

I. Wymogi współczesnych systemów dotyczące archiwizacji i odtwarzania

Współczesne systemy informatyczne stawiają przed administratorami bardzo wysokie wymagania związane z archiwizacją i odtwarzaniem, które nierzadko stoją w sprzeczności z wymaganiami dotyczącymi wydajności systemu. Wymagania te obejmują zerową utratę danych oraz bliski zeru czas niedostępności danych w przypadku wystąpienia awarii. W przypadku Oracle oznacza to pracę w trybie ARCHIVELOG z włączoną archiwizacją dziennika powtórzeń, częste wykonywanie kopii bezpieczeństwa plików danych. Z drugiej daje się zauważyć dramatyczny wręcz wzrost stopnia złożoności systemów baz danych - bazy danych składają się z coraz większej liczby plików danych, zawierają coraz większą liczbę struktur danych (tabel, indeksów itp.), pracują na nich coraz bardziej skomplikowane systemy aplikacyjne. Administrator takiego systemu musi nieraz pogodzić przysłowiowy ogień z wodą zapewniając wysoką wydajność pracy takiego systemu, wysoki poziom bezpieczeństwa (co wiąże się z długim średnim czasem bezawaryjnej pracy) oraz w przypadku wystąpienia awarii krótki czas odtwarzania. Poniższa lista prezentuje szczegółowo problemy związane z archiwizacją i odtwarzaniem przed jakimi stoi administrator współczesnej bazy danych:

- Jakakolwiek utrata danych na skutek awarii jest nie do zaakceptowania dla użytkowników - oznacza to pracę w trybie ARCHIVELOG, z włączoną archiwizacją plików dziennika powtórzeń do nieraz kilku lokalizacji. Wymaganie to pociąga to za sobą problemy natury wydajnościowej - system musi dysponować odpowiednią ilością zasobów do wykonywania dostatecznie szybko archiwizacji dziennika powtórzeń (duża liczba szybkich dysków dla bieżących i archiwalnych dzienników powtórzeń, duża moc obliczeniowa procesora (ów) maszyny na której pracuje instancja).
- Baza musi być czynna 24x7 (24 godziny na dobę, 7 dni w tygodniu). Oznacza to wykonywanie kopii bezpieczeństwa plików danych przy otwartej bazie danych - dyski muszą być na tyle wydajne, aby obsłużyć jednocześnie użytkowników bazy danych i operację archiwizacji plików danych.
- Krótki czas odtwarzania. Oznacza to częste wykonywanie kopii bezpieczeństwa, znowu natrafiamy tu więc na problem wydajności stosowanych dysków
- Baza danych ma skomplikowaną strukturę fizyczną, w dodatku struktura ta ulega ciągłej rozbudowie - ciągle tworzone są nowe przestrzenie tabel, nowe pliki danych. Problem ten pociąga za sobą kłopoty związane z automatyzacją tworzenia kopii bezpieczeństwa - skrypty służące do archiwizacji muszą być często modyfikowane i testowane. Wysoki stopień złożoności systemu pociąga za sobą wysoki stopień złożoności przyjętej strategii archiwizacji i odtwarzania. Dla administratora oznacza to że podczas archiwizacji i odtwarzania musi pamiętać o wielu rzeczach (np. że od czasu ostatniej archiwizacji dodane zostały trzy nowe pliki danych lub z której taśmy odtworzyć uszkodzony plik danych, aby przy okazji nie narazić się na kilkugodzinny czas odtwarzania).

