

Referat ten poświęcony jest mechanizmom podnoszącym bezpieczeństwo baz danych Oracle. Bezpieczeństwo w sensie utrzymania dostępności danych poprzez odpowiednie ich składowanie z użyciem mechanizmów takich jak macierze dyskowe RAID. Jest to temat ważny ponieważ tak się składa, że dane są podstawą istnienia każdej bazy.

Jeżeli chodzi o owe rozwiązanie to cechuje je zapewnianie bezpieczeństwa danym poprzez utrzymywanie ich nadmiarowości (redundancji). Nadmiarowość oznacza zawsze konieczność zapewniania dodatkowej "powierzchni" składowania takiej jak dyski twarde oraz odpowiednich mechanizmów wewnętrznych zarządzających owymi dodatkowymi danymi takich jak kontrola parzystości danych, ich synchronizacja, utrzymywanie spójności i dostępności.

Oczywiście każda taka nadmiarowość pociąga za sobą koszty. Prawdziwe jest w tym przypadku stwierdzenie, że koszt jest wprost proporcjonalny do stopnia zapewnionego bezpieczeństwa. Inaczej mówiąc o koszcie przyjętych rozwiązań powinna decydować waga posiadanych danych, przy czym z jednej strony koszt zabezpieczeń nie powinien być wyższy od wartości danych, z drugiej strony koszt niektórych konfiguracji jest na tyle niski, że może być (i powinien) stosowany do danych małej wagi.

Bardzo Duża Baza Danych

Problem bezpieczeństwa staje się bardziej widoczny gdy rozpatrujemy go w kontekście Bardzo Dużych Baz Danych (VLDB - Very Large Data Bases). Jaką bazę danych można uważać za bardzo dużą? Czy jest to baza o wielkości 5 GB czy może 5 TB? Na to pytanie nie ma jednoznacznej odpowiedzi. Jeżeli interesuje nas zagadnienie składowania danych, to o wiele lepiej jest rozpatrywać pewne cechy baz danych takie jak złożoność obsługi, poziom wydajności, poziom dostępności itp.; proszę pamiętać, że pod pojęciem dostępności rozumiemy czas reakcji systemu na żądanie potencjalnego użytkownika, czyli z bezprzerwową pracą systemu a ta, w głębszym aspekcie, jest przede wszystkim zależna od poziomu jego bezpieczeństwa. Okazuje się, że baza o wielkości 100 GB, na której pracuje 500 użytkowników w trybie 24x7 (godziny-dni) może być równie złożona w obsłudze jak baza 2 TB z 50 użytkownikami pracująca w trybie 8x5.

Ten sam problem dotyka również wydajności i zapewnienia dostępności. Rozpatrywanie wielkości plików danych w oderwaniu od całości problematyki funkcjonowania systemu nie ma większego sensu. Nie powie nam to nic o kosztach obsługi, koszcie czasowym w dostępie do danych, koszcie czasowym przerw potrzebnych na usunięcie awarii itp. Unikniemy wielu rozczarowań stosując tu bardziej praktyczne podejście.

Z drugiej strony, jeżeli rozpatrujemy już wielkość plików, to pojawia się pytanie czy faktycznie bazy VLDB potrzebują aż tyle przestrzeni i tak nowoczesnych technik składowania? Do jakiej wielkości faktycznie nasza baza może "urosnąć"? Jak wygląda to w implementacji baz Oracle pokazuje tabela nr 1 (w praktyce wielkości te mogą być limitowane przez platformę systemową).

Obiekt (rozmiar lub liczba)	Oracle7	Oracle8 i wersje wyższe
Database Size	32 TB	Wynik z (65533 plików * rozmiar największego pliku obsługiwanego przez Twoją platformę systemową)
Liczba przestrzeni tabel	1022	65536

Liczba plików danych	1022	65533
Liczba kolumn w tabeli	254	1000
Liczba kolumn na indeks	16	32
Liczba ekstentów w tabeli	Nielimitowana	Nielimitowana
Liczba kolumn LOB na tabelę	1 LONG/LONGRAW	1000 LOB
Maksymalny rozmiar LOB	2 GB	4 GB
Rozmiar CHAR	255 bytes	2000 bytes
Rozmiar VARCHAR2	2000 bytes	4000 bytes

Tab 1. Powyższe dane mogą być różne w zależności od platformy systemowej

Ja widzimy bazy danych mogą być naprawdę "obszerne" a to wymaga odpowiednich mechanizmów zarządzania (bezpiecznym) składowaniem danych.

