

mgr inż. Sławomir GRZECHNIK
Przemysłowy Instytut Automatyki
i Pomiarów MERA-PIAP
Warszawa

ZARZĄDZANIE BAZĄ DANYCH W MODUŁOWYM SYSTEMIE ZARZĄDZANIA MAGAZYNAMI WYSOKIEGO SKŁADOWANIA

Artykuł przedstawia sposób zarządzania bazą danych zastosowany w MSZMWS. Funkcje związane z zarządzaniem powierzono osobnemu zadaniu, co było podyktowane specyfiką systemu operacyjnego RSX11M. W tym systemie wielkość każdego zadania, a więc i zadania użytkowego, jest ograniczona do 64 kB. Zastosowana metoda odciążała zadania użytkowe od funkcji zarządzających, co wydatnie zmniejszyło ich rozmiar. System operacyjny o odmiennych cechach prawdopodobnie narzuciłby inne rozwiązanie przy zachowaniu tych samych założeń funkcjonalnych.

1. WSTĘP

Modułowy System Zarządzania Magazynami Wysokiego Składowania, zwany dalej MSZMWS, jest zestawem oprogramowania podstawowego dla wielodostępnego komputerowego systemu zarządzania. Wykonuje takie funkcje jak: obsługa terminali, obsługa zadań użytkowych i zarządzanie bazą danych, przez które rozumie się zagadnienia związane z dostępem do bazy danych i jej ochroną. Problemy związane z pracą na bazach mają charakter ogólny, niezależny od wewnętrznej struktury i organizacji samej bazy. Artykuł omawia sposób, w jaki zostały one rozwiązane w MSZMWS. MSZMWS został napisany w języku C na komputer SM 4 (odpowiednik PDP 11/40) dla systemu operacyjnego RSX11M.

Szczegółowe informacje o możliwościach systemu RSX11M można znaleźć w [1].

Zagadnienia związane ze zgodnością baz danych i blokowaniem poruszone są w [2] i [3].

2. BAZA DANYCH I JEJ ZGODNOŚĆ

Większość systemów komputerowych, a w szczególności systemy zarządzania, pracują na zbiorach informacji zwanych bazami danych. Baza danych składa się z kilkunastu lub kilkudziesięciu zbiorów wzajemnie ze sobą powiązanych. To powiązanie może być dwójakiego rodzaju. Po pierwsze, sama informacja może być rozdzielona do różnych zbiorów, jeżeli jest to z jakichkolwiek względów wygodne. Po drugie, niektóre zbiory są związane z organizacją samej bazy danych. Przykładem takich zbiorów są skorowidze (indeksy) ułatwiające dostęp do informacji w innych zbiorach.

Baza danych jest zgodna, gdy informacja w niej zawarta jest niesprzeczna. Pojęcie zgodności można zilustrować na przykładzie prostej bazy danych magazynu składającej się z trzech zbiorów:

- zbiór pozycji asortymentowych: jest to zbiór główny, którego rekordy zawierają informację o pozycjach asortymentowych (materiałach) w magazynie, jak ilość, adresy gniazd z pojemnikami danego materiału, itd.;
- zbiór skorowidzowy zbioru pozycji asortymentowych: służy do szybkiego znajdowania rekordów pozycji asortymentowych w zbiorze głównym;
- zbiór gniazd magazynowych: jego rekordy opisują wszystkie gniazda magazynu wraz z informacją o ich zawartości.

Warunki zgodności takiej bazy można przedstawić następująco:

1. Dla każdego rekordu pozycji asortymentowej ze zbioru głównego istnieje odpowiedni rekord w zbiorze skorowidzowym opisujący dostęp do rekordu w zbiorze głównym.
2. Dla każdej pozycji asortymentowej i dla każdego pojemnika tej pozycji opisanego w rekordach zbioru głównego, odpowiedni rekord w zbiorze gniazd magazynowych zawiera informację, że w gnieździe znajduje się odpowiednia ilość danego materiału.
3. Dla każdego rekordu zbioru gniazd magazynowych opisującego niepuste gniazdo istnieje w odpowiednim rekordzie zbioru głównego opis pojemnika z materiałem znajdującym się w tym gnieździe.

Niespełnienie któregośkolwiek z powyższych warunków powoduje brak zgodności. Poza zgodnością od baz danych wymaga się, aby informacja w nich zawarta była możliwie aktualna. Dlatego wszelkie zmiany stanu obiektu, do którego odnosi się baza, powinny być możliwie szybko w niej uwzględnione. Między innymi z tego powodu systemy zarządzania są najczęściej systemami interakcyjnymi, w których użytkownicy mają natychmiastowy dostęp do informacji w bazie i mogą ją zmieniać na bieżąco.