Częściowo problemy te rozwiązać może Recovery Manager, narzędzie służące do archiwizacji i odtwarzania bazy danych Oracle, które pojawiło się po raz pierwszy w wersji 8.0. Narzędzie to pozwala na praktycznie całkowite zautomatyzowanie procesu archiwizacji i (co jest równie ważne) procesu odtwarzania. Oprócz tego poprzez zastosowanie kopii na poziomie bloków danych pozwala również na skrócenie całkowitego czasu archiwizacji bazy danych Oracle przy jednoczesnym zachowaniu dobrego czasu odtwarzania. Poniżej prezentujemy podstawowe własności tego narzędzia:

- weryfikacja poprawności kopii bezpieczeństwa - dzięki temu administrator (w przeciwieństwie do tradycyjnych metod archiwizacji bazy danych) może być pewny poprawności kopii którą sporządził

- archiwizacja na poziomie bloków danych - pozwala na ekstrakcję pustych bloków danych, zmniejsza tym samym rozmiar kopii bezpieczeństwa i co za tym idzie czas jej wykonywania. Ponadto czas archiwizacji można skrócić jeszcze bardziej przy pomocy archiwizacji przyrostowej bloków danych.
- automatyczna (w niektórych przypadkach) archiwizacja pliku kontrolnego
- automatyczny wybór optymalnej kopii bezpieczeństwa - pozwala na skrócenie czasu odtwarzania, jest to ważne przede wszystkim w systemach ze skomplikowaną strategią archiwizacji
- możliwość tworzenia raportów o plikach danych, które powinny zostać zarchiwizowane - umożliwia to przypomnienie administratorowi o konieczności archiwizacji pewnych, „niewystarczająco dobrze” zarchiwizowanych plików danych
- automatyczne zapamiętywanie informacji o fizycznej strukturze archiwizowanej bazy danych - zwalnia to administratora z obowiązku sprawdzania poprawności przyjętej strategii archiwizacji, gdy baza danych podlega dynamicznej rozbudowie
- możliwość zapamiętywania sekwencji poleceń służących do archiwizacji i odtwarzania w postaci składowanych skryptów - pozwala to na zautomatyzowanie procesu archiwizacji i odtwarzania bazy danych
- współpraca z opcjami Parallel Query i Parallel Server - RMAN pozwala na zrównoleglenie procesów archiwizacji zarówno w obrębie pojedynczej instancji, jak i całego klastra, co pozwala na radykalne skrócenie czasu wykonywania odpowiedniej operacji.

Powyższa lista własności RMAN-a oznacza, że jest to narzędzie bardzo interesujące, pozwalające na ominięcie szeregu pułapek i paradoksów czyhających na administratora dostatecznie rozbudowanego systemu opartego o technologię Oracle. Stąd też reszta artykułu będzie poświęcona właśnie jemu.

II. Podstawowe pojęcia związane z narzędziem Recovery Manager

Recovery Manager pracuje w oparciu o szereg pojęć charakterystycznych dla tego i tylko tego narzędzia. Ponadto jest wyposażony w specyficzny język poleceń zorientowany na wykonywanie kopii bezpieczeństwa i odtwarzanie bazy danych. W tej części artykułu omówimy podstawowe pojęcia i polecenia związane z pracą w środowisku RMAN-a w wersji 9i oraz jego architektura:

1. Baza docelowa, katalog odtwarzania, kanał

Bazą docelową nazywamy bazę, którą archiwizujemy i odtwarzamy przy pomocy RMAN-a. RMAN odczytuje z pliku kontrolnego tej bazy informacje o jej fizycznej strukturze, zapisując w nim informacje o wykonanych kopiach bezpieczeństwa i odtwarzaniach. Informacje zapisywane przez RMAN-a w plikach kontrolnych bazy docelowej mogą zostać nadpisane. Sytuacja taka ma miejsce wtedy, gdy w sekcji pliku kontrolnego przeznaczonej na dane RMAN-a zabraknie wolnego miejsca oraz pewne z tych informacji są dostatecznie stare (starsze niż `CONTROL_FILE_RECORD_KEEP_TIME` dni). Aby baza docelowa mogła zostać zarchiwizowana lub odtworzona RMAN musi mieć dostęp do jej pliku kontrolnego - musi być więc zamontowana. Zamontowanie i otwarcie docelowej bazy danych jest możliwe z poziomu RMAN-a.