Kiedy nastąpi awaria ?

Dysk twardy jest urządzeniem składającym się z części ruchomych. Każde urządzenie składające się z części ruchomych ma tendencję do awarii. Pytanie brzmi: kiedy dysk twardy ulegnie awarii ?

Obecnie Średni Bezawaryjny Czas Pracy (MTTF – Mean Time to Failure) dysku mierzy się w latach. Przykładowo MTTF wynoszący 100 000 godzin oznacza, że dysk nie powinien mieć więcej niż jedną (średnio) awarię na około 12 lat. Wydaje się to dużo. Jednak proszę popatrzeć na tabelę nr 2.

MTTF dla jednego dysku	100 000 godzin
Pojemność dysku	20 GB

Ilość danych (GB)	Liczba dysków	MTTF	Częstotliwość awarii (dni)
160	8	12 500	520,83
640	32	3 125	130,21
1280	64	1 563	65,10
2560	128	781	32,55
5120	256	391	16,28
10240	512	195	8,14
20480	1024	98	4,07
40960	2048	49	2,03

Tab. 2. Średni Bezawaryjny Czas Pracy MTTF systemów dysków w zależności od liczby dysków w systemie.

Otóż dla systemu, w którym pracuje 8 dysków MTTF wynosi już tylko 12 500 godzin. Natomiast dla systemu z 128 dyskami – dwa TB jest aktualnie wielkością dość często występującą np. w hurtowniach danych – MTTF wynosi 718 godzin; to znaczy, że można się spodziewać średnio jednej awarii raz w miesiącu !!!

Oczywiście nikt nie będzie instalował aż 128 dysków w jednej macierzy ale jeżeli weźmiemy pod uwagę system rozproszony składający się z małych jednostek, to sumaryczny MTTF dla całego systemu może być mały.

Sam miałem kiedyś okazję widzieć w działaniu taki system. Pracowało w nim 20 serwerów, w których w sumie zainstalowanych było „tylko” 120 dysków. Średnio w ciągu roku 6-7 dysków ulegało awarii. Nie mam wątpliwości, że bez odpowiedniego zabezpieczenia (w tym przypadku była to macierz w konfiguracji RAID 5) system nie spełniłby założeń.

RAID – technologia czy konfiguracja ?

RAID (Redudant Arrays of Inexpensive Disks) jest technologią, która dostarcza różnych sposobów składowania i dostępu do danych na dyskach zorganizowanych w zestawy zwane macierzami. Natomiast sposób w jaki ten dostęp, składowanie będzie się odbywało opisują poszczególne konfiguracje RAID np. RAID 0, ..., RAID 5. Przy czym ważne jest to, że dana konfiguracja opisuje ogólny sposób pracy z danymi i może znacznie odbiegać od rozwiązań oferowanych przez producentów.

Należy dokładnie zdać sobie sprawę z tego, że technologia RAID nie jest przeznaczona do poprawy wydajności baz danych ale do zabezpieczenia danych. **RAID zapewnia ochronę nie wydajność.** Oczywiście jest to podejście generalne i nie oznacza, że macierze są mało wydajne. Nie są. Lecz jest to kwestia wtórna. W dodatku wydajność ich jest ściśle zależna od przeznaczenia bazy danych lub rodzaju działań, które będą na niej wykonywane co zostanie pokazane przy okazji, dalej.

