

OPTYMALNY EKONOMICZNIE POZIOM RYZYKA W MACIERZACH DYSKOWYCH RAID

Karol KREFT

Streszczenie: Zapewnienie odpowiedniego poziomu niezawodności pamięci masowej to podstawowy element systemu bezpieczeństwa informacji w przedsiębiorstwie. Dobór urządzeń do gromadzenia i przechowywania danych informatycznych powinna poprzedzać analiza ekonomiczna uwzględniająca niezawodność oraz koszt zastosowanych rozwiązań. W artykule opisano metodę określenia optymalnej wielkości ryzyka w systemach macierzy dyskowej RAID, ze względu na kryterium ekonomiczne.

Słowa kluczowe: bezpieczeństwo informatyczne, analiza ryzyka, macierz RAID,

1. Wstęp

Proces zarządzania ryzykiem informatycznym nie przebiega jednakowo we wszystkich systemach informatycznych. Czasami przedsiębiorstwa ograniczają zarządzanie ryzykiem tylko do identyfikacji i analizy zagrożeń. Forma i zakres procesu zarządzania ryzykiem IT zależy od charakteru przedsiębiorstwa oraz znaczenia systemu informatycznego dla prowadzonej działalności gospodarczej.

Zarządzanie ryzykiem sytemu informatycznego jest procesem podejmowania decyzji i realizacji działań prowadzących do osiągnięcia akceptowalnego poziomu ryzyka.

Zarządzanie ryzykiem bazuje na podejściu klasycznym (Courtneya), w którym wielkość ryzyka jest iloczynem częstości zdarzenia niekorzystnego i wielkości strat. Oszacowanie wartości ryzyka w systemach informatycznych jest niezbędne przy podejmowaniu skutecznych decyzji dotyczących bezpieczeństwa. Znana wartość ryzyka pozwala wybrać odpowiednią technologię informatyczną w stosunku do chronionego zasobu, a także świadomie akceptować określony poziom ryzyka.

Oszacowanie ryzyka możliwe jest poprzez oszacowanie prawdopodobieństwa i skutków wystąpienia incydentu naruszającego bezpieczeństwo.

Zarządzanie ryzykiem to również strategiczna umiejętność, bez której nie można zbudować bezpiecznego systemu informatycznego.

W procesie zarządzania ryzykiem IT możemy wyróżnić cztery etapy, a mianowicie:

- identyfikację ryzyka,
- pomiar i analizę ryzyka,
- sterowanie ryzykiem,
- monitorowanie i kontrolę ryzyka.

Pierwszy etap procesu zarządzania ryzykiem to rozpoznanie czynników ryzyka. Takie podejście umożliwia w pierwszej kolejności określenie przyczyny i charakteru różnych rodzajów ryzyka występującego w wyodrębnionych obszarach systemu informatycznego.

Drugi etap to proces szacowania prawdopodobieństwa wystąpienia zdefiniowanych rodzajów ryzyka, a także określenie wartości prawdopodobnych strat. Zastosowanie mało precyzyjnych miar daje jedynie możliwość określenia, które ryzyko jest większe, a które

jest mniejsze. W tym etapie definiujemy również poziomy poszczególnych rodzajów ryzyka, jakie mogą być zaakceptowane.

Następny trzeci etap to sterowanie ryzykiem. W ramach tego etapu realizowane są działania redukujące ryzyko w systemach informatycznych. Do ważniejszych metod sterowania ryzykiem zaliczamy:

- redukcję lub eliminację ryzyka,
- podjęcie ryzyka.

Ostatni etap to ciągle monitorowanie i kontrola ryzyka. Podejmowane działania mają na celu sprawdzenie, jak skuteczny jest proces zarządzania ryzykiem. Stwierdzenie nieprawidłowości jest sygnałem do podjęcia działań naprawczych.

Pomiędzy etapami zarządzania ryzykiem powinno występować sprzężenie zwrotne w celu ciągłego doskonalenia całego procesu.

Strategie transferowania ryzyka (ubezpieczenia się od utraty systemu informatycznego) na instytucję ubezpieczającą nie można zrealizować bez określonych obwarowań (w praktyce wymagana jest instalacja zabezpieczeń redukujących ryzyko oraz wdrożenie narzuconych procedur) i takie rozwiązanie powinno się uznać za uzupełniające.