Katalog odtwarzania jest to repozytorium RMAN-a. W repozytorium tym RMAN również zapisuje informacje o archiwizacjach i odtwarzaniach bazy docelowej, informacje te jednakże nie są z katalogu odtwarzania usuwane. W katalogu odtwarzania składowane mogą być ponadto skrypty RMAN-a które są nazwanymi sekwencjami jego poleceń. Skrypty takowe umożliwiają automatyzację procesu archiwizacji i odtwarzania bazy docelowej. Skrypty te nie są zapamiętywane w plikach kontrolnych bazy docelowej. Katalog odtwarzania stanowi strukturę

opcjonalną - nie musimy się nim posługiwać, umożliwia jednakże zwiększenie funkcjonalności RMAN-a. W szczególności katalog odtwarzania jest niezbędny, gdy chcemy:

- składować w nim skrypty RMAN-a
- scentralizować w jednym miejscu czynności związane z archiwizacją i odtwarzaniem więcej niż jednej bazy docelowej

Aby katalog odtwarzania mógł służyć do archiwizacji i odtwarzania pewnej bazy danych, baza ta musi zostać wpieryw w nim zarejestrowana. Fizycznie katalog odtwarzania stanowi zbiór tabel i pakietów PL./SQL. Formalnie rzecz ujmując poprawne jest utworzenie katalogu odtwarzania w bazie docelowej, rozwiązanie takie nie ma jednakże sensu praktycznego - awaria bazy docelowej oznacza w takiej sytuacji również niedostępność katalogu odtwarzania. Aby katalog odtwarzania mógł zostać wykorzystany, baza go zawierająca musi być otwarta.

Kanał jest to proces uruchamiany w instancji bazy docelowej realizujący niskopoziomowe operacje We/Wy. Uruchomienie takiego procesu jest niezbędne do wykonania operacji kopiowania podczas archiwizacji i odtwarzania bazy docelowej. Dla jednej operacji archiwizacji/odtworzania możliwe jest alokowanie kilku kanałów - uzyskujemy poprzez to możliwość zrównoleglenia pojedynczej operacji RMAN-a. W Oracle9i możliwa jest automatyczna alokacja kanału - jeśli kanały nie zostaną jawnie zaalokowane przed przystąpieniem do archiwizacji lub odtwarzania, to RMAN automatycznie zaalokuje pojedynczy kanał przed przystąpieniem do archiwizacji lub odtwarzania. Dzięki nowemu w Oracle9i poleceniu CONFIGURE CHANNEL możliwe jest wstępne skonfigurowanie automatycznie alokowanych kanałów.

2. Kopie bezpieczeństwa sporządzane przy pomocy RMAN-a

Przy pomocy RMAN-a można zarchiwizować pliki kontrolne, pliki danych i archiwalne pliki dziennika powtórzeń. Możliwe do sporządzenia są dwa podstawowe typy kopii bezpieczeństwa. Pierwszym z nich jest **kopia obrazu danych**. Kopia taka stanowi fizyczną kopię pliku źródłowego. Przewaga kopii obrazu danych nad tradycyjnymi technikami archiwizacji danych polega na tym, że RMAN podczas archiwizacji tego typu sprawdza poprawność zarówno pliku źródłowego jak i docelowego. Możliwe jest potraktowanie jako kopii obrazu danych kopii archiwalnej sporządzonej metodami tradycyjnymi. W tym celu należy umieścić w katalogu odtwarzania informacji o odp. kopii (jej „skatalogowaniu”). Jest to sposób na uwzględnienie przy odtwarzaniu bazy danych przy pomocy RMAN-a kopii archiwalnych wykonanych przed podjęciem decyzji o jego zastosowaniu. Kopie obrazów danych mogą być tworzone jedynie na dysku.