W jaki sposób RAID dostarcza ochrony danych ? Metod jest kilka:

- Dyski lustrzane (mirroring) - rys. 1. Chroni dane poprzez powielanie ich na kolejnym komplecie dysków. Słowo „kolejny” komplet dysków zostało użyte celowo. Oznacza bowiem, że kompletów dysków może być więcej niż dwa (dwa minimum). Każde kolejne „lustro” zwiększa bezpieczeństwo danych. Poza tym przydaje się gdy np. chcemy wykonać pełną kopię bezpieczeństwa. Wystarczy odłączyć jeden komplet dysków, wykonać kopię a następnie podłączyć z powrotem – inteligentny sterownik zsynchronizuje dyski automatycznie.

Dysk_1	Dysk_2	Dysk_3	Dysk_4	Dysk_5	Dysk_6	Dysk_7	Dysk_8
Dane_11	Dane_12	Dane_13	Dane_14	Dane_11	Dane_12	Dane_13	Dane_14
Dane_21	Dane_22	Dane_23	Dane_24	Dane_21	Dane_22	Dane_23	Dane_24

Rys. 1. Schemat ideowy dysków lustrzanych (mirroring).

Rozwinięciem tej metody jest powielanie nie tylko dysków twardej ale także innych elementów macierzy takich jak sterowniki, pamięci buforowe, magistrale itd.

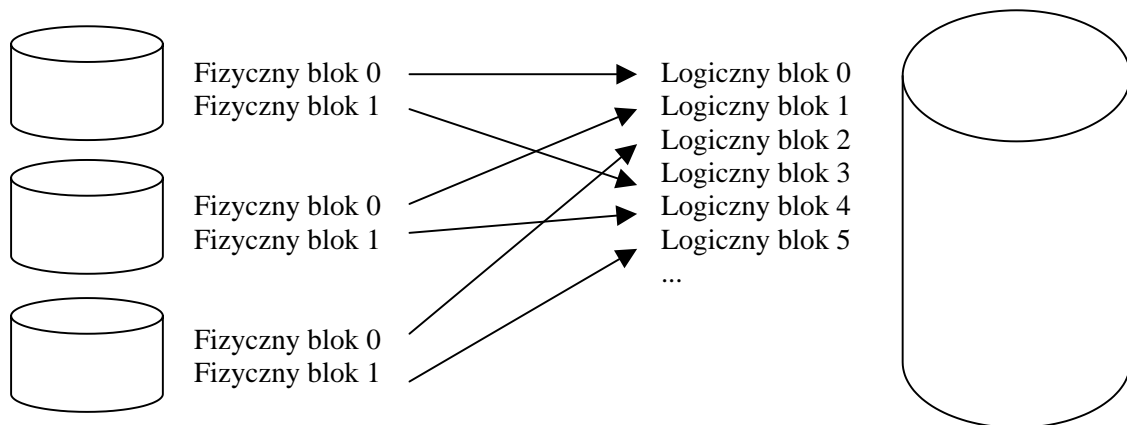
- Przeplot (striping) - rys. 2. Może być bitowy (jednostką zapisu jest 1 bit) lub blokowy. Dane są zapisywane w postaci grup bitów lub bloków danych na dyskach macierzy np. przy zapisie bloku 4KB, przeplocie blokowym 1KB i 4 dyskach, na wszystkich dyskach zostanie zapisany 1KB danych tworząc swoisty "pasek" (strip) danych. Jeżeli blok danych w tym przypadku miałby wielkość 8KB to dane nie zmieściłyby się w jednej warstwie i powstałyby dwa "paski" danych. Natomiast przy jeszcze większym bloku warstw powstanie więcej. Warto tu

nadmienić, że powyższe dwa przypadki powodują spadek wydajności operacji we/wy tym większy im więcej "pasków" danych jest tworzonych na zapisanie jednego bloku danych.

Dysk_1	Dysk_2	Dysk_3	Dysk_4
Dane_11	Dane_12	Dane_13	Dane_14
Dane_21	Dane_22	Dane_23	Dane_24

Rys. 2. Schemat ideowy przeplotu (striping).