Baza danych jest najważniejszym zasobem systemu zarządzania, który powinien zapewnić jej ochronę przed niebezpieczeństwami wynikającymi z równoległej pracy wielu użytkowników. W czasie pracy należy rozwiązywać konflikty między użytkownikami żądającymi dostępu do tych samych części bazy. Potrzebne są także odpowiednie

mechanizmy zabezpieczające bazę w sytuacjach awaryjnych, jak np. wadliwe działanie sprzętu czy nieprawidłowe działanie zadań użytkowych. Wspomniane zagadnienia są bardzo złożone i opracowano wiele metod bezpiecznej pracy z bazami danych. Na wybór metody ma wpływ wielkość samej bazy, dostępny sprzęt, liczba użytkowników itd. W dalszej części artykułu opisano sposób pracy z bazą danych przyjęty w MSZMWS. Zakłada się, że w zastosowaniach MSZMWS może pracować równolegle kilkunastu operatorów, a baza danych składa się z kilkudziesięciu zbiorów.

3. TRANSAKCJE

Potrzeba koordynacji dostępu użytkowników do bazy danych i zabezpieczania wykonywanych operacji doprowadziła do podzielenia pracy na bazy na tzw. transakcje. Transakcją jest ciąg operacji na zbiorach bazy, po których zakończeniu baza danych jest zgodna. Transakcja nie może być przerwana, gdyż wykonanie tylko części jej operacji pozostawi bazę w stanie sprzecznym. Ponadto transakcja powinna być tak zaprojektowana aby nie trwała długo, dzięki czemu spowodowana przez nią blokada bazy danych będzie niedostrzegalna dla innych użytkowników.

Wszelkie użytkowe operacje na bazie danych powinny być wykonywane za pomocą odpowiednio zaprojektowanych transakcji. Np. dla bazy danych magazynu z poprzedniego rozdziału transakcja przyjmująca nowy materiał (pozycję asortymentową) do magazynu będzie składać się z następujących operacji elementarnych:

- I. Utworzenie rekordu nowego materiału w zbiorze głównym.
- II. Utworzenie odnośnika do powyższego rekordu w zbiorze skorowidzowym.
- III. Zapis o pojemnikach przyjmowanego materiału w zbiorze gniazd magazynowych.

Na powyższą transakcję składa się kilka zapisów w zbiorach, nie trwa więc ona długo. Zarówno przed jak i po niej baza danych jest zgodna. Natomiast niewykonanie któregośkolwiek kroku prowadzi do utraty zgodności.

W systemach wielodostępnych konieczne jest zablokowanie przynajmniej tej części bazy danych, która jest zmieniana przez bieżącą transakcję. Ma to zapobiec sytuacjom, w których np. informacja w tym samym rekordzie jest jednocześnie modyfikowana przez dwóch użytkowników. W zależności od zastosowań stosuje się różne mechanizmy blokowania, nieraz bardzo złożone. Przy blokowaniu częściowym należy strzec się specyficznych efektów ubocznych mogących doprowadzić nawet do zawieszenia pracy systemu (patrz [2]). W MSZMWS zastosowano metodę najprostszą polegającą na zablokowaniu całej bazy danych na potrzeby bieżącej transakcji. Przy jednoczesnej pracy kilkunastu operatorów i odpowiednio zaprojektowanych transakcjach takie podejście jest wystarczające i nie prowadzi do widocznych opóźnień w pracy operatorów.

4. ZADANIE ZARZĄDZANIA BAZĄ DANYCH

Wszystkie funkcje związane z koordynacją dostępu do bazy i zabezpieczeniem pracy zostały objęte nazwą zarządzania bazą danych. W MSZMWS wykonywanie ich powierzono specjalnemu zadaniu o nazwie DBM. Dla tego zadania nie jest istotne z ilu zbiorów składa się baza danych i jaka jest ich wewnętrzna struktura. Z uwagi na rolę, jaką pełni to zadanie w pracy systemu, ma ono najwyższy priorytet w MSZMWS. Poniżej przedstawiono funkcje spełniane przez zadanie DBM:

- I. Przydzielanie dostępu do bazy danych. Każde zadanie użytkownika chcące dokonać zmian w bazie zgłasza zadaniu DBM zlecenie otwarcia transakcji, DBM kolejkuje takie zgłoszenia i przydziela dostęp do bazy danych w chronologicznej kolejności zgłoszeń. W danej chwili tylko jedno zadanie użytkowe może mieć dostęp do bazy.
- II. Zabezpieczanie bieżącej transakcji. Ma to na celu przywrócenie stanu bazy sprzed transakcji w przypadku awarii w czasie jej wykonywania (np. błąd zapisu na dysku lub nieprawidłowe działanie programu). Zadanie użytkowe chcące zmienić jakikolwiek rekord w bazie danych, wysyła do DBM kopię tego rekordu (przed wprowadzeniem zmian) wraz z nazwą zbioru i pozycją rekordu w zbiorze. DBM po odebraniu kopii i zapisaniu jej w swoim zbiorze roboczym udziela zadaniu użytkowemu zezwolenia na zapis. Dzięki takiej procedurze DBM jest w stanie wycofać skutki błędnej transakcji.
- III. Tworzenie historii operacji na bazie danych w czasie sesji pracy MSZMWS. DBM zapisuje w osobnym zbiorze informację o wszystkich transakcjach wykonanych na bazie w czasie cyklu pracy systemu zwanym sesją. Umożliwia to odtworzenie bazy danych w przypadku jej całkowitej utraty przez wykonanie restartu sesji. Oprócz historii operacji do restartu konieczna jest jeszcze kopia bazy danych sprzed sesji.
- IV. Rejestracja błędów. W MSZMWS wszelkie informacje o błędach pracy są przesyłane do zadania DBM, które rejestruje je w celach diagnostycznych.
- V. Funkcje informacyjne. DBM gromadzi w czasie sesji pewne dane statystyczne jak liczba wykonanych transakcji, zapisów, itd. Takie informacje mogą być użyteczne dla operatora zarządzającego systemem.

