

Zygmunt BOK

Szpital Specjalistyczny im Prof. E. Michałowskiego, MEDHOLDING S.A.

PAMIĘĆ MASOWA POD KONTROLĄ SYSTEMU OPERACYJNEGO LINUX OPENFILER ESA, WSPÓLPRACUJĄCA Z KLASTREM VMWARE ESXI

Streszczenie. W niniejszej pracy opisano sposób w jaki można zbudować pamięć masową typu „Fiber Channel SAN Storage”, pracującą pod kontrolą systemu operacyjnego Linux Openfiler ESA i współpracującą z klastrem wysokiej dostępności VMWARE ESXi. Przygotowaną, według sposobu opisanego w artykule, laboratoryjną infrastrukturę klastrową wykorzystano do przetestowania możliwości uruchomienia w pamięci masowej, pod kątem migracji, fragmentu specjalistycznego szpitalnego Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse” firmy FUJIFILM Medical Systems USA, Inc., używanego w Szpitalu Specjalistycznym im. Prof. E. Michałowskiego MEDHOLDING S.A., służącego do gromadzenia oraz prezentacji rentgenogramów (RTG) i tomogramów (TK).

MASS STORAGE UNDER THE LINUX OPENFILER ESA OPERATING SYSTEM CONTROL, MATCHED WITH A CLUSTER OF HIGH AVAILABILITY VMWARE ESXI

Summary. In the present work describes the way in which you can build a mass storage type "Fiber Channel SAN Storage", working under the control of the operating system Linux Openfiler ESA and cooperating with a cluster of high availability VMWARE ESXi. Prepared, according to the form described in the article, a laboratory cluster infrastructure was used to test the possibility of launching in mass storage for migration, tile specialist hospital Indirect Radiography System "Synapse" FUJIFILM Medical Systems USA, Inc., used in Specialized Hospital named Prof. E. Michalowski MEDHOLDING S.A., for the collection and presentation of the rentgenograms (x-ray) and tomographs (TK).

1. Wprowadzenie

W artykule przedstawiono klaster wysokiej dostępności z pełną redundancją połączeń światłowodowych, jako platformę dla maszyn wirtualnych współpracujących z systemem pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage. W budowie klastra wykorzystano technologię VMWARE ESXi firmy VMware Inc. [1], wspierającej wiele różnych i bardzo drogich systemów pamięci masowych typu Storage Area Network (SAN) [2,3] w różnych konfiguracjach.

Produkowane obecnie przez VMware Inc. oprogramowanie VMware ESX Server [4] klasy „enterprise” dla organizacji i podmiotów gospodarczych różnej wielkości, służy do tworzenia wirtualnej infrastruktury informatycznej. Opiera się na własnym kernelu [5,6,7] oraz konsoli zarządzającej, którą jest zmodyfikowany system operacyjny Red Hat Linux [7,8], posiadający własne sterowniki i obsługujący specyficzny sprzęt komputerowy. Red Hat Linux to jedna z najstarszych i w swoim czasie najpopularniejszych dystrybucji Linuksa, tworzona przez firmę Red Hat, która obecnie rozwija się w dwóch gałęziach: niekomercyjny projekt Fedora i komercyjna dystrybucja Red Hat Enterprise Linux.

Ogólnie można powiedzieć, że firma VMware Inc. tworzy i rozwija systemy ESXi wraz z wspieranymi przez nią systemami pamięci masowych innych producentów [9], tj.:

1. EMC CLARiiON Storage Systems,
2. EMC Symmetrix Storage Systems,
3. IBM System Storage DS4800 Storage Systems,
4. IBM Systems Storage 8000 and IBM ESS800,
5. HP StorageWorks Storage Systems: HP StorageWorks EVA, HP StorageWorks XP,
6. Hitachi Data Systems Storage,
7. NetApp Storage,

w zakresie ich podstawowej funkcjonalności, odporności na uszkodzenia FT (Fault Tolerance) i awarie Host Bus Adapters (HBA) [10] oraz innych.

Należy zaznaczyć, że nie wszystkie urządzenia magazynowe pamięci masowych ww. systemów są certyfikowane dla wszystkich funkcjonalności i możliwości technologii ESXi, a sprzedawcy tych systemów mogą mieć specyficzną pozycję w zakresie wsparcia odnoszącego się do tej technologii.

