

ROZPROSZONE SYSTEMY BAZ DANYCH W PLANOWANIU PRODUKCJI

Izabela Rojek^{*1}, Zbyszko Królikowski², Mariola Marciniak³

¹ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Informatyki, Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz

² Politechnika Poznańska, Wydział Informatyki, Pl. Marii Skłodowskiej-Curie 5, 60-965 Poznań

³ Uniwersytet Kazimierza Wielkiego, Instytut Matematyki, Chodkiewicza 30, 85-064 Bydgoszcz
e-mail: izarojek@ukw.edu.pl

Streszczenie: We współczesnym globalnym świecie wiele przedsiębiorstw zmienia swoją strategię zarządzania przedsiębiorstwem opartą na scentralizowanej bazie danych na strategię opartą na rozproszonych systemach baz danych. W artykule scharakteryzowano rozproszone systemy baz danych w planowaniu produkcji. W szczególności omówiono cechy planowania produkcji oraz zdefiniowano rodzaje rozproszonych systemów baz danych. Jako przykład szczególny omówiono możliwość zastosowania rozproszonych systemów baz danych w planowaniu produkcji w wybranym przedsiębiorstwie produkcyjnym.

Słowa kluczowe: Rozproszone systemy baz danych, przedsiębiorstwo, planowanie produkcji

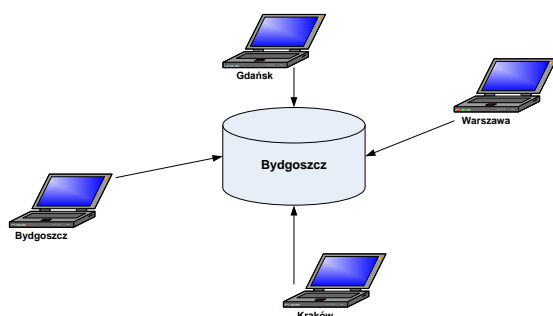
Distributed databases systems in production planning

Abstract: In the modern global world, many enterprises are changing their enterprise management strategy based on a centralized database to a strategy based on distributed database systems. The article characterizes distributed database systems in production planning. In particular, the features of production planning were discussed and the types of distributed database systems were defined. As a special case, the possibility of using distributed database systems in production planning in a selected enterprise was discussed.

Key words: Distributed databases systems, enterprise, production planning

1. Wprowadzenie

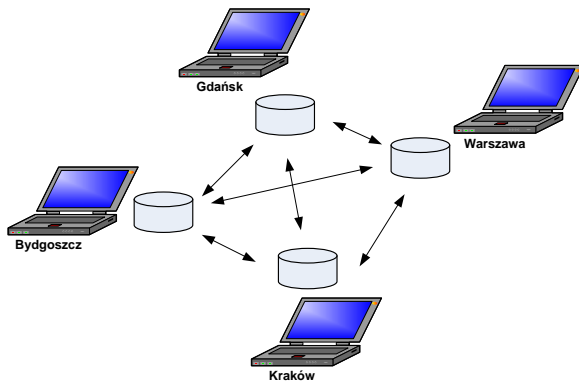
Dane gromadzone i przetwarzane przez przedsiębiorstwa są najczęściej przechowywane w systemach informatycznych opartych na bazach danych. W typowych zastosowaniach systemów baz danych wykorzystuje się architekturę scentralizowaną, w której system zarządzania bazą danych oraz wszystkie dane znajdują się w jednym węźle sieci informatycznej (rys. 1) [1,2,3].



Rysunek. 1 Scentralizowana baza danych

Istnieje jednak wiele rozwiązań, w których scentralizowane bazy danych nie zapewniają wymaganej funkcjonalności i efektywności pracy [4].