Należy powiedzieć także, iż przeplot może prowadzić do zjawiska zwanego "hot spot", charakteryzującego się tym, że dane obiektów intensywnie wykorzystywanych składowane są w na tym samym dysku. Spowodowane jest to tym, że stosując przeplot tracimy wpływ na to gdzie będą umieszczone poszczególne obiekty bazy danych (rys. 3) co może mieć wymierny wpływ na wydajność przetwarzania (tu operacje we/wy).



Rys. 3. Odzworowanie dysków fizycznych na dysk logiczny przy przeplacie (wielkość bloku danych bazy Oracle nie musi pokrywać się z wielkością bloku lub liczbą bitów zapisywanych fizycznie na dysk)

Innym niebezpieczeństwem, spowodowanym brakiem wpływu na lokowanie obiektów bazy danych, jest brak gwarancji izolowania plików kontrolnych oraz grup plików dziennika powtórzeń. Ta sytuacja - jak wiadomo - może mieć wymierny wpływ na bezpieczeństwo bazy danych. W najgorszym przypadku pliki kontrolne lub grupy plików dziennika powtórzeń (ewentualnie znacząca ich część) mogą zostać ulokowane na jednym i tym samym dysku co w przypadku awarii oznacza konieczność odtwarzania a w konsekwencji przestój.

- Kontrola parzystości (parity) - rys. 4. Informacja o danych kontrolowana jest przez dodatkowe dane parzystości zapisywane już to na osobnym dysku lub na wszystkich dyskach równomiernie – w ostatnim przypadku mamy do czynienia z przeplotem gdzie jeden z bloków "paska" danych jest blokiem parzystości. Umożliwia to odtworzenie utraconych danych z informacji kontrolnych.

Dysk_1	Dysk_2	Dysk_3	Dysk_4
Dane_11	Dane_12	Dane_13	Parzystość_1
Dane_21	Dane_22	Parzystość_2	Dane_24

Dane_31	Parzystość_3	Dane_33	Dane_34
Parzystość_4	Dane_42	Dane_43	Dane_44

Rys. 4. Schemat ideowy parzystości (parity).

Należy jednak wiedzieć, iż pomimo, że algorytm zapisu danych z kontrolą parzystości jest implementowany na dość mało kosztownym działaniu logicznym XOR (tab. 3 i przykład 1) ma on jednak kilkakrotnie większy koszt czasowy niż zapis klasyczny. Przebieg jego ma mniej więcej następujący przebieg:

- Przeczytanie bloku na dysku, który ma być nadpisany;
- Przeczytanie powiązanych z nim danych parzystości;
- Odjęcie informacji o starych danych od danych parzystości;
- Dodanie informacji o nowych danych do danych parzystości;
- Zapisanie nowych danych parzystości;
- Zapisanie nowych danych „właściwych”.

XOR	0	1
0	0	1
1	1	0

Tab. 3. Definicja operacji XOR

Przykład 1:

Dysk 1 posiada dane:	11100011
Dysk 2 posiada dane:	11101101

Obliczenie bajtu kontrolnego (parzystość) operacją Exclusive OR (XOR): 00001110

Innymi mechanizmami podnoszącymi niezawodność macierzy RAID są opcje hot-standby disk i hot-swap disk. Ogólnie, występując w macierzach opcja hot-standby ma za zadanie przejęcie pracy dysku uszkodzonego na czas jego wymiany. Po wymianie dysku uszkodzonego dysk rezerwowego wraca ponownie do stanu "oczekiwania na awarię". Występując wraz z kontrolą parzystości umożliwia rezerwowemu (pustemu) dyskowi przejęcie pracy dysku uszkodzonego poprzez automatyczne odtworzenie na nim danych z informacji o parzystości. W przypadku dysków lustrzanych, dysk rezerwowego po przejęciu pracy dysku uszkodzonego zostaje uaktualniony o dane z dysku "lustrzanego".

Występowanie obu wymienionych mechanizmów uzależnione jest od konkretnych rozwiązań oferowanych przez producentów.