W niniejszej pracy opisano sposób, w jaki można zbudować ekonomiczną pamięć masową typu „Fiber Channel SAN Storage” [9,11,12,13,14,15,16,17,18,19,20], pracującą pod

kontrolą systemu operacyjnego Linux Openfiler ESA [21,22,23,24,25,26,27], współpracującą z klastrem wysokiej dostępności HA (ang. High Availability) VMWARE ESXi [11,28] w zakresie podstawowej zdolności przyłączeniowej BC (ang. Basic Connectivity), odporności na uszkodzenia FT oraz pełnej redundancji połączeń światłowodowych pomiędzy pamięcią masową a klastrem HA zbudowanym w technologii VMWARE ESXi. Openfiler jest systemem operacyjnym, który zapewnia obsługę plikowych (ang. file-based) typu NAS (ang. Network-Attached Storages) oraz blokowych (ang. blok-based) pamięci masowych typu SAN Storage. Ponadto Openfiler obsługuje:

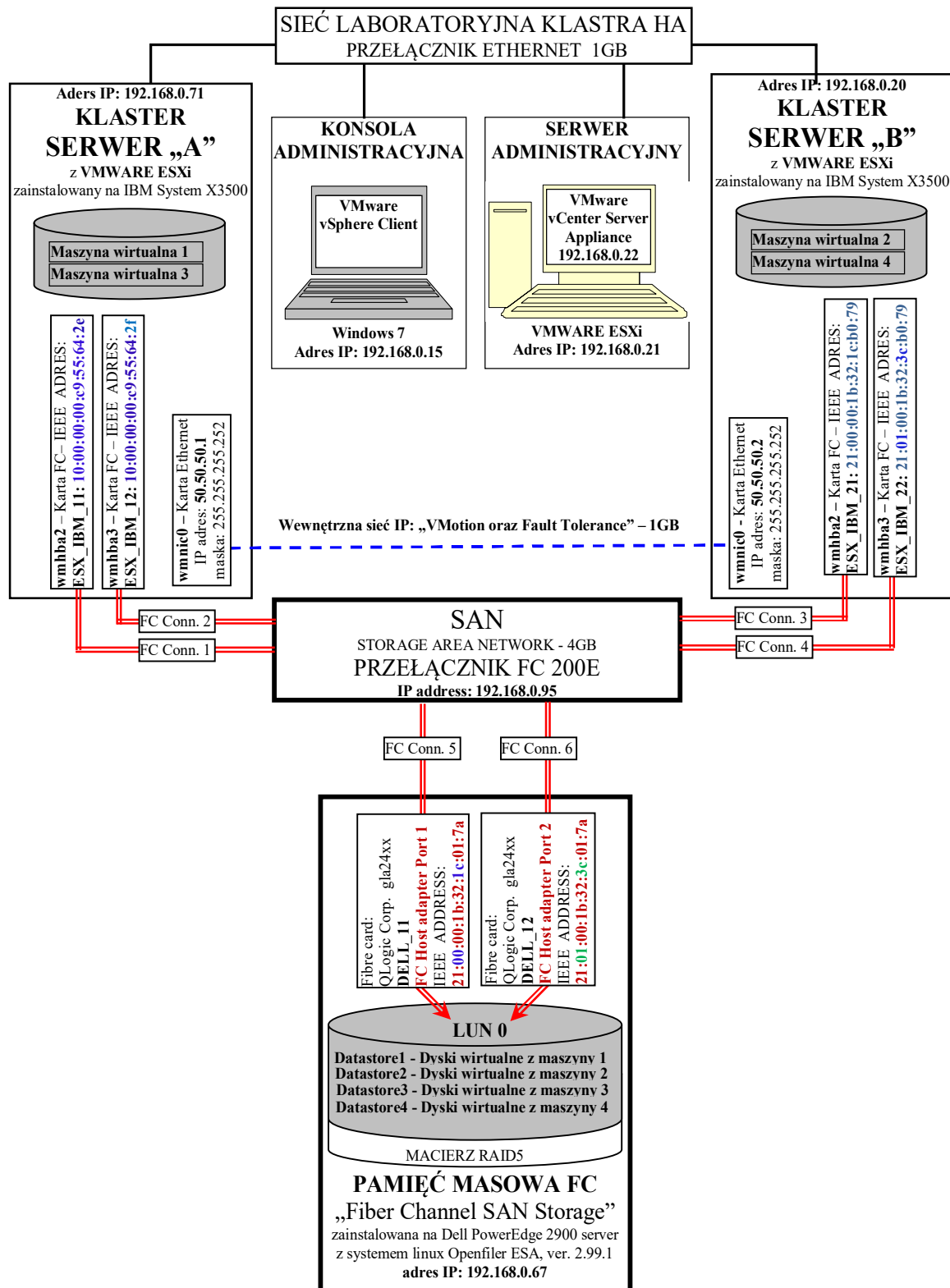
1. protokoły sieciowe zawierające: NFS, SMB, HTTP, FTP oraz iSCSI,
2. szerokie spectrum sprzętowych kontrolerów RAID, FC (ang. Fibre Channel), technologie dyskowe SAS, SATA oraz SCSI,
3. kontrolery sieciowe firm Intel i Broadcom typu Fast, Gigabit oraz 10 Gigabit Ethernet, które mogą być użyte do szerokopasmowego dostępu do danych poprzez sieć IP,
4. procesory w architekturze x86-64 firm Intel Xeon® oraz AMD Opteron®,
5. kontrolery RAID, między innymi, takich producentów jak Adaptec, LSI Logic, HP, IBM oraz Intel,
6. kanały światłowodowe FC: PCI-E oraz PCI-X HBA z firm Qlogic ('initiator' i 'target') oraz Emulex (tylko 'initiator').