Wielkie, korporacje, międzynarodowe firmy, często nawet o zasięgu globalnym, w poszukiwaniu zysku dążą do jak najlepszego zaspokajania potrzeb wszystkich swoich klientów. Potrzeby te mogą być diametralnie różne nie tylko na różnych kontynentach, ale nawet na obszarze jednego państwa. W związku z tym wybierane są takie systemy, które gwarantują podejmowanie decyzji w lokalnych oddziałach firm, ale jednocześnie umożliwiają dostarczanie jak najpełniejszej informacji zarządzanej centralnie po to, aby ich działania były jak najbardziej efektywne. Naturalnym wyborem w takich sytuacjach są rozproszone systemy baz danych (rys. 2).



Rysunek. 2 Rozproszone systemy baz danych

Gdyby zbudować system informatyczny dla takiego przedsiębiorstwa, opartego na scentralizowanej bazie danych umieszczonej np. w Bydgoszczy, wówczas każde odwołanie do tej bazy z innego miasta wymagałoby transmisji sieciowej. Przy sieci o niskiej przepustowości i dużej częstotliwości odwołań poprawne wykorzystywanie systemu stałoby się niemożliwe. Dodatkowo, taki system byłby znacznie bardziej podatny na awarie niż system rozproszony. Rozwiązaniem alternatywnym do rozwiązania scentralizowanego jest zastosowanie wielu lokalnych baz danych, rozmieszczonych w każdym oddziale przedsiębiorstwa.

2. Planowanie produkcji

Centralnym procesem każdego systemu zarządzania produkcją jest planowanie, którego zadaniem staje się wygenerowanie właściwego planu oraz rozłożenie go w czasie [5]. Planowanie produkcji to złożony proces. Obejmuje zarówno tworzenie planów strategicznych, taktycznych jak i operacyjnych. Jego nieodłączną częścią jest podejmowanie decyzji w oparciu o posiadane informacje. Plan strategiczny obejmuje misję oraz cele strategiczne przedsiębiorstwa, analizę otoczenia, strategię ogólną i strategię funkcjonalne. W przedsiębiorstwie produkcyjnym planowanie strategiczne obejmuje następujące obszary: strategię produktu, zagregowany plan produkcji, strategię rozwoju zdolności produkcyjnych i inwestycji, strategię finansową oraz strategię pracy i zatrudnienia. Podstawą do tworzenia planów strategicznych są badania marketingowe oraz prognozy (ekonomiczne, techniczne, zapotrzebowania i sprzedaży). Podstawowym zadaniem planowania taktycznego jest obliczanie planów produkcji poszczególnych wyrobów na podstawie planów produkcji łącznej oraz ich

podziału w czasie (np. rozbitcie planów miesięcznych na tygodniowe). Planowanie taktyczne obejmuje w przedsiębiorstwie następujące działy: badanie, rozwój i przygotowanie produkcji, obsługę serwisową, finanse oraz dystrybucję. Na poziomie planowania taktycznego tworzone są plany: taktycznego zapotrzebowania materiałowego (MRP I), taktycznego zapotrzebowania na zasoby produkcyjne (MRP II), sterowania jakością produktów, utrzymania ruchu i niezawodności urządzeń oraz sieci i instalacji produkcyjnych. Planowanie taktyczne stanowi wytyczne dla planów operacyjnych. Planowanie operacyjne jest to krótkookresowy plan produkcji, którego podstawą jest rozdział zadań wytwórczych oraz gospodarka zapasami. Rozdział zadań produkcyjnych sprowadza się do wyznaczenia konkretnych operacji, terminów ich realizacji oraz wykonawców. Planowanie operacyjne polega na: przydziale zleceń produkcyjnych, dostarczaniu wyposażenia narzędziowego, materiałów i instrukcji wykonywanych, zapewnieniu obsługi poszczególnych stanowisk pracy, ustaleniu kolejności wykonywanych zadań, określeniu terminu rozpoczęcia i zakończenia zadań, badaniu jakości wykonania oraz aktualizacji stanu zaawansowania prac.