2. Niezawodność pamięci dyskowej

Zaawansowane technologie pamięci masowych pomagają przedsiębiorstwom uporać się z szybkim przyrostem danych. Nowe rozwiązania wymagają od nabywców szerszego spojrzenia na kryteria decydujące o wyborze konkretnego rodzaju dysku. Wybór odpowiedniego systemu pamięci masowych jest coraz trudniejszym zadaniem, a proste kryterium typu cena za gigabit danych staje się niewystarczające.

Specjaliści branży IT radzą, aby na system pamięci masowych spojrzeć szerzej i oceniać go pod kątem wydajności i niezawodności. Decyzję o wyborze pamięci powinna poprzedzić dokładna analiza kosztów i korzyści. Potrzeby przedsiębiorstw w zakresie przechowywania danych są dziś bardzo zróżnicowane, a na rynku nie ma uniwersalnych rozwiązań. Zmiany na rynku pamięci masowych przebiegają w kierunkach zwiększania pojemności dysków, poprawie wydajności oraz zwiększania niezawodności.

Tradycyjnym dyskom wyrósł poważny konkurent w postaci napędów SSD. Skrót SSD pochodzi od słów Solid State Disk. Dyski SSD podobnie jak pendrive'y zbudowane są z pamięci typu flash. W przeciwieństwie do tradycyjnych dysków twardej i napędów DVD, dyski SSD nie zawierają żadnych części ruchomych. Dyski SSD cechuje duża wydajność dzięki minimalnemu czasowi dostępu do danych. Poza ceną, praktycznie w każdym zakresie dyski SSD mają przewagę nad nośnikami magnetycznymi.

Przewidywany okres bezawaryjnej pracy dysku twardego określa współczynnik MTBF (Mean Time Between Failure) wyrażający średni czas między awariami. Współczynnik MTBF jest uniwersalnym miernikiem niezawodności urządzeń i jest wykorzystywany nie tylko w odniesieniu do dysków twardej.

W przypadku producenta Seagate wartość MTBF dla dysków SCSI (ST1000NM0001) wynosi 1 200 000 godzin. Wielkość 1 200 000 godzin MTBF nie oznacza, że dysk może pracować przez ok. 137 (1 200 000/(24*365)) lat nie ulegając awarii. Producenci zakładają, że dysk będzie pracował pięć lat. Wysokie wartości MTBF dysków wprowadzają w błąd, ponieważ nie mówią o rzeczywistej trwałości dysku.

Wartość współczynnika MTBF to liczba próbek, pomnożona przez liczbę godzin i podzielona przez liczbę awarii w czasie trwania testu. Interpretując wartość MTBF 1 200 000 można założyć, że na 137 dysków pracujących przez okres jednego roku jeden

dysk ulegnie awarii lub na tysiąc dysków pracujących przez dwa lata statystycznie 14,6 dysków ulegnie awarii.

Niezawodność dysków lepiej niż MTBF opisuje współczynnik AFR. Określa on prawdopodobieństwo awarii urządzenia w ciągu roku w procentach. Współczynnik AFR oblicza się na podstawie miesięcznej liczby awarii w zainstalowanej liczbie urządzeń, pomnożonej przez 12 (dla jednego roku).

Istnieje bezpośrednia zależność między współczynnikami AFR a MTBF

$$AFR\% = 1/MTBF \times POH \times 100 \quad (1)$$

gdzie POH –liczba godzin pracy dysku w ciągu roku (8760 godzin – praca ciągła)

np. gdy MTBF= 1 200 000 to

$$AFR = 1/1\,200\,000 \times 8760 \times 100 = 0.73\% \quad (2)$$

3. Poziomy macierzy RAID

W celu osiągnięcia większej niezawodności i szybkości pracy pamięci masowej, nieosiągalnej przy użyciu jednego dysku, tworzy się nadmiarowe macierze niezależnych dysków RAID (Redundant Array of Independent Disks).

Główne korzyści wykorzystania macierzy RAID to:

- zwiększenie niezawodności,
- zwiększenie wydajności transmisji danych,
- konsolidacja przestrzeni dyskowej.

Przeznaczenie pamięci masowej w systemie informatycznym implikuje wybór odpowiedniego poziomu RAID, technologii dysków, typu kontrolera, sposobu przesyłania danych oraz niezawodności zastosowanego rozwiązania.