Celem pracy było przygotowanie, według opisanego sposobu, laboratoryjnej infrastruktury klastrowej, którą wykorzystano do przetestowania możliwości uruchomienia w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage”, pod kątem szybkości działania i migracji, fragmentu specjalistycznego szpitalnego Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse” klasy 'enterprise' firmy FUJIFILM Medical Systems USA, Inc., używanego w Szpitalu Specjalistycznym im. Prof. E. Michałowskiego MEDHOLDING S.A., służącego do gromadzenia oraz prezentacji rentgenogramów (RTG) i tomogramów (TK).

Dokonano również oceny porównawczej szybkości jego działania w sytuacji, kiedy dyski wirtualne tego systemu znajdują się na dyskach zlokalizowanych w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage”, na dyskach lokalnych jednego z serwerów klastra ESXi lub na udostępnionych dyskach z systemem plików NFS [29,30,31,32,33] innego serwera linuxowego włączonego do sieci laboratoryjnej.

Ogólną koncepcję budowy takiego klastra przedstawiono na Rys. 1. Na tym rysunku zasadniczą rolę pełni sieć światłowodowa Storage Area Network (SAN) z przyłączoną do niej

pamięcią masową, pracująca pod kontrolą systemu operacyjnego Linux Openfiler ESA ver. 2.99.1.

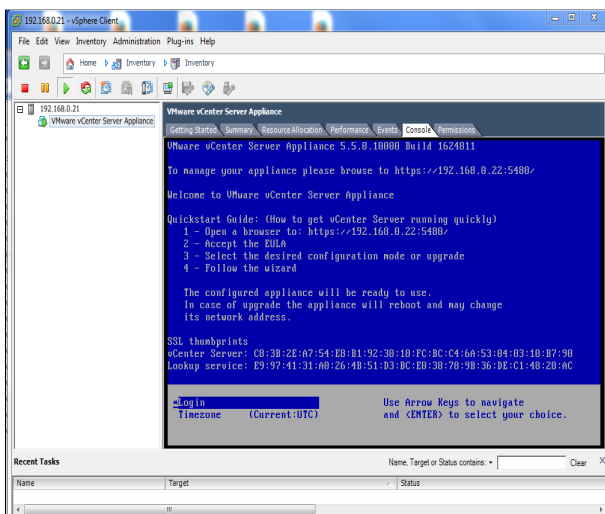


Rys. 1. Klaster Wysokiej dostępności VMware ESXi z pamięcią masową FC

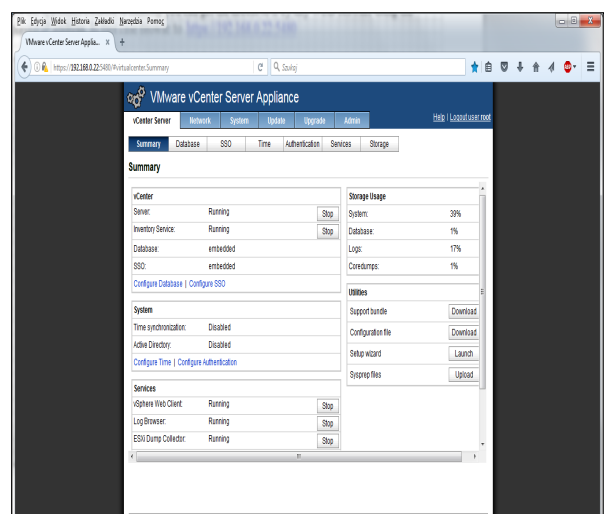
Fig. 1. Cluster HA VMware ESXi with "Fiber Channel SAN Storage"