3. Rozproszone systemy baz danych

Szybki rozwój technologii i spadek cen nośników danych spowodował gromadzenie dużych ilości danych niemal w każdej dziedzinie życia, w szczególności w sferze gospodarki. Pojawia się naturalne pytanie o możliwość wykorzystania danych zgromadzonych przez przedsiębiorstwo w celu poprawienia jego rentowności. Duże firmy posiadające swoje oddziały w wielu lokalizacjach geograficznych używają w swojej działalności rozproszonego systemu baz danych czyli *zbioru lokalnych baz danych stanowiących całość w sensie jednego modelu danych i koordynacji wykonywanych transakcji* [4]. Rozwiązanie takie pozwala na budowę sprawnego systemu wspomagania decyzji zarówno w lokalnych oddziałach firmy jak i dostęp do pełnej informacji zarządzanej centralnie.

Operacje wykonywane przez lokalną bazę danych są kontrolowane autonomicznie przez każdy z węzłów. Integrację oraz przezroczysty dostęp, czyli taką organizację lokalnych baz danych aby z punktu widzenia użytkownika końcowego stanowiły one logicznie jedną zintegrowaną bazę danych realizuje oprogramowanie sieciowe oraz mechanizmy dostępu do baz zdalnych. Stosuje się obiekty zwane łącznikami pozwalające wywoływać

procedury bazy zdalnej. Używane są zarówno łączniki publiczne, dostępne dla wszystkich użytkowników jak i prywatne będące własnością użytkownika, który go utworzył. Można również definiować łączniki bazodanowe, które podczas podłączania do zdalnej bazy danych uwierzytniają bieżącego użytkownika, który jest aktualnie podłączony do lokalnej bazy danych. Używa się zaawansowanych metod replikacji danych, tak aby użytkownik operował w ten sam sposób na danych oryginalnych jak i na ich kopii. Powstała w wyniku replikacji redundancja z jednej strony poprawia bezpieczeństwo danych, które są dostępne nawet w razie awarii jednego z węzłów, z drugiej strony powoduje konieczność wprowadzenia mechanizmów zapewniających spójność danych. System powinien zapewniać zarządzanie transakcjami odwołującymi się do wielu węzłów systemu. Transakcje takie muszą posiadać cechy trwałości, spójności, atomowości i izolacji tak, jak to ma miejsce w przypadku transakcji w scentralizowanych bazach danych. Zatwierdzanie transakcji ma charakter dwuetapowy – wyróżniony węzeł zwany koordynatorem transakcji jest informowany przez bazy lokalne czy lokalna część transakcji ma być zatwierdzona czy wycofana, na ostateczne zatwierdzenie zmian muszą się zgodzić wszystkie bazy lokalne [2,4].

Systemy rozproszone charakteryzują się pewnymi, sobie tylko właściwymi cechami. Są to:

- konieczność jednoznacznej identyfikacji każdego spośród jego zasobów,
- rozproszony charakter sterowania – każdy węzeł powinien dysponować programowo-sprzętowymi możliwościami realizacji funkcji sterowania siecią, przy czym zwiększone wymagania w stosunku do niezawodności systemu rozproszonego prowadzą do konieczności unikania takich algorytmów sterowania, które bazowałyby na wydzieleniu węzłów uprzywilejowanych w jakiś sposób w porównaniu z innymi węzłami,
- niejednorodność (ang. *heterogeneity*) węzłów sieci – mogą się one różnić np. formatem przedstawienia informacji, oprogramowaniem systemowym i użytkowym.

Próby efektywnego zaspokojenia potrzeby dostarczania konkretnych danych we właściwe miejsce powodują wybranie jednej z kilku dostępnych technik:

1. Pierwsza z nich polega na tym, że poszczególne fragmenty bazy znajdują się tylko w konkretnych miejscach, natomiast replikowane są jedynie katalogi zawierające informację o położeniu poszczególnych fragmentów. Zalety: brak konieczności synchronizacji wielu kopii oraz zmniejszenie ilości przesyłanych informacji. Wada: trudności w przypadku pracy z dużą ilością danych jednocześnie.