Macierz RAID może być realizowana w dwóch wariantach (softwarowym, hardwarowym). W przypadku programowego rozwiązania odpowiedni moduł systemu operacyjnego kontroluje odczyt i zapis danych.

Zdecydowanie lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie dedykowanych sprzętowych kontrolerów RAID dołączanych do systemu za pomocą redundantnych magistrali, gdyż ten wariant w znacznie mniejszym stopniu obciąża moc obliczeniową głównego procesora.

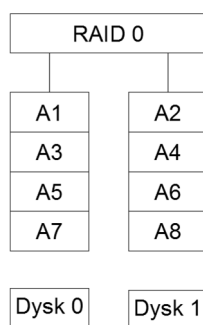
Wybór pamięci masowej wymaga określenia rodzaju oraz liczby dysków niezbędnych do osiągnięcia zamierzonej pojemności i wydajności. Niewątpliwie poza wyborem rodzaju dysków, konieczne jest właściwe określenie poziomu RAID, gdyż ten wybór istotnie wpływa na wszystkie parametry pracy pamięci masowej. Mając prawidłowo dobrane dyski twarde można pogorszyć efektywność pracy pamięci masowej, dokonując błędnego wyboru poziomu macierzy RAID.

3.1. RAID 0 (stripping)

Konfiguracja macierzy RAID 0 polega na połączeniu minimum dwóch dysków fizycznych w sposób umożliwiający widzenie ich jako jeden dysk logiczny.

Dane są przeplecione pomiędzy dyskami. Dzięki takiej konfiguracji zyskujemy zwiększenie szybkości zapisu i odczytu danych, ze względu na jednoczesne i równoległe realizowanie operacji na wszystkich dyskach macierzy.

Kontroler macierzy RAID 0 w czasie operacji na danych dzieli sekwencje bloków danych na podbloki. Warunkiem uzyskania wzrostu wydajności jest operowanie na sekwencjach bloków danych większych niż, blok danych jednego fizycznego dysku macierzy. Wielkość sekwencji bloków danych ma wpływ na wydajność.

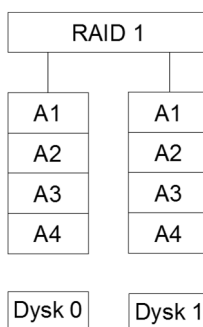


Rys.1. Działanie macierzy RAID 0
Źródło: opracowanie własne.

Macierz poziomą RAID 0 jest wykorzystywana do budowy tanich i wydajnych pamięci masowych służących do operacji na plikach o dużym rozmiarze. Przechowywanie danych w macierzy RAID 0 wiąże się ze zwiększonym prawdopodobieństwem utraty danych. W przypadku awarii jednego dysku macierzy RAID 0 traci się dostęp do wszystkich danych zapisanych w macierzy.

3.2. RAID 1 (mirroring)

Działanie macierzy RAID 1 polega na replikacji pracy minimum dwóch dysków. Uzyskana przestrzeń do przechowywania danych ma rozmiar najmniejszego dysku wchodzącego w skład macierzy RAID 1.

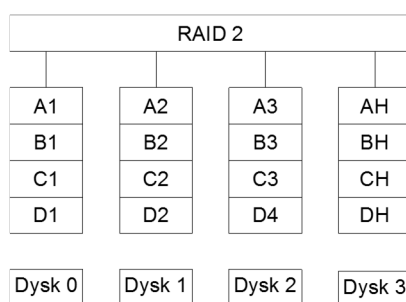


Rys.2. Działanie macierzy RAID 1
Źródło: opracowanie własne.

3.3. RAID 2

Dane na dyskach macierzy RAID 2 są paskowane. Zapis jest realizowany po jednym bicie na pasek. Wymagane jest minimum 8 powierzchni do obsługi danych oraz dodatkowy dysk do zapisywania informacji tworzonej za pomocą kodu Hamminga.

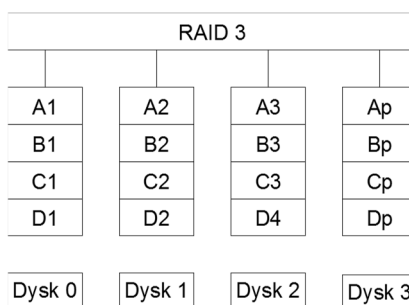
Kod Hamminga wykorzystywany jest w procesie korekcji błędów pracy macierzy RAID 2. Dyski wchodzące w skład macierzy RAID 2 widziane są przez system jako jeden duży logiczny dysk. Dostępna pojemność to suma pojemności dysków przechowujących dane.