Z powyższego widać, że zadanie DBM pełni kluczową rolę w MSZMWS. Dlatego jakikolwiek awaria w jego pracy powoduje natychmiastowe przerwanie pracy systemu. Przez awarię należy rozumieć nie tylko wadliwe działanie sprzętu, ale również błąd w wykonywaniu samego zadania spowodowany niewykrytym błędem programisty.

5. PROTOKÓŁ PRACY Z BAZĄ DANYCH W MSZMWS

W celu uzyskania dostępu do bazy danych wszystkie zadania użytkowe przestrzegają specjalnego protokołu, który umożliwia zadaniu DBM prawidłowe wykonywanie swoich funkcji. Poniżej przedstawiony jest przebieg komunikacji między zadaniem użytkowym i DBM w czasie pracy z bazą danych.

- I. Zadanie użytkowe chcące dokonać zmian w bazie danych wysyła do DBM zlecenie otwarcia transakcji i zawieszają się.
- II. Zadanie DBM po przyjęciu zlecenia kolejkuje je, w odpowiednim czasie otwiera transakcję i odwiesza oczekujące zadanie. Otwarcie transakcji jest połączone z zezwoleniem na dostęp do bazy danych.
- III. Zadanie użytkownika czyta wymagane rekordy ze zbiorów bazy i jeżeli chce dokonać w nich zmian, to każdy rekord wysyła w pierwotnej postaci do DBM wraz z nazwą zbioru i pozycją rekordu w zbiorze i zawieszają się oczekując na zezwolenie dokonania zapisów.
- IV. DBM po odebraniu kopii rekordów zapisuje je w swoim zbiorze roboczym i odwiesza zadanie użytkowe zezwalając na wykonanie zapisów.
- V. Po zakończeniu zapisów zadanie użytkownika wysyła do DBM zlecenie zamknięcia transakcji.
- VI. DBM zamyka bieżącą transakcję i otwiera transakcję dla następnego zadania użytkownika w kolejce.

W przypadku zaistnienia jakiegokolwiek błędu, DBM dysponując kopiami zmienianych rekordów, jest w stanie natychmiast wycofać skutki niedokończonych lub wadliwej transakcji, dzięki czemu cały system może pracować dalej. O takich sytuacjach informowany jest na bieżąco operator zarządzający systemem.

W MSZMWS istnieją specjalne podprogramy, które muszą być używane przez zadania użytkownika w celu komunikacji z DBM.

6. PRACA ZADANIA DBM W SYSTEMIE OPERACYJNYM KOMPUTERA

MSZMWS został napisany dla systemu RSX11M, co pozwoliło na wykorzystanie bogatych mechanizmów tego systemu do budowy zadania DBM. Praca tego zadania polega na odbieraniu w czasie rzeczywistym zleceń i komunikatów od zadań użytkowych, a także na odbieraniu dużych ilości informacji od tych zadań przy przesyłaniu kopii rekordów. Do obsługi zleceń i komunikatów wykorzystano mechanizm asynchronicznych pułapek systemowych (ang. asynchronous system traps), które działają analogicznie do procedur przerwań procesora. Po zajściu odpowiedniego zdarzenia (np.

wysłanie komunikatu), praca DBM zostaje przerwana i wykonana zostaje obsługa pułapki. Po jej zakończeniu praca DBM zostaje podjęta w miejscu przerwania.

Przesyłanie dużych bloków informacji odbywa się przez pamięć operacyjną przy wykorzystaniu techniki pamięci wirtualnej umożliwiającej między innymi dostęp kilku zadań do tego samego obszaru pamięci. Zapewnia to dużą szybkość transferu informacji.

Zadanie DBM zostało napisane w języku C. Jego wielkość wynosi około 28 kB.

Literatura

- [1] RSX11M Executive Reference Manual v 4.1. Digital Equipment Corporation, Maynard, Massachusetts.
- [2] Eswaran K. P.: The Notions of Consistency and Predicate Locks in a Database System. Communications of ACM, 1976 November.
- [3] Gray J. N.: Granularity of Locks and Degrees of Consistency in a Shared Data Base. Holland 1976, North Holland Publishing Company.

*
* *