2. Kolejna technika – replikowana baza danych – polega na kopiowaniu całej bazy w jedno lub kilka wyznaczonych miejsc. Dzięki takiemu rozwiązaniu dostęp do danych jest lokalny i unika się konieczności decydowania, jakie fragmenty bazy i gdzie mają zostać skopiowane. Wada: niska efektywność z powodu konieczności składowania ogromnych baz w kilku miejscach oraz dłuższe wyszukiwanie odpowiedzi.
3. Replikowanie na poziomie tabel to następna technika rozpraszania danych, polegająca na kopiowaniu tylko niezbędnych tabel, bez modyfikacji zawartych w nich danych. Stosowana jest tam, gdzie ważne jest oddzielenie danych operacyjnych od aplikacji wspomagających podejmowanie decyzji. Zabronienie użytkownikom uruchamiania zapytań do aktywnych tabel bazy zapobiega konfliktom jednoczesnego dostępu. Trudności mogą pojawić się przy rekonstrukcji logicznej całości bazy danych po ewentualnej awarii systemu.
4. Innym sposobem dystrybucji danych jest tzw. podział danych. Polega on na tym, że dokonuje się podziału i replikacji logicznej tabeli do wielu punktów.
5. Ostatnią techniką jest dystrybucja fan-out, która jest próbą rozwiązania problemu wzrastającej – wraz ze zwiększeniem liczby punktów dystrybucji – trudności zarządzania bazą, co z kolei zwiększa podatność systemu na błędy. Sposób ten polega na wprowadzeniu kilku pośrednich punktów dystrybucji, dzięki czemu nie trzeba utrzymywać połączenia pomiędzy każdym magazynem danych i każdą zreplikowaną stroną, a wystarczy jedynie utrzymywać połączenia z głównego systemu danych do regionalnych centów przetwarzania, skąd łatwiej jest zarządzać połączeniami do oddziałów terenowych. Dzięki temu ogranicza się liczbę połączeń o dużej szybkości i wysokim koszcie przesłania informacji do punktów dystrybucji [6].

Podstawowymi typami rozproszonych baz danych są: jednorodne rozproszone bazy danych, niejednorodne rozproszone bazy danych oraz federacyjny system baz danych. Często rozproszone systemy baz danych zawierają wiele serwerów. Jeśli wszystkie węzły posiadają systemy zarządzania bazą danych pochodzące od jednego producenta mówić możemy o jednorodnej rozproszonej bazie danych. W niejednorodnej bazie danych poszczególne węzły posiadają różne konfiguracje sprzętowe i oprogramowania. Powoduje to konieczność stosowania bramek (gateways). Federacyjne systemy baz danych składają się z pewnej ilości względnie niezależnych systemów baz

danych. Istnieje przy tym możliwość, aby niekiedy część z nich wykonywała wspólnie pewne ustalone funkcje [1,2,4].

Rozróżnia się:

- jednorodne rozproszone systemy baz danych,
- niejednorodne rozproszone systemy baz danych,
- federacyjne systemy baz danych.

Jednorodne rozproszone systemy baz danych

Systemy jednorodnych baz danych mają następujące cechy:

- system Zarządzania Bazami Danych (SZBD) tego samego producenta we wszystkich węzłach,
- możliwość użycia wbudowanych rozwiązań dla rozproszonych baz danych.

W jednorodnej rozproszonej bazie danych dane są rozłożone między dwa lub więcej systemów, każdy oparty na tym samym rodzaju systemu zarządzania bazą danych (np. ORACLE). Na ogół taki rozproszony system działa na tego samego rodzaju sprzęcie pod tym samym systemem operacyjnym (rys. 3).