Rys.3. Działanie macierzy RAID 2
Źródło: opracowanie własne.

3.4. RAID 3

Dane przechowywane są na N-1 dyskach. Jeden dysk służy do przechowywania sum kontrolnych. Macierz RAID 3 zapisuje dane podobnie jak RAID 0.



Rysunek 4. Działanie macierzy RAID 3
Źródło: opracowanie własne.

Macierz RAID 3 posiada dodatkowy dysk, który przechowuje kody parzystości obliczone przez kontroler sprzętowy lub programowy.

5.5. RAID 4

Macierz RAID 4 działa podobnie jak macierz RAID 3. Różnica polega na dzieleniu danych na większe bloki. Dla każdego rzędu zapisanych danych blok parzystości zapisywany jest na dysku parzystości.

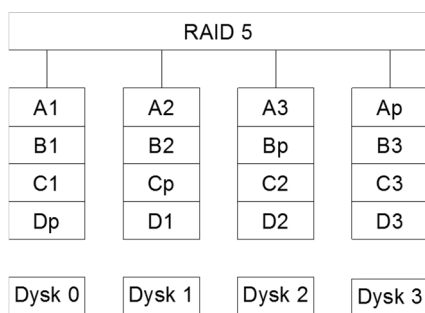
Parametry pracy macierzy preferują wykorzystanie RAID 4 do operacji na bardzo dużych plikach. W przypadku operacji na małych plikach macierz musi modyfikować cały blok parzystości, co przy częstych operacjach bardzo obciąża system.

Macierz RAID 4 doskonale sprawdza się przy sekwencyjnym zapisie i odczycie danych.

3.6. RAID 5

Działanie macierzy RAID 5 polega na zapisywaniu bitu parzystości w całej strukturze macierzy. Sumy kontrole danych dzielone są na N części, przy czym każda część zapisywana jest na innym dysku. Suma kontrolna wyliczana jest z odpowiedniego fragmentu danych składowanych na pozostałych dyskach.

RAID 5 umożliwia odzyskanie danych w razie awarii jednego z dysków dzięki wykorzystaniu informacji i kodów korekcyjnych zapisanych na pozostałych dyskach.



Rys.5. Działanie macierzy RAID 5

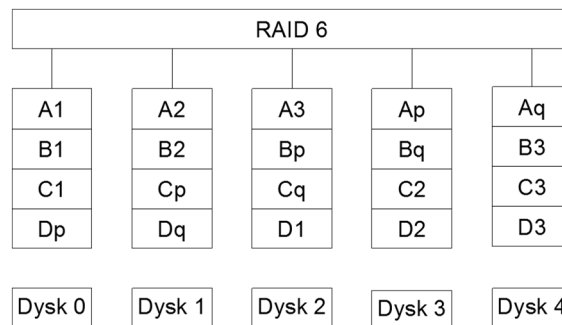
Źródło: opracowanie własne.

Pamięci masowe wykorzystujące macierze RAID 5 posiadają większą prędkość odczytu niż RAID 1 oraz nieznaczny spadek prędkości zapisu danych.

Macierze poziomu RAID 5 są wykorzystywane do budowy pamięci masowej ponieważ dają wysoki poziom bezpieczeństwa przechowywanych danych. W przypadku awarii jednego dysku system potrafi automatycznie odbudować utracone dane. Proces odbudowy utraconego dysku obniża jednak wydajność systemu, oczywiście spowolnienie nie trwa długo. Po wymianie uszkodzonego dysku macierzy system wraca do pierwotnej wydajności.

3.7. RAID 6

Macierz poziomu RAID 6 jest macierzą RAID 5 rozbudowaną o dodatkowy dysk do liczenia niezależnej sumy kontrolnej. Aby macierz RAID 6 utraciła dane minimum 3 dyski muszą ulec jednocześnie awarii. Macierz RAID 6 jest kosztowniejsza w budowie niż RAID 5, ale za to gwarantuje większe bezpieczeństwo przechowywanych danych.



Rys.6. Działanie macierzy RAID 6
Źródło: opracowanie własne.