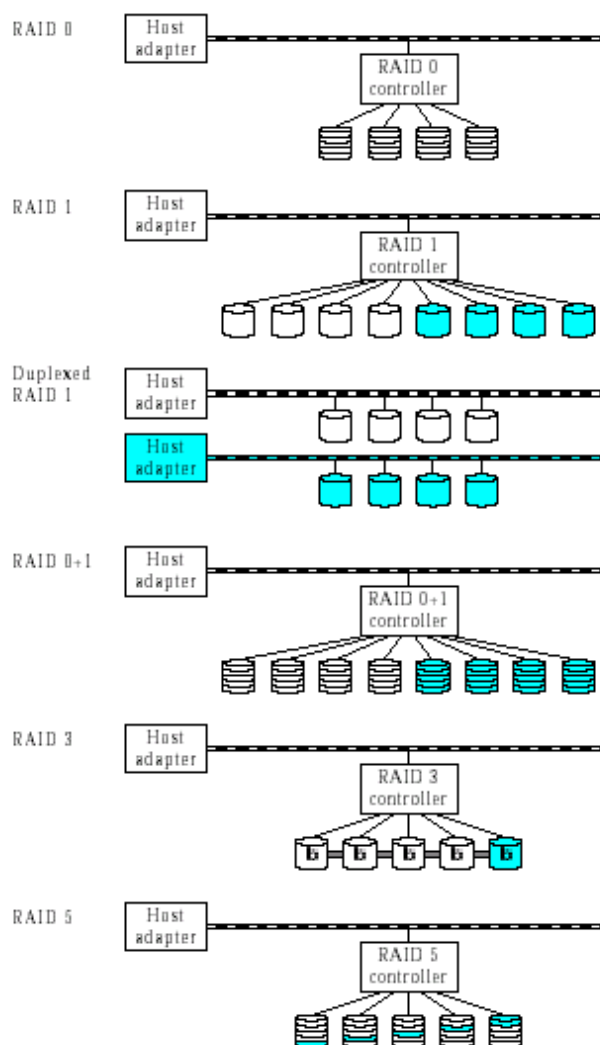
Konfiguracje RAID

Wśród konfiguracji używanych są bardziej i mniej popularne. Są takie, które wychodzą już z użytku (np. RAID 2), inne zaś nie doczekały się jeszcze standardu (np. RAID 6 i RAID 7). Najbardziej znanymi konfiguracjami są (patrz rys. 4):

- **RAID 0:** Najprostsza konfiguracja. Dobra wydajnościowa ale nie dostarcza żadnego zabezpieczenia danych ani ich nadmiarowości (redundancji). Dane poprzez mechanizm przeplotu lokowane są w blokach na wszystkich dyskach macierzy stanowiącej logiczny wolumin. Może to prowadzić do dużych strat w danych przypadku awarii dysków a na pewno do przestoju bazy na czas usunięcia usterki (wymiany dysku i odtworzenia całej bazy).
- **RAID 1:** Prowadzi pełną nadmiarowość danych poprzez odzwierciedlanie ich obrazu na kolejnym komplecie dysków. Niestety każde dodatkowe „lustro” zwiększa także koszt systemu, co przy dużych bazach – duża liczba i pojemność dysków, dodatkowe sterowniki itp. – może być problemem.
- **RAID 0+1:** Konfiguracja dająca wydajność RAID 0 i bezpieczeństwo RAID 1. Dane są zapisywane w konfiguracji RAID 0, która jest powielana – w miarę potrzeby wielokrotnie - na kolejnych "lustrach". Jednak koszt takiego systemu dysków jest bardzo wysoki (dużo wyższy niż RAID 1).







Zagłębiając się w temat nazwa 0+1 została tu użyta potocznie. W przypadku tej konfiguracji możemy my wyróżnić dwa jej typy:

