AGH

AKADEMIA GÓRNICZO-HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE

Systemy operacyjne
Wykład 10

Wersja 2024

dr inż. Marek Wilkus **http://home.agh.edu.pl/~mwilkus**
Wydział Inżynierii Metali i Informatyki Przemysłowej
AGH Kraków

Na podstawie programu opracowanego przez dr inż. Krzysztofa Wilka

AGH

Systemy rozproszone

Wg Wikipedii:

- **System rozproszony** to zbiór niezależnych urządzeń (komputerów) połączonych w jedną, spójną logicznie całość. Połączenie najczęściej realizowane jest przez sieć komputerową. Urządzenia są wyposażone w oprogramowanie umożliwiające współdzielenie zasobów systemowych.
- Jedną z podstawowych cech systemu rozproszonego jest jego **transparentność**, inaczej przezroczystość, która stwarza na użytkownikach systemu rozproszonego wrażenie pojedynczego i zintegrowanego systemu.

AGH

Systemy rozproszone - cechy

- Współdzielenie zasobów - wielu użytkowników systemu może korzystać z danego zasobu (np. drukarek, plików, usług, itp.)
- Otwartość - podatność na rozszerzenia, możliwość rozbudowy systemu zarówno pod względem sprzętowym, jak i oprogramowania
- Współbieżność - zdolność do przetwarzania wielu zadań jednocześnie
- Skalowalność - zachowanie podobnej wydajności systemu przy zwiększeniu skali systemu (np. liczby procesów, komputerów, itp.)
- Odporność na błędy - zdolność działania systemu mimo pojawiania się błędów (np. poprzez utrzymywanie nadmiarowego sprzętu)
- Transparentność, przeźroczystość - postrzeganie systemu przez użytkownika jako całości, a nie poszczególnych składowych.

AGH

Otwartość

- Usługi muszą być zgodne ze standardowymi regułami opisującymi ich składnię i semantykę (np. protokoły sieciowe).
- Specyfikacja interfejsu musi być kompletna i neutralna.

Programy od różnych dostawców MUSZĄ współpracować ze sobą, o ile spełniają warunek zgodności interfejsów

Przenośność – aplikacja stworzona dla jednego systemu może być uruchomiona w innym bez potrzeby dokonania jakichkolwiek zmian.

AGH

Cechy rozproszone w aplikacjach użytkowych

- Program matematyczny Maxima: Obliczeniowy „rdzeń” może działać na jednym komputerze, a wiele egzemplarzy GUI się do niego łączy.
- Program symulacyjny: Solwer działa na mocnym, pojedynczym serwerze, użytkownicy wysyłają mu przygotowane na swoich komputerach symulacje i oglądają gotowe wyniki.
  - Backend: np. RDP, ale i SMB!
  - ...do tego jeszcze może działać MPI.

AGH

Przezroczystość

- Dostępu
- Położenia
- Migracji (wędrówki)
- Przemieszczenia
- Zwielokrotnienia
- Współbieżności
- Awarii
- Trwałości

Dostępu: Przez ujednolicenie metod dostępu do danych i ukrywanie różnic w ich reprezentacji.

Przezroczystość (c.d.)

- **Położenia**: użytkownicy nie mogą określić jednostkowego położenia zasobu, np. na podstawie jego nazwy lub jednolitego identyfikatora.
- **Migracji**: można przenosić zasoby między serwerami bez zmiany odwoływania się do nich.
- **Przemieszczenia**: możliwość przenoszenia zasobów nawet podczas ich używania.
- **Zwielokrotniania**: użytkownik nie zauważa faktu zwielokrotniania zasobów
- **Współbieżności**: możliwość współbieżnego przetwarzania nie powodującego utraty spójności.
- **Awarii**: niezauważalne zastępowanie uszkodzonych węzłów.
- **Trwałości**: maskowanie sposobu przechowywania zasobu (pamięć lub dysk).

Praktyka

- Wiele systemów skutecznie udaje cechy systemów rozproszonych.
- Większość rozwiązań programowych nie implementuje całości tych rozwiązań…
- ...jednak zazwyczaj pełne rozproszenie nie jest wymagane.

Skalowalność

- Pod względem rozmiaru (możliwość dodawania nowych zasobów i użytkowników).
- Geograficzna (rozrzucenie zasobów i użytkowników po całym świecie).
- Administracyjna (skuteczna, mimo że administracja systemem jest rozrzucona).

