbioru




Wywołanie zwrotne
wywołanie procedury zdalnej
klient
żądanie wraz z argumentami
serwer
lokalne wykonanie procedury
wywołanie procedury zwrotnej