Niejednorodne rozproszone systemy baz danych

W niejednorodnej rozproszonej bazie danych konfiguracje sprzętowe i oprogramowania są różne. W jednym miejscu może być ORACLE działający pod Windows Server 2012, w drugim Sybase pod UNIX, a w jeszcze innym Ingres pod Windows Server 2012. Pokazano to na rysunku 4. Obecnie podstawowym sposobem uzyskiwania niejednorodnego systemu jest łącze (gateway). Łącze jest interfejsem z jednego SZBD do drugiego, zwykle dostarczany przez konkretnego producenta SZBD.

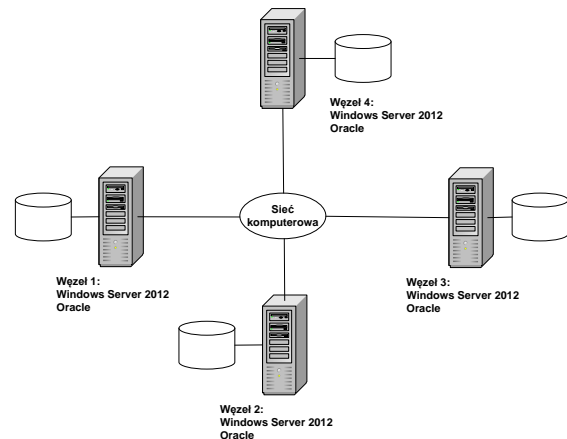
Federacyjne systemy baz danych

Federacyjne bazy danych mają następujące cechy:

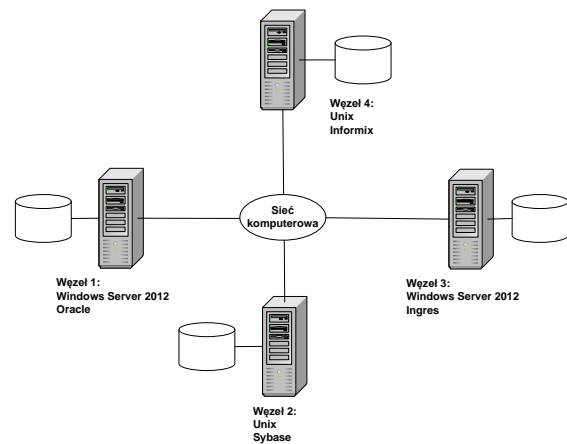
- względnie niezależne bazy danych,
- niekiedy używane łącznie do wykonania pewnych funkcji,
- z ograniczonym dostępem z zewnątrz poprzez pewien podschemat,
- połączenia między bazami danych typu 1-1.

Federacyjne, czasem nazywane wielobazowymi, systemy rozproszonych baz danych przypominają polityczny model federacji. Federacyjne systemy baz danych składają się z pewnej liczby względnie niezależnych autonomicznych baz danych. Niekiedy zachodzi potrzeba zebrania części lub wszystkich z tych oddzielnych baz danych, aby wykonać wspólną funkcję. Niektóre aspekty federacji zaczynają się krystalizować z uwzględnieniem połączenia otwartych systemów i standardu dostępu do odległych baz danych. Stanowią one jednak ciągle

cel do osiągnięcia, nad którym pracuje wielu producentów systemów baz danych.



Rysunek. 3 Przykład jednorodnego systemu baz danych



Rysunek. 4 Przykład niejednorodnego systemu baz danych

Od rozproszonych systemów baz danych oczekuje się, że reprezentują one jeden model danych w przedsiębiorstwie. Zasadniczym celem systemów bazy danych jest to, aby dla użytkownika wyglądała ona jak jedna, scentralizowana baza danych. Innymi słowy system rozproszonej bazy danych powinien mieć trzy rodzaje przezroczystości:

1. Przezroczystość lokalizacji

Użytkownicy muszą wiedzieć, w którym dokładnie miejscu są przechowywane dane. Zatem kierownik, który pragnie się dowiedzieć ilu pracowników zatrudnia biuro w np. Krakowie, nie musi być świadomy tego, że ma do czynienia z rozproszoną bazą danych. Zaletą przezroczystości lokalizacji jest to, że upraszcza programy użytkownika i interfejsu. Dane mogą migrować między lokalizacjami, nie powodując błędów w żadnym z tych programów lub działań. Dane mogą też migrować wokół sieci w odpowiedzi na zmianę ich użycia lub wymagania dotyczące efektywności.