3.8 Niezawodność macierzy RAID

Macierze RAID są wyposażone w N liczbę dysków twardej. Każdy poziom macierzy RAID należy analizować indywidualnie. Zbiorcze zestawienie niezawodności wszystkich poziomów macierzy RAID zawiera tabela 1.

Tab.1. Niezawodność macierzy RAID

Poziom RAID	Minimalna liczba dysków macierzy (N)	Dostępna przestrzeń macierzy P - pojemność jednego dysku	Liczba dysków, które mogą ulec awarii bez utraty danych przechowywanych w macierzy
RAID 0	2	$P * N$	0
RAID 1	2	$P * N / 2$	1
RAID 2	3	$P * (N - 1)$	1
RAID 3	3	$P * (N - 1)$	1
RAID 4	3	$P * (N - 1)$	1
RAID 5	3	$P * (N - 1)$	1
RAID 6	4	$P * (N - 2)$	2

Źródło: opracowanie własne.

4. Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID

Serwer posiada sprzętowy kontroler macierzy RAID obsługujący poziomy 0-6. Wymagana przestrzeń dyskowa macierzy RAID to 5 TB.

Do budowy macierzy wykorzystano dyski producenta Seagate (ST1000NM0001). Rynkowa cena (koszt nabycia) dysku ST1000NM0001 wynosi 1031,71 PLN oraz prawdopodobieństwo awarii AFR= 0,73 %

Dane:

Pojemność jednego dysku użytego do budowy macierzy 1TB

Prawdopodobieństwo awarii jednego dysku AFR=0,73%

Koszt nabycia dysku 1031,71 PLN

Analiza zostanie przeprowadzona w oparciu o schemat Bernoullego

$$P(A) = \binom{n}{k} p^k (1-p)^{n-k} \quad (3)$$

$P(A)$ – prawdopodobieństwo awarii

k - liczba uszkodzonych dysków

p - prawdopodobieństwo awarii pojedynczego dysku (AFR)

RAID 0

Liczba wymaganych dysków $N=5$

Prawdopodobieństwo braku awarii pięciu dysków połączonych w RAID 0

$$P(A_0) = \binom{5}{0} * 0,0073^0 * (1 - 0,0073)^{(5-0)} = \frac{5!}{(5-0)! * 0!} * 0,0073^0 * 0,9927^5 = 0,964029 \quad (4)$$

Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID 0 ($N=5$, $AFR=0,73\%$)

$$AFR (RAID 0) = (1-0,964029) = 3,597098 \% \quad (5)$$

RAID 1

Liczba wymaganych dysków $N=10$

Prawdopodobieństwo braku awarii dziesięciu dysków połączonych w RAID 1

$$P(A_0) = \binom{10}{0} * 0,0073^0 * (1 - 0,0073)^{(10-0)} = \frac{10!}{(10-0)! * 0!} * 0,0073^0 * 0,9927^{10} = 0,929352 \quad (6)$$

Prawdopodobieństwo awarii jednego dysku z dziesięciu połączonych w RAID 1

$$P(A_1) = \binom{10}{1} * 0,0073^1 * (1 - 0,0073)^{(10-1)} = \frac{10!}{(10-1)! * 1!} * 0,0073^1 * 0,9927^9 = 0,068342 \quad (7)$$

Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID 1 ($N=10$, $AFR=0,73\%$)

$$AFR (RAID 1) = (1-0,929352-0,068342) = 0,230645\% \quad (8)$$

RAID 2, RAID3, RAID4, RAID5

Liczba wymaganych dysków $N=6$

Prawdopodobieństwo braku awarii sześciu dysków połączonych w RAID 5

$$P(A_0) = \binom{6}{0} * 0,0073^0 * (1 - 0,0073)^{(6-0)} = \frac{6!}{(6-0)! * 0!} * 0,0073^0 * 0,9927^6 = 0,956992 \quad (9)$$

Prawdopodobieństwo awarii jednego dysku z sześciu połączonych w RAID 5

$$P(A_1) = \binom{6}{1} * 0,0073^1 * (1 - 0,0073)^{(6-1)} =$$

$$\frac{6!}{(6-1)!*1!} * 0,0073^1 * 0,9927^5 = 0,042224 \quad (10)$$

Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID 5 (N=6, AFR=0,73%)

$$\text{AFR (RAID 5)} = (1-0,956992-0,042224)= 0,078392\% \quad (11)$$

RAID 6

Liczba wymaganych dysków N= 7

Prawdopodobieństwo braku awarii siedmiu dysków połączonych w RAID 6

$$P(A_0) = \binom{7}{0} * 0,0073^0 * (1 - 0,0073)^{(7-0)} = \frac{7!}{(7-0)!*0!} * 0,0073^0 * 0,9927^7 = 0,950006 \quad (12)$$