Drugim typem kopii są **zestawy kopii**. Tworzenie zestawu kopii oznacza archiwizację na poziomie bloków danych lub bloków systemu plików. Zestaw kopii w przeciwieństwie do kopii obrazu danych może być tworzony również na taśmie. Pojedynczy zestaw kopii może obejmować bloki pochodzące z jednego lub kilku plików źródłowych. Zestaw kopii jest zwykle pojedynczym plikiem, lecz nie jest to wymóg formalny. Jeżeli dysponujemy ograniczoną ilością miejsca na dysku lub taśmie można tworzyć zestawy składające się z wielu plików wynikowych - pliki takie nazywamy **fragmentami zestawu kopii**. Pojedynczy zestaw kopii w wersjach RMAN-a 8.0 i 8i może obejmować albo bloki danych pochodzące z plików danych i/lub plików kontrolnych albo bloki systemu plików pochodzące z archiwalnych plików dziennika powtórzeń. Dopiero w wersji 9i istnieje możliwość archiwizacji plików danych i archiwalnych plików dziennika powtórzeń do tego samego zestawu kopii. Standardowo do zestawu kopii automatycznie jest wrzucany plik kontrolny, jeżeli archiwizujemy plik danych o numerze 1. Ponadto w Oracle9i można skonfigurować automatyczną archiwizację pliku kontrolnego podczas wykonywania **każdego** polecenia COPY lub BACKUP. Podczas tworzenia zestawu kopii zawierającego bloki danych ekstrahowane (wyłączone z archiwizacji) są bloki, które nigdy nie były wykorzystane. W ten sposób rozmiar zestawu kopii jest mniejszy, niż łączny rozmiar archiwizowanych plików danych i plików kontrolnych. Ponadto dzięki zestawom kopii możliwe jest zastosowanie wielopoziomowej strategii archiwizacji przyrostowej i przyrostowej kumulatywnej na poziomie bloków danych:

- kopia przyrostowa poziomu n ($n = 0...3$) obejmuje bloki zmodyfikowane od ostatniej archiwizacji poziomu n .
- kopia przyrostowa kumulatywna poziomu n ($n = 0...3$) obejmuje bloki zmodyfikowane od ostatniej archiwizacji przyrostowej lub kumulatywnej poziomu $< n$.

Podczas tworzenia zestawu kopii również są weryfikowane archiwizowane bloki danych. Oracle9i umożliwia zwielokrotnianie kopii archiwalnych plików danych i archiwalnych plików dziennika powtórzeń. Maksymalna stopień zwielokrotnienia wynosi 4, domyślnie 1.

RMAN w wersji 9i pozwala na optymalizację archiwizacji. Optymalizacja ta polega na automatycznym pomijaniu podczas archiwizacji plików które zostały już zarchiwizowane. Algorytm optymalizacji archiwizacji w przypadku plików danych w celu oceny, czy dany plik został już zarchiwizowany na dane urządzenie, czy też nie posługuje się identyfikatorem bazy danych, numerem ostatnio wykonanego punktu kontrolnego. W przypadku archiwizacji archiwalnych plików dziennika powtórzeń porównywane są identyfikatory bazy danych, numery wątków i numery sekwencyjne.

3. Polisy przechowywania.

Polisy przechowywania dostępne są w RMAN-ie począwszy od wersji 9i. Umożliwiają one zdefiniowanie okresu czasu składowania kopii archiwalnych. Istnieją dwa typy polisy przechowywania: **okna odtwarzania** - pozwalają one na określenie okresu czasu, w którym musi być możliwe odtwarzanie do punktu w czasie, oraz **polisy redundancji** - pozwalają one na zdefiniowanie minimalnej liczby kopii archiwalnych, które muszą być utrzymywane. Domyślną wartością polisy redundancji jest 1. Po upływie okresu czasu lub przekroczeniu stopnia redundancji wymaganych przez polisy niepotrzebne kopie archiwalne można usunąć przy pomocy polecenia **report obsolete**.