2. Przejroczystość fragmentacji

Użytkownicy nie muszą wiedzieć, w jaki sposób dane są podzielone. W naszym przykładzie zarządzania kadrami mamy do czynienia logicznie z jedną bazą danych, a fizycznie z czterema jej fragmentami. Dlatego np. kierownik uruchamiający zapytanie np. w Warszawie nie musi wiedzieć, że aby utworzyć łączną listę płac dla firmy, należy wykonać to zapytanie we wszystkich trzech miejscach – np. w Warszawie, Krakowie, Bydgoszczy i Gdańsku.

3. Przejroczystość replikacji

Użytkownicy nie muszą wiedzieć, w jaki sposób dane są powtarzane. W przykładowej bazie danych w każdym z czterech biur jest przechowywana kopia informacji o strukturze firmy. Kiedy zachodzi potrzeba okresowej aktualizacji tych danych, użytkownicy nie muszą być świadomi tego, że aktualizacja dotyczy każdego z czterech miejsc. Replikacja jest przydatna, gdyż efektywność rośnie, jeśli aplikacja może działać na lokalnych kopiach, a dostępność jest lepsza dopóty, dopóki co najmniej jedna kopia jest dostępna dla celów wyszukiwania danych [6].

4. Case study – Rozproszone systemy baz danych w planowaniu produkcji

W literaturze można znaleźć różne przykłady rozproszonych systemów baz danych w planowaniu produkcji. Gnonia i in. przedstawiają studium przypadku z branży motoryzacyjnej. Opisują oni problem wielkości partii i planowania (LSSP) wielostanowiskowego systemu produkcyjnego z ograniczeniami wydajności i niepewnym popytem na wiele produktów i okresów. LSSP rozwiązuje model hybrydowy wynikający z integracji modelu programowania liniowego o mieszanej liczbie całkowitej i modelu symulacyjnego. Podejście do modelowania hybrydowego jest stosowane w celu przetestowania lokalnej, jak i globalnej strategii produkcyjnej, w rozwiązaniu danego LSSP [7].

Inny przypadek przedstawiają Rupp i Ristic dotyczący planowania łańcuchów dostaw w produkcji półprzewodników [8]. Powszechnie przyjmuje się, że planowanie i kontrola produkcji w środowisku produkcji układów scalonych na zamówienie jest trudnym zadaniem, ponieważ musi być optymalna zarówno dla lokalnych jednostek produkcyjnych, jak i całej sieci łańcucha dostaw. Scentralizowane systemy MRP II, które działają w większości współczesnych przedsiębiorstwach produkcyjnych, nie są wystarczająco elastyczne, aby sprostać wymaganiom tego bardzo dynamicznego środowiska współpracy. Rupp i Ristic przedstawiają metodologię planowania rozproszonego dla łańcuchów dostaw produkcji półprzewodników.

Opracowany system opiera się na podejściu, które pozostawia tyle samo odpowiedzialności i wiedzy specjalistycznej do optymalizacji, jak to możliwe, lokalnym systemom planowania, podczas gdy globalny podmiot koordynujący zapewnia najlepszą wydajność i wydajność całego łańcucha dostaw.

Inny przykład przedstawia system składający się z dwóch zakładów produkcyjnych, fabryki 1 (F1) i fabryki 2 (F2), dla których należy uzyskać optymalny plan produkcji, z dwoma zapasami wyjściowymi i dwoma zewnętrznymi zakładami produkcyjnymi o nazwie Podwykonawca 1 i Podwykonawca 2 (Podwykonawca 1 przekazuje produkty końcowe do F1, a podwykonawca 2 do F2) [9]. Czas realizacji produkcji każdego zakładu jest równy jednemu okresowi (między fabrykami lub podwykonawcami). W podejściu zdecentralizowanym istnieją dwa zintegrowane problemy lokalnej optymalizacji od końca do początku. Mianowicie, najpierw należy zoptymalizować plan produkcji F2, a następnie F1. Z drugiej strony, w globalnej optymalizacji należy wziąć pod uwagę wszystkie cechy produkcji w F1 i F2 jednocześnie, a następnie należy zoptymalizować system globalnie.