Prawdopodobieństwo awarii jednego dysku z siedmiu połączonych w RAID 6

$$P(A_1) = \binom{7}{1} * 0,0073^1 * (1 - 0,0073)^{(7-1)} = \frac{7!}{(7-1)!*1!} * 0,0073^1 * 0,9927^6 = 0,048902 \quad (13)$$

Prawdopodobieństwo awarii dwóch dysków z siedmiu połączonych w RAID 6

$$P(A_2) = \binom{7}{2} * 0,0073^2 * (1 - 0,0073)^{(7-2)} = \frac{7!}{(7-2)!*2!} * 0,0073^2 * 0,9927^5 = 0,001079 \quad (14)$$

Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID 6 (N=7, AFR=0,73%)

$$\text{AFR (RAID 6)} = (1-0,950006-0,048902-0,001079)= 0,001332\% \quad (15)$$

Zestawienie prawdopodobieństwa awarii poszczególnych poziomów macierzy RAID zawiera tab.2.

Tab.2. Prawdopodobieństwo awarii macierzy RAID

Poziom RAID	Koszt nabycia dysków użytych do budowy macierzy	Prawdopodobieństwa awarii macierzy RAID
RAID 0	5 158,55 PLN	3,597098 %
RAID 1	10 317, 10 PLN	0,230645 %
RAID 2, RAID3, RAID 4, RAID 5	6 190,26 PLN	0,078392 %
RAID 6	7 221,97 PLN	0,001332 %

Źródło: opracowanie własne.

Łączenie dysków twardych w macierz RAID jest bardzo skuteczną metodą redukcji prawdopodobieństwa utraty danych przechowywanych w pamięci masowej. Wyjątek stanowi macierz poziomu RAID 0, w tym przypadku zwiększamy prawdopodobieństwo awarii ale zyskujemy na wydajności pamięci masowej.

5. Wybór optymalnego poziomu macierzy RAID ze względu na kryterium ekonomiczne

Stojąc przed wyborem pamięci masowej należy uwzględnić koszty nabycia urządzenia. Analiza ryzyka pozwala na dokonanie optymalnej ekonomicznie inwestycji.

Na podstawie danych zamieszczonych w tabeli 2 poziom macierzy RAID 0 zwiększa prawdopodobieństwo awarii. Natomiast koszt budowy macierzy poziomu RAID 1 jest większy od budowy pamięci masowej 5 TB opartej na pięciu niezależnych dyskach 1TB. Macierze poziomu RAID 0 i RAID 1 są wykorzystywane w systemach pamięci masowej jedynie w celu zwiększenia prędkości zapisu i odczytu danych.

Tab.3.Dane przyjęte do obliczeń

Poziom RAID	Koszt nabycia dysków użytych do budowy macierzy SC(i)	Prawdopodobieństwa awarii macierzy RAID EP(i)
RAID 2, RAID3, RAID 4, RAID 5	6 190,26 PLN	0,078392 %
RAID 6	7 221,97 PLN	0,001332 %

Źródło: opracowanie własne.

Wielkość ryzyka wyrażona w jednostce walutowej RVC (Risk Value Currency)

$$RVC(i) = EP(i) \times AVC(i) \quad (16)$$

gdzie:

AVC (i)-wartość chronionego zasobu wyrażona w jednostkach walutowych (strata całkowita spowodowana utratą danych z macierzy)

EP(i)- prawdopodobieństwo wystąpienia zdarzenia niekorzystnego

Krańcowy koszt nabycia MSC (Marginal Safeguard Cost)

$$MSC(i) = SC(i+1) - SC(i) \quad (17)$$

SC(i) -koszt nabycia, w naszym przypadku cena dysków macierzy

Krańcowe ryzyko wyrażone w jednostce walutowej (Marginal Risk Valu - Currency)

$$MRVC(i) = RVC(i) - RVC(i+1) \quad (18)$$

Szukamy AVC, czyli wartości chronionego zasobu wyrażonej w jednostkach walutowych, straty całkowitej spowodowanej utratą danych z macierzy przy warunku:

$$MSC(i) = MRVC(i) \quad (19)$$

Redukcja ryzyka powinna pokryć koszty związane z zastąpieniem macierzy poziomu RAID 5 macierzą poziomu RAID 6 (koszty nabycia dodatkowego dysku).