- **0+1:** działającej według zasady *“Stripe First, Then Mirror What You Just Striped”*;
 - **1+0:** działającej według zasady *“Mirror First, Then Stripe Over What You Just Mirrored”*.
- **RAID 3:** Dane zapisywane są z przeplotem bitowym na n-1 dyskach. Jeden dysk (nadmiarowy) przeznaczony jest na dane parzystości, które pozwalają w przypadku awarii odtworzyć sterownikowi macierzy dane. Niestety już fizyczna konstrukcja takiego rozwiązania powoduje, że jest to potencjalne wąskie gardło (bottleneck) całego systemu. Jest to spowodowane tym, że pojedynczy dysk kontroli parzystości musi nadążyć zapisać wszystkie dane kontrolne dotyczące danych "właściwych" zapisywanych na wielu dyskach jednocześnie. Zakładając wysoki poziom we/wy i biorąc pod uwagę fakt, że dane "właściwe" nie mogą zostać zapisane na dysk zanim nie zostaną zapisane dane parzystości związane z nimi konstrukcja taka będzie mało wydajna - tym mniej im większa liczba operacji zapisu. Dodatkowo istnieje niebezpieczeństwo utraty dysku parzystości. Co w najlepszym przypadku powoduje unieruchomienie bazy danych. Chyba, że z kolei zabezpieczymy dysk parzystości np. stosując technikę dysków lustrzanych lub hot standby.
 - **RAID 4:** Tak jak RAID 3 tyle, że z przeplotem blokowym.
 - **RAID 5:** Nadmiarowości danych dostarczają dane parzystości, które jak i pozostałe dane są lokowane w blokach na wszystkich dyskach macierzy. Jest bezpieczna ale należy pamiętać, że algorytm zapisu danych – ze względu na kontrolę parzystości – znacząco podnosi koszt zapisu danych.



Rys. 5. Schemat ideowy sprzętowych konfiguracji macierzy RAID.

Przyjęto następujące oznaczenia:

-  dysk bez przepływu
-  dysk z przepływem blokowym
-  dysk z przepływem bitowym
-  magistrala
-  synchronizacja międzydyskowa
-  redundancja

Jeżeli mówimy o bezpieczeństwie to warto zauważyć, że konfiguracja RAID 1 chroni nas przed awarią dysków ale nie przed awarią sterownika czy innych elementów macierzy. Systemy, w których wszystkie elementy są powielane, zaliczają się nadal do konfiguracji RAID 1, jednak już nie pod nazwą mirroring lecz duplexing. Oczywiście powielenie może być więcej niż dwukrotne. Przy czym koszt takiego rozwiązania jest najwyższy ze wszystkich konfiguracji.

Bezpieczeństwo a wydajność

Tak jak wspominałem RAID nie służy zapewnianiu wydajności. Główną jej cechą jest zapewnienie bezpieczeństwa danych i utrzymanie stałego dostępu do nich. Nie należy się spodziewać wzrostu wydajności, chociaż producenci dostarczają pewnych własnych rozwiązań powodujących jej zwiększenie. Elementy, na które warto zwrócić uwagę to ilość kanałów, przepustowość, algorytm zapisu danych, pamięć cache itp. Lecz uwaga: **przekazanie danych do sterownika macierzy oznacza dla bazy, że zostały zapisane na dysk. Nawet jeżeli są umieszczone tylko w pamięci cache sterownika a nie zapisane fizycznie.** Łatwo się domyśleć, że awaria pamięci w takim przypadku pozbawia nas danych na trwałe (bez możliwości odtwarzania) i bynajmniej nie jest to wina bazy. Oczywiście producenci prześcigają się w rozwiązaniach zapewniających bezpieczeństwo danym nie zapisanym jeszcze na dysk. Są to np. algorytmy cyklicznego „wymiatania” (co określony interwał czasowy) zalegających w pamięci cache danych i zapisywania ich na dysk, systemy awaryjnego zasilania pamięci cache i inne. Są to jednak rozwiązania kosztowne a w dodatku stosowane tylko w bardziej zaawansowanych systemach macierzowych. Stąd warto zdawać sobie sprawę z tego jakie algorytmy zarządzania pamięciami cache są dostępne i jakie wady i zalety posiadają.

Możemy wyróżnić dwa typy mechanizmów pamięci cache:

- write-through
- write-back.