2. Instalacja i konfiguracja klastra VMWARE wysokiej dostępności

W związku z potrzebą zbudowania klastra laboratoryjnego, zgodnie z Rys.1, w zakresie podstawowej zdolności przyłączeniowej, odporności na uszkodzenia FT oraz pełnej redundancji połączeń światłowodowych pomiędzy klastrem a pamięcią masową typu „Fiber Channel SAN Storage”, pracującej pod kontrolą systemu operacyjnego Linux Openfiler ESA, zainstalowano i dokonano jego konfiguracji na dwóch maszynach IBM System X3500, na których zainstalowano oprogramowanie serwerowe VMWARE ESXi ver. 5.5. Zarządzanie tym klastrem sprawowano za pomocą pakietu oprogramowania VMware vCenter Operations Management Suite 5.8, tj. VMware vCenter Server Appliance ver. 5.5, które zostało zainstalowane na oddzielnym 64 bitowym serwerze zarządzającym z oprogramowaniem serwerowym Vmware ESXi ver. 5.5. Oprogramowanie administracyjne, w postaci pakietu VMware vSphere Client ver.5.5, zarządzające całym klastrem, zainstalowano na kolejnym 64 bitowym komputerze. W celu instalacji oprogramowania „VMware vCenter Server Appliance”, korzystano z kreatora tego oprogramowania z poziomu klienckiego programu zarządzającego „vSphere Client”, instalującego plik „VMware-vCenter-Server-Appliance-5.5.0.10000-1624811_OVF10.ovf”. W celu uzyskania dostępu do konsoli administracyjnej „VMware vCenter Server Appliance”, na serwerze zarządzającym uruchomiono maszynę wirtualną dostępną pod nazwą „VMware vCenter Server Appliance”, co pokazano na Rys. 2. Dostęp do uruchomionej konsoli maszyny wirtualnej „VMware vCenter Server Appliance” możliwy jest za pomocą dowolnej przeglądarki internetowej, wykorzystującej wyświetlany adres IP, co pokazano na Rys. 3.



Rys. 2. Uruchomiona maszyna wirtualna „VMware vCenter Server Appliance”
Fig. 2. Running a virtual machine "VMware vCenter Server Appliance"