Skalowalność - realizacja

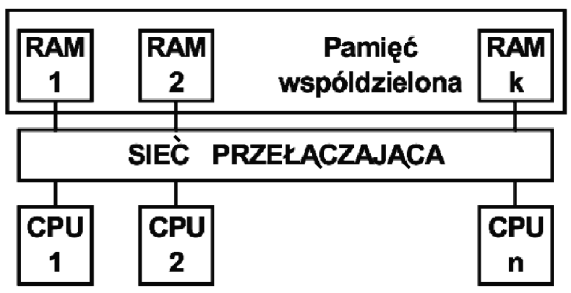
1. Ukrywanie opóźnień komunikacji
   - Komunikacja asynchroniczna
   - Część obliczeń po stronie klienta.
2. Rozproszenie (np. DNS).
3. Zwielokrotnianie
   - Równoważenie obciążenia,
   - Zwiększanie dostępności
   - Zwiększenie niezawodności
   - Caching

Pojawia się problem spójności danych!

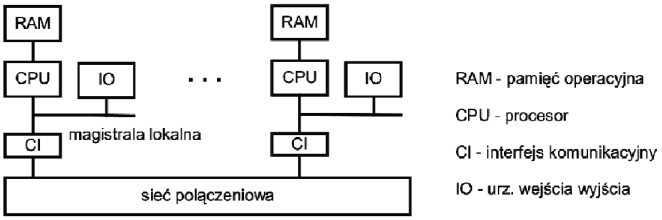
Realizacja sprzętowa

- Systemy
  - wieloprocesory (pamięć współdzielona) (w tym część systemów wielordzeniowych)
  - multikomputery (pamięć odrębna)
- Architektura
  - szyna
  - przełącznik

Multiprocesory (systemy wieloprocesorowe)



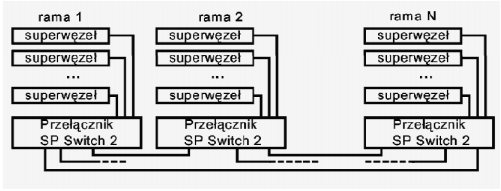
Multikomputery (systemy wielokomputerowe)



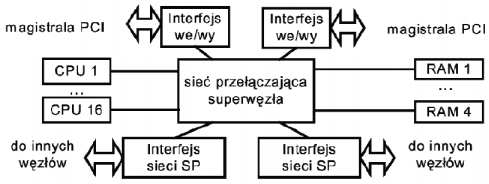
Systemy homogeniczne

- Sieci systemowe – grupa komputerów homogenicznych połączonych siecią
  - Architektura połączeń – szyna lub przełącznik.
  - Topologia połączeń – siatki i hiperkostki.
- Realizacje:
  - Procesory o masywnej równoległości (specjalna sieć). (MPP - Massive Parallel Processing).
  - Klastry, grupy stacji roboczych (sieć standardowa).

Komputery masywnie równoległe



Superwęzeł



Oprogramowanie

1. Systemy operacyjne dla komputerów rozproszonych:

   a) ściśle powiązane (tightly coupled) (zarządzanie wszystkimi globalnymi zasobami przez system) – w wieloprocesorach, komputerach homogeniczych.
   - Ukrywają rozproszenie i zarządzają zasobami sprzętowymi.

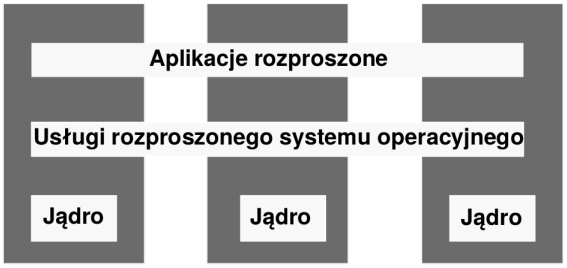
   b) luźno powiązane (loosely coupled) (zbiór współpracujących komputerów z lokalnymi OS) – sieciowe systemy operacyjne.
   - Oferują lokalne usługi klientom zdalnym.

2. Oprogramowanie warstwy pośredniej
   - Zapewniają przezroczystość rozproszenia.

Oprogramowanie: Cele

- Ukrywanie zasobów sprzętowych i zarządzanie nimi, (systemy tightly coupled).
- Oferowanie lokalnych usług klientom zdalnym, (systemy loosely coupled)
- Zapewnianie przezroczystości rozproszenia (w tym systemy z warstwą pośrednią)

Wielokomputerowy system operacyjny



Rozproszona pamięć dzielona

- Efekt pamięci dzielonej uzyskuje się poprzez podział wirtualnej przestrzeni adresowej na strony, których lokalizacje rozrzucone są po wszystkich komputerach.
  Odwołanie do strony nieobecnej lokalnie powoduje wystąpienie pułapki i sprowadzenie strony z węzła posiadającego odpowiednie dane.
- Idea jest więc taka sama jak w przypadku stronicowania, z tym że zamiast lokalnego dysku jako pamięci pomocniczej wykorzystywana jest zdalna pamięć RAM.