Oba mechanizmy mają za zadanie buforowanie zapisywanych na dysk danych – zgodnie z zasadą, że zapis do pamięci jest szybszy niż zapis na dysk twardy. Tym co je wyróżnia jest sposób postępowania z danymi po ich przejęciu. W przypadku mechanizmu write-through przyjmuje się, że zapis danych został wykonany gdy dane zostaną zapisane z pamięci cache na dysk twardy. Natomiast w przypadku mechanizmu write-back zapis przyjmuje się, że zapis danych został wykonany w momencie zapisania ich do pamięci cache. Oczywiście niesie to za sobą poważne konsekwencje. Mechanizm write-through jest dużo wolniejszy od mechanizmu write-back jednak – jak to powiedzieliśmy wcześniej – jest dużo bezpieczniejszy; w tym przypadku dane są rzeczywiście zapisane na dysku. Z drugiej strony mechanizm write-back cechuje bardzo dobra wydajność i może być z powodzeniem stosowany w systemach o wysokiej tolerancji na awarię np. systemach developerskich.

Cecha	Write-through	Write-back
Zapis zakończony gdy ...	Dane są zapisane na dysk twardy	Dane są zapisane do pamięci cache
Wydajność	Nienajlepsza; zależna od prędkości dużo wolniejszego urządzenia jakim jest dysk twardy.	Bardzo dobra
Słabość	Brak – dane są rzeczywiście zapisane na dysk.	W przypadku awarii pamięci lub jej przekłamania mechanizmy Oracle nie są w stanie odtworzyć bazy danych.

Tab. 4. Cechy mechanizmów zarządzania danymi pamięci cache sterowników macierzy dyskowych RAID.

Jeżeli chodzi o wydajność to nie musimy się obawiać także jej zmniejszenia. Jednak tylko pod warunkiem wyboru odpowiedniej konfiguracji w stosunku do odpowiedniego przeznaczenia bazy. Posadowienie bazy, w której dominują operacje intensywnego zapisu na RAID 5 jest bardzo złym

rozwiązaniem. Natomiast dla hurtowni danych – gdzie przewagą jest odczyt – jest rozwiązaniem dobrym.

Wydajność poszczególnych konfiguracji dla różnych operacji pokazana jest w tabeli 5.

	Poziom RAID					
	„zwykły dysk”	0	1	0+1	3	5
Wydajność plików kontrolnych	4	5	4	5	1	3
Wydajność plików dziennika powtórzeń	2	5	1	5	4	3
Wydajność przestrzeni tabel SYSTEM	4	5	4	5	1	3
Wydajność segmentów sortowania	2	5	1	5	4	3
Wydajność segmentów wycofania	4	5	4	5	1	1
Indeksowane pliki tylko do odczytu	4	5	4	5	1	5
Nieindeksowane pliki tylko do odczytu	2	5	1	5	4	3
Intensywny proces DBWR	5	5	4	5	1	1
Intensywne bezp. Ładowanie danych	2	5	1	5	4	3
Ochrona danych	2	1	5	5	4	4
Koszt zakupu i obsługi	5	5	1	1	3	3

Tab. 5. Wydajność przykładowych operacji/obiektów w kontekście różnych konfiguracji RAID (Ocena 1 oznacza wynik bardzo zły. Ocena 5 – bardzo dobry.).

Dane podane w tabeli 2 są danymi średnimi i nie należy przyjmować ich bezpośrednio. Jest oczywiste, że dla bardzo małej bazy z niewielką liczbą użytkowników mniej lub wcale nie jest ważne jaka to będzie konfiguracja. Poza tym są to wyniki dla konfiguracji, nie dla rozwiązań poszczególnych producentów, gdzie wyniki mogą być całkiem inne.

Patrząc na wyniki w tabeli można by dojść do wniosku, że zakup macierzy RAID 0+1 jest najlepszym rozwiązaniem. Otóż nie. Tak samo można by myśleć, że zakup mainframe’a jest najlepszym rozwiązaniem dla każdego systemu. Proszę pamiętać, że rzecz dotyczy się bardzo dużych baz danych a koszt RAID 0+1 będzie w tym przypadku też bardzo duży, być może większy niż samego serwera.