Po przekształceniu wzoru

$$SC(i+1) - SC(i) = RVC(i) - RVC(i+1) \quad (20)$$

$$SC(i+1) - SC(i) = AFR(i) \times AVC - AFR(i+1) \times AVC \quad (20)$$

$$AVC = (SC(i+1) - SC(i)) / (AFR(i) - AFR(i+1)) \quad (21)$$

$$AVC = (7\,221,97 - 6\,190,26) / (0,078392\% - 0,001332\%) \quad (22)$$

otrzymuje się $AVC = 1\,338\,840$ PLN

Tab.4 .Wyniki obliczeń

Poziom RAID	SC(i)	EP(i)	AVC(i)	RVC(i)
RAID 2, RAID3, RAID 4, RAID 5	6 190,26 PLN	0,078392 %	1 338 840 PLN	1049,54 PLN
RAID 6	7 221,97 PLN	0,001332 %	1 338 840 PLN	17,83 PLN

Źródło: opracowanie własne.

Przy założeniu, że awaria macierzy wygeneruje straty całkowite mniejsze niż 1 338 840 PLN uzasadniona jest instalacja macierzy poziomu RAID 5.

Przy założeniu, że awaria macierzy wygeneruje straty całkowite większe niż 1 338 840 PLN uzasadniona jest instalacja macierzy RAID 6.

6. Wnioski

Wybór optymalnego poziomu macierzy RAID nie jest prosty i jednoznaczny. Każdy poziom macierzy RAID może być optymalny przy określonych wymaganiach stawianych pamięci masowej. Przeznaczenie pamięci masowej jest głównym czynnikiem decydującym o wyborze poziomu macierzy RAID.

Najmniejsze prawdopodobieństwo awarii pamięci masowej posiada macierz poziomu RAID 6. Jednak analiza ryzyka pokazała, iż ekonomicznie uzasadnione jest stosowanie tego rozwiązania w przypadku znacznych strat całkowitych spowodowanych awarią. W zamieszczonym przykładzie wykorzystanie macierzy poziomu RAID 6 jest uzasadnione, jeżeli całkowite straty spowodowane awarią pamięci masowej przekroczą 1 338 840 PLN.

Literatura

1. Białas A., Bezpieczeństwo informacji i usług w nowoczesnej instytucji i firmie. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2007
2. Kowalewski J., DFS porządek w systemie plików i stabilna praca serwerów, Networld 10/2013, IDG, Warszawa 2012
3. Krakowiak L., Cyfrowa ekspozycja danych, Networld 04/2013, IDG, Warszawa 2013
4. Kreft K., Ocena efektywności redukcji ryzyka w systemach informatycznych, Systemy informatyczne w gospodarce, pod red. K. Kreft, Fundacja Rozwoju Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2011
5. Liderman K., Analiza ryzyka i ochrona informacji w systemach komputerowych. Wydawnictwo Naukowe PWN SA, Warszawa 2008
6. Madsen B. Bezpieczeństwo pamięci masowych.
<http://www.storagefocus.pl/porady-ekspertow/bezpieczenstwo-danych>

7. Pawłowicz w., Pamięć nieulotna –technologia jutra, Networld 03/2013, IDG, Warszawa 2013
8. Pipkin D., Bezpieczeństwo informacji. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2002
9. Ross A., Inżyniera zabezpieczeń. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2005
10. Vilsbeck CH., Twarde dyski a praca ciągła. PC WORLD,
<http://www.pcworld.pl/artykuly/38523>
11. <http://www.dyski.wirt.pl>
12. <http://www.komputronik.pl>
13. <http://www.seagate.com>

Dr Karol Kreft
Instytut Transportu i Handlu Morskiego
Wydział Ekonomiczny
Uniwersytet Gdański
81-824 Sopot, Armii Krajowej 119/121
tel./fax: (0-58) 523 13 89
e-mail: krol@panda.bg.univ.gda.pl