Rozproszona pamięć dzielona

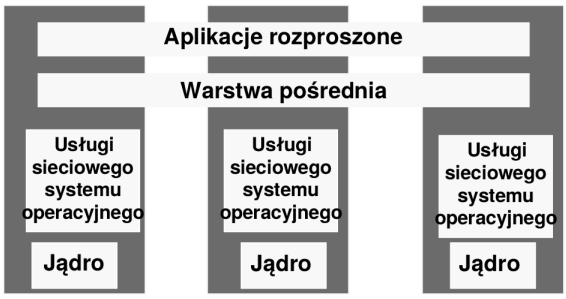
- Stronicowana rozproszona pamięć dzielona jako forma komunikacji.
- Problemy z efektywnością:
  - zwielokrotniania stron tylko do ich odczytu,
  - zwielokrotnianie wszystkich stron bez ich użytkowania,
  - rezygnacja ze ścisłej spójności,
  - fałszywe dzielenie (false sharing - gdy 2 procesy na dwóch procesorach odwołują się do różnych zmiennych, ale na tej samej stronie, strona ta ciągle „wędruje” od procesora do procesora). Naprawiane przez dostosowanie rozmiaru strony.

Sieciowy system operacyjny

Usługi sieciowego systemu operacyjnego

- Praca zdalna (np. rlogin, Remote Desktop, VNC)
- Kopiowanie plików (np. rcp, SFTP, UDP)
- Zdalne uruchamianie oprogramowania i lokalna obsługa jego interfejsu (np. X forwarding),
- Sieciowy system plików
  - Serwer
  - Klient

Oprogramowanie warstwy pośredniej (middleware)



Warstwa pośrednia

- Sieciowy system operacyjny nie oferuje przezroczystości rozproszonego systemu operacyjnego.
- Uzyskanie systemu rozproszonego wymaga wprowadzenia dodatkowej warstwy oprogramowania - warstwy pośredniej, nadbudowującej nad usługami sieciowymi usługi dla systemu rozproszonego.

Warstwa pośrednia (c.d.)

- Sieciowe systemy operacyjne w zakresie komunikacji oferują interfejs gniazd (ang. sockets), umożliwiający komunikację pomiędzy rozproszonymi procesami, ale wymagający wskazania lokalizacji poszczególnych procesów (np. poprzez adresy IP).
- W systemie rozproszonym warstwa pośrednia może dostarczać mechanizmów transparentnej komunikacji, w której procesy identyfikowane są w sposób abstrakcyjny, niezależny od lokalizacji procesów.

Założenia do warstwy pośredniej

- Wszystko jest plikiem (z Unixa) – komunikacja jako zapis/odczyt pliku.
- Zdalne wywołania procedur (RPC) – procedury zdalne jak lokalne (ukrywanie komunikacji).
- Obiekty rozproszone – obiekt na jednej maszynie, interfejs do niego na wielu.
- Model dokumentów rozproszonych (WWW, HTTP).
  - Warstwa pośrednia: Serwery HTTP, specyfiakcje HTML, CSS, JS,...
  - Aplikacje: Firefox, Chrome, Brave, Edge …

Usługi warstwy pośredniej
Co zapewnia warstwa pośrednia?

- Komunikacja – RPC, zdalne obiekty, przezroczysty dostęp do rozproszonych plików, baz danych, dokumenty WWW.
- Nazewnictwo – lokalizacja zasobów – skalowalność.
- Trwałość – pliki, bazy danych, rozproszona pamięć dzielona.
- Transakcje rozproszone – atomowość, dane na wielu maszynach, maskowanie awarii.
- Bezpieczeństwo.

Otwartość warstwy pośredniej

- Nadbudowa nad systemem – uniezależnienie od systemu. Middleware jest często osobnym programem/pakietem.
- Zależność aplikacji od warstwy pośredniej, nie zaś specyficznych funkcji systemu.
- Gdy występuje niekompletność interfejsów warstwy pośredniej – istnieje konieczność odwoływania się bezpośrednio do systemu.
- Zgodność warstwy pośredniej ze standardem, ale nieprzenośność aplikacji.
  - np. serwer baz danych na różnych platformach udostępnia to samo API, ale nie ma pełnej binarnej zgodności.