Przeważanie jednak jest tak, że każda z konfiguracji sprawdza się najlepiej w jakimś szczególnym zastosowaniu (tab. 6)

Poziom RAID	Najlepsze zastosowania ?
RAID 0	Nie zalecane dla jakiegokolwiek systemu o znaczeniu krytycznym. Dopuszczalne w systemach developerskich, w których problem odtwarzania jest mało istotny.
RAID 1	Idealne dla składowania plików dziennika powtórzeń zarówno on-line jak i archiwalnych.

RAID 0+1 or 1+0	Idealne dla systemów o wymaganym wysokim poziomie dla operacji zapisu np. systemy OLTP, systemy Hybrydowe.
RAID 5	Idealne dla systemów Data-Mart i hurtowni danych.

Tab. 6. Najlepsze zastosowania dla poszczególnych konfiguracji RAID.

Wybór odpowiedniej konfiguracji i rozwiązań producenta nie jest jedynym działaniem dzięki któremu możemy mieć wpływ na wydajność. Optymalna liczba dysków w macierzy jest też rzeczą niebłahą. Problem w tym, że wyliczana na podstawie wzorów. Na przykład aby wyliczyć liczbę dysków dla macierzy 0+1, 1+0 możemy się posłużyć następującym algorytmem:

1. Określ przepustowość c pojedynczego dysku przyszłej macierzy przy założeniu, że wszystkie dyski będą charakteryzowały się takimi samymi parametrami. Przepustowość, czyli liczba operacji we/wy (I/O) na sekundę, jest standardowym parametrem dysku twardego i jest podawana w jego specyfikacji technicznej.
2. Określ liczbę t operacji we/wy jaką będzie realizować (realizuje) twoja (średnia) transakcja w systemie.
3. Oblicz liczbę r fizycznych operacji we/wy na sekundę jaką Twoja macierz musi przetworzyć:

$$r = (k + 1) * t / k$$

gdzie k jest wielkością Twojego bloku przeplotu (tab. 7) podzieloną przez wielkość we/wy.

4. Oblicz minimalną liczbę g dysków dla Twojej macierzy:

$$g = r / c = (k + 1) * t / (k * c)$$

Inną kwestią – także wyliczaną ze wzorów – jest optymalna wielkości bloku przeplotu (tab. 7).

Konkurencyjność	Poziom we/wy	Wielkość bloku przeplotu (strip size)	Przykład
Mała	Mała	$k * db_block_size$; $k = 2, 3, 4 \dots$	DBWR
Mała	Duża	$k * db_block_size$; $k = 0,25, 0,5, 1, 2, 3 \dots$	LGWR, ARCH
Duża	Mała	$k * db_block_size$; $k = 2, 3, 4 \dots$	OLTP
Duża	Duża	$k * db_block_size * db_file_multiblock_read_count$; $k = 2, 3, 4 \dots$	Parallel Server

Tab. 7. Optymalna wielkość bloku przeplotu.

Jednak samo wyliczenie raczej nie doprowadzi nas do prawidłowych wniosków – zawsze lepiej w tym przypadku skorzystać z konsultacji specjalisty, który doradzi nam dobór odpowiedniego rozwiązania.

Konkluzje

Bazy danych Oracle działają prawidłowo z każdą z konfiguracji RAID. Jednak jak zostało pokazane nie każda konfiguracja jest odpowiednia dla danej specyfiki przetwarzania danych. Także nie każda konfiguracja jest jednakowo bezpieczna. Najlepiej gdyby nasz wybór był wypadkową obu cech - bezpieczeństwa i wydajności. Z drugiej strony nie zawsze uda nam się pogodzić obydwie cechy z trzecią cechą, jaką jest koszt danego rozwiązania. Prawdopodobnie często wybór będzie musiał być kompromisem trzech wymienionych cech. W takim przypadku zawsze lepiej jest skorzystać z porady konsultanta lub analityka jaką konfigurację należałoby wybrać. Zaoszczędzi to nam wielu rozczarowań. Warto bowiem pamiętać, że bardzo duża baza danych oznacza bardzo duże koszty ewentualnej pomyłki.