W studium przypadku, przedstawionym w tym artykule, wyróżniono trzy przedsiębiorstwa produkcyjne, które są kontrolowane przez jeden zarząd. Wszystkie zakłady produkują elementy z tworzyw sztucznych. Każdy zakład posiada dział zakupów, produkcji i sprzedaży. Natomiast tylko jeden ma księgowość i finanse. Od czasu do czasu następuje wymiana danych dotyczących planowania produkcji oraz zakupów surowców. Co określony czas zarząd firmy zbiera informacje całościowe z produkcji tych trzech zakładów i optymalizuje ją pod względem zasobów magazynowych i ludzkich oraz produkcji. Ta optymalizacja jest niezwykle ważna ze względu na sezonowość produkowanych wyrobów. Zakłady pracują w układzie dwóch sezonów: w wysokim (od marca do sierpnia) i niskim (od września do lutego). Jeśli chodzi o produkcję w sezonie wysokim zmienia się kalendarz pracy w układzie trzech zmian przez siedem dni w tygodniu, natomiast w sezonie niskim zakłady przechodzą na trzy zmiany przez pięć dni w tygodniu. W sezonie wysokim musi istnieć w magazynach zapas bezpieczeństwa w postaci wyprodukowanych wyrobów w wymaganej liczbie. Stąd niezbędna jest ta optymalizacja. Na rys. 5 pokazano strukturę jednorodnych rozproszonych baz danych obejmujących trzy zakłady produkcyjne mieszczące się w trzech lokalizacjach. Bazy danych pracują w systemie Oracle pod systemem operacyjnym Windows Server 2012.

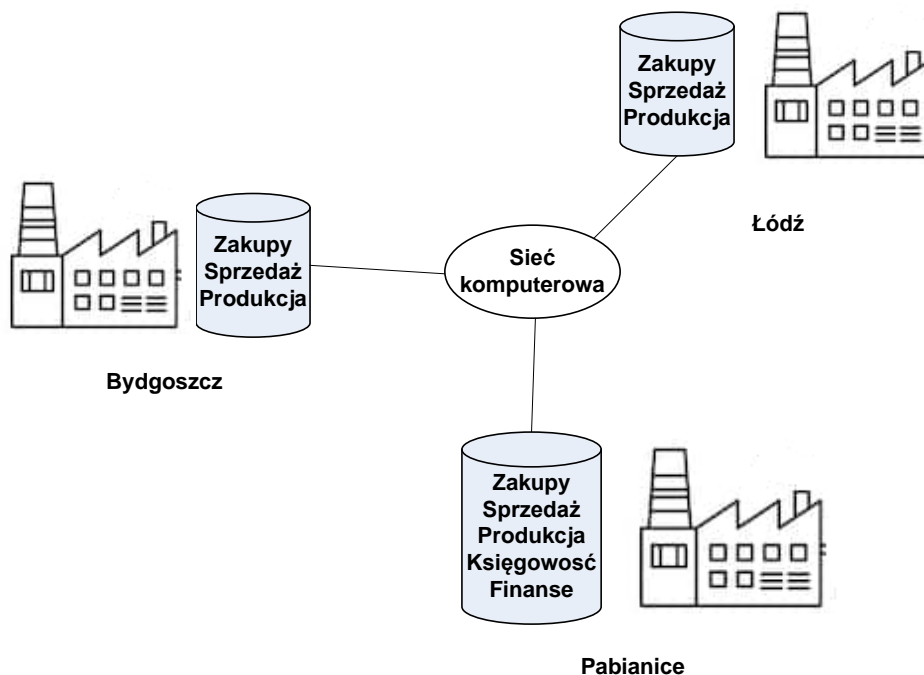
5. Podsumowanie

Rozproszone systemy baz danych dają ogromne możliwości światowym korporacjom rozproszonym na różnych kontynentach. Poszczególne oddziały firm jak również samodzielne firmy zrzeszone w korporacje mogą działać lokalnie optymalizując swoje działania lokalne jak również działają globalnie jako jeden organizm w sytuacjach gdy jest to wymagane.