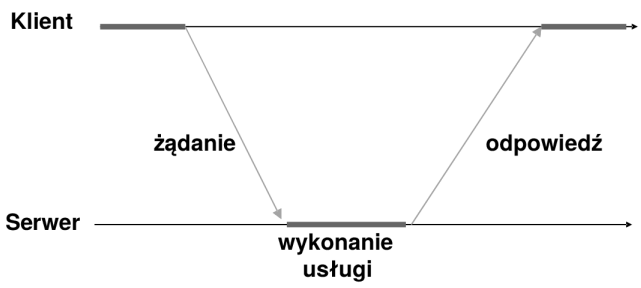
Przykłady warstw pośrednich

- Gniazda (ang. sockets)
- RPC (Remote Procedure Call)
- DCE (Distributed Computing Environment)
- CORBA (Common Object Request Broker Architecture)
- DCOM (Distributed Component Object Model)
- RMI (Remote Method Invocation)

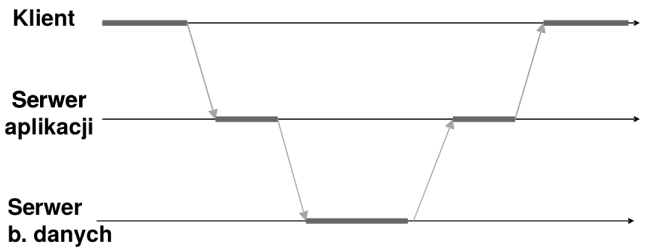
Porównanie

	Rozproszony OS		Sieciowy OS	Warstwa pośrednia
	Wieloproc.	Wielokomp.		
Przezroczystość	b. duża	duża	mała	duża
Jeden OS?	tak	tak	nie	nie
Bez kopiowania?	tak	nie	nie	nie
Komunikacja	pamięć dzielona	komunikaty	pliki	zależna od modelu
Zarządzanie zasobami	globalne, centralne	globalne, rozproszone	lokalne	lokalne
Skalowalność	nie	umiarkowana	tak	zmienna
Otwartość	zamknięty	zamknięty	otwarty	otwarty

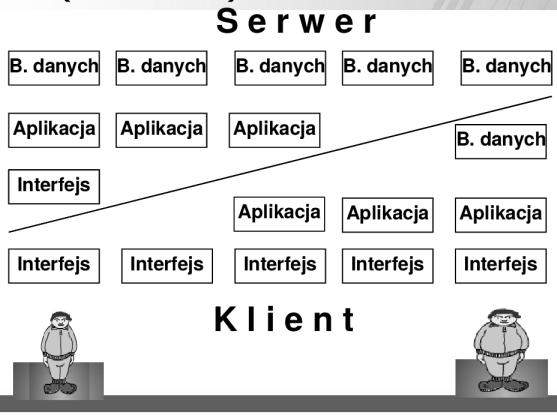
Model Klient-serwer



Model trójwarstwowy



Co ma robić warstwa klienta? "Cienki klient" i „Gruby klient" („thin client")

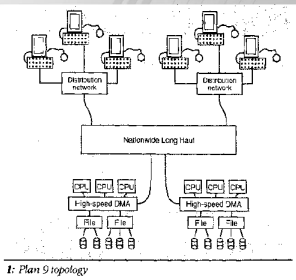


W praktyce: Plan 9

- Zauważmy, że jeżeli bardzo przyłożymy się do realizacji zasady „wszystko jest plikiem", to kwestia rozproszonego systemu operacyjnego zawiera się w odpowiednim systemie plików.
- Na tej zasadzie działa system operacyjny Plan 9, gdzie system plików jest oparty o wiadomości. Te wiadomości można przesyłać przez różne kanały komunikacji.
- Dodatkowo każdy proces posiada informacje o systemie plików dla siebie → czyli każdy proces może nieco inaczej widzieć system plików (a więc i np. Urządzeń!).
- Możliwe jest scalenie wielu katalogów w jeden (union directory) na potrzeby perspektywy systemu lub jednego procesu.

Plan 9 - architektura

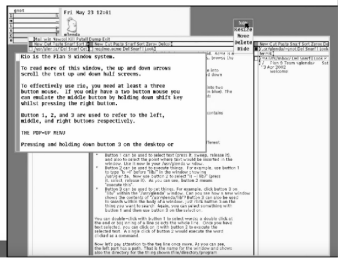
- Każde urządzenie jest reprezentowane jako plik.
- Każdy plik ma swoje miejsce w systemie.
- Każdy proces „widzi" system plików w specyficzny dla siebie sposób.
- Ponieważ jako „urządzenie" możemy rozumieć zarówno np. dysk sieciowy jak i procesor drugiego komputera, program może działać korzystając z CPU jednego komputera, całościowo używać pamięci innego (niezbędne elementy sprowadzane są do komputera z CPU), a wyniki zapisywać na dysk jeszcze innego.



1: Plan 9 topology

Plan 9 - interfejs

- Działa na tym powłoka uniksowa.
- Możliwe jest użytkowanie systemu okienkowego RIO.
- Proces jest katalogiem.
- Katalog-proces zawiera pliki. Przez wysyłanie do nich odpowiedniej zawartości sterujemy procesami.
- Tak samo sterujemy urządzeniami - każdym…
- ...niezależnie od tego czy jest częścią komputera, czy jest zdalne.



Dziękuję za uwagę