4. Odtwarzanie bazy danych przy pomocy RMAN-a

RMAN pozwala na odtworzenie całej bazy danych, poszczególnych przestrzeni tabel, plików danych, a począwszy od wersji 9i **pojedynczych bloków danych**. Podczas odtwarzania RMAN może samodzielnie wybrać kopię archiwalną z której zostanie wykonane odtwarzanie. Algorytm wyboru kopii archiwalnej ma jeden cel: minimalizacja czasu odtwarzania bazy danych. W związku z tym, jeżeli przy odtwarzaniu RMAN dysponuje sporządzonymi w mniej więcej tym samym czasie kopią obrazu danych i zestawem kopii, to wybierze kopię obrazu danych - jej zastosowanie nie wymaga rekonstrukcji pliku danych z bloków bazy danych. Ponadto zastosowanie do odtwarzania zestawów kopii przyrostowych wymagać będzie najprawdopodobniej aplikacji kilku zestawów kopii, tak, aby odbudować pliki danych do stanu najbardziej zbliżonego do aktualnego i tym samym zmniejszyć liczbę niezbędnych do zaaplikowania archiwalnych plików dziennika powtórzeń. Natomiast mechanizm BMR (Block Media Recovery) - odtwarzanie poszczególnych bloków danych wymaga istnienia odpowiedniego zestawu kopii. Wyjątkiem od tej reguły jest mechanizm **BMR (Block Media Recovery - odtwarzanie pojedynczych bloków danych)** - w tym przypadku tak czy inaczej dochodzi do rekonstrukcji plików danych z pojedynczych bloków danych - jedynym kryterium jest więc czas sporządzenia kopii archiwalnej.

III. Podsumowanie

Recovery Manager jest dostarczany z systemem począwszy od wersji 8.0, a więc nie jest już narzędziem nowym. W każdej nowej wersji RMAN-a jednakże pojawia się szereg interesujących własności zwiększających skalę zastosowań tego narzędzia. W wersji 9i narzędzie to zostało wzbogacone o szereg nowych własności, z których najistotniejszą wydaje się możliwość wykonania odtwarzania pojedynczych bloków danych. Własność ta pozwala na dramatyczną redukcję czasu odtwarzania, a więc i niedostępności danych, co może przynieść ogromne korzyści

administratorom baz danych. Narzędzie to przy pierwszym kontakcie na pewno nie wydaje się łatwe w obsłudze - tekstowy interfejs użytkownika, bogaty zestaw poleceń o skomplikowanej składni z pewnością mogą odstraszyć potencjalnych zwolenników, należy pamiętać jednakże o dwóch rzeczach: interfejsy tekstowe są zazwyczaj znacząco bardziej elastyczne od interfejsów graficznych, ponadto RMAN wyposażony jest w interfejs graficzny... Narzędzie Backup Wizard, stanowiące integralną część Enterprise Manager-a w wersji 2.x umożliwia współpracę z RMAN-em. Niestety, jak to zwykle bywa, narzędzie to nie pozwala na pełne wykorzystanie funkcjonalności RMAN-a. W efekcie potencjalni użytkownicy RMAN-a to administratorzy systemów na tyle dużych i skomplikowanych, że opanowanie nowego języka poleceń jest dla nich opłacalne - zyskują dzięki temu możliwość zautomatyzowania procesu archiwizacji, automatycznej weryfikacji jego poprawności, poprzez archiwizacje na poziomie bloków danych skrócenie jej czasu i tym samym zmniejszenie kosztów zabezpieczenia bazy danych, poprzez odtwarzanie pojedynczych bloków danych skrócenie czasu niedostępności danych po awarii oraz dodatkowe zabezpieczenie kopii bezpieczeństwa poprzez ich zwielokrotnianie.