Korporacje jak i firmy podejmują właściwe decyzje na poziomie lokalnym i globalnym co odpowiada różnorodności współczesnego świata.

W trakcie globalizacji wiele przedsiębiorstw zmienia swoje strategie i łączy je partnerstwo z dostawcami, podwykonawcami i klientami. To połączenie tworzy łańcuchy dostaw obejmujące kilka geograficznie rozmieszczonych zakładów produkcyjnych. Planowanie produkcji w łańcuchu dostaw jest skomplikowanym i trudnym zadaniem,

ponieważ musi być optymalne zarówno dla lokalnych jednostek produkcyjnych, jak i dla całej sieci łańcucha dostaw. W prawdziwym świecie operacyjnym, ze względów konkurencyjnych i / lub praktycznych, często każde przedsiębiorstwo woli optymalizować swój plan produkcji, nie zwracając uwagi na pozostałych członków łańcucha dostaw. Globalna optymalizacja tego rodzaju łańcucha dostaw jest trudna. Ponieważ zadanie planowania jest duże, cykle planowania mogą potrwać kilka godzin lub nawet dni i muszą być oparte na ustalonych czasach realizacji. Nie można brać pod uwagę ograniczonej dostępności zasobów i mocy lokalnych zakładów. Systemy te wytwarzają główne harmonogramy produkcji (MPS) i działają tylko wtedy, gdy centralna jednostka planowania stale otrzymuje informacje o bieżącym stanie produkcji rozproszonych lokalizacji.



Rysunek. 5 Jednorodny rozproszony system baz danych wybranego przedsiębiorstwa produkcyjnego

Literatura

1. Garcia Molina H., Ullman J.D., Widom J. Systemy baz danych. Pełny wykład. WNT, Warszawa 2006.
2. Andrzejewski W., Królikowski Z., Morzy T. Bazy danych i systemy informatyczne oraz ich wpływ na rozwój informatyki w Polsce. In: Polskie i światowe osiągnięcia nauki: Nauki techniczne, 2010, 345–388.
3. Rojek I. Bazy danych i bazy wiedzy w zarządzaniu wiedzą technologiczną przedsiębiorstwa, red. S. Kozielski, B. Małyśiak, P. Kasprowski, D. Mrozek, Bazy Danych – Modele, Technologie, Narzędzia, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, s. 257-264, Warszawa 2005.
4. Wrembel R., Bębel B. Oracle Projektowanie rozproszonych baz danych. Helion, Warszawa 2003.
5. Brzeziński M. Sterowanie produkcją. Wyd. Politechniki Lubelskiej, Lublin 2009.
6. Mosorow W. Systemy rozproszone, <http://mosorow.kis.p.lodz.pl/pl/sr/sr.pdf> - data pobrania 31.10.2019
7. Gnonia M.G., Iavagnilio R., Mossa G., Mummolo G., Di Leva A. Production planning of a multi-site manufacturing system by hybrid modelling: A case study from the automotive industry. *Int. J. Production Economics*, 2003; 85:251-262.
8. Rupp T.M., Ristic M. Fine planning for supply chains in semiconductor manufacture, *Journal of Materials Processing Technology*, 2000; 107:390-397.
9. Saharidis G., Dallery Y., Karaesmen F. Centralized versus decentralized production planning, http://home.ku.edu.tr/~fkaraesmen/pdffpapers/SDK_revised_05.pdf - data pobrania 31.10.2019