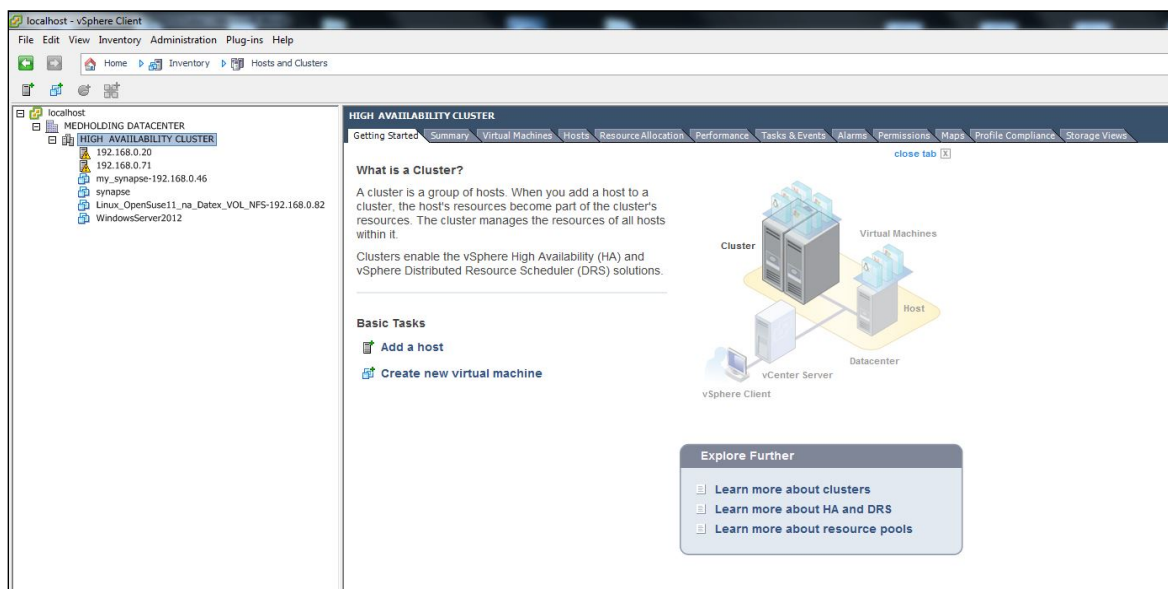


Rys. 3. Konsola maszyny wirtualnej „VMware vCenter Server Appliance”
Fig. 3. Virtual machine console "VMware vCenter Server Appliance"

Właściwą strukturę klastra utworzono za pomocą kreatora z pakietu “VMware vSphere Client for ESXi servers”, zainstalowanego na konsoli administracyjnej. Podczas pracy kreatora klastra włączono/wyłączono następujące jego opcje oraz funkcjonalności, tj.:

1. Włączono opcję wysokiej dostępności - „*Turn On vSphere HA*”,
2. Włączono opcję monitorowania hostów - „*Enable Host Monitoring*”,
3. Ustalono wysoki priorytet restartu klastra oraz maszyn wirtualnych - „*VM restart priority - High*”,
4. Wyłączono opcję statusu monitorowania maszyn wirtualnych - “*VM Monitoring Status - Disabled*”,
5. Wyłączono opcję wzmocnionej kompatybilności - “*Enhanced vMotion Compatibility – Disable EVC*”,
6. Ustalono lokalizację plików typu ‘*swapfile*’ - “*Store the swapfile in the same directory as the virtual machine*”.

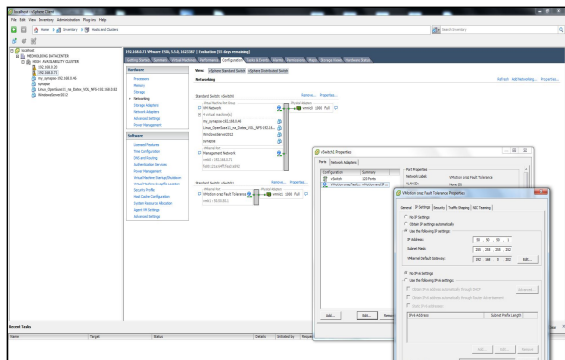
Na Rys. 4. pokazano wynik działania tego kreatora, za pomocą którego dodano do utworzonej struktury klastra nowe hosty z systemem ESXi (o adresach 192.168.0.20, 192.168.0.71).



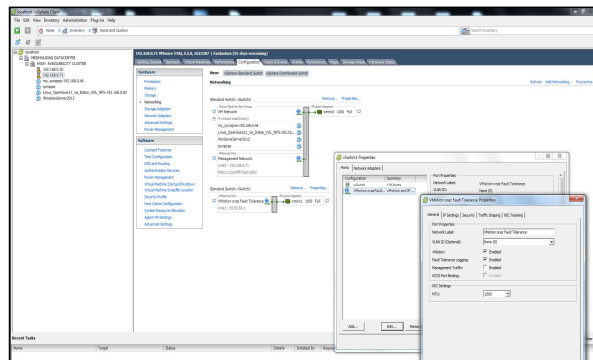
Rys.4. Nowe hosty i maszyny wirtualne w klastrze
Fig. 4. New hosts and virtual machines in a cluster

W celu zapewnienia funkcjonalności związanej z przenoszeniem wirtualnych maszyn pomiędzy hostami i klastrami (ang. vMotion) oraz odporności na awarie (ang. Fault Tolerance), utworzono dla nich wewnętrzną sieć komunikacyjną pod nazwą “*vMotion and Fault Tole-*

rance”. W tym celu dla pierwszego hosta ESXi (192.168.0.71) ustalono wewnętrzny adres IP 50.50.50.1 (maska 255.255.255.252) oraz odpowiednie opcje wyboru, co przedstawiono na Rys. 5 i Rys.6. Podobnie, dla drugiego hosta ESXi (192.168.0.71) ustalono wewnętrzny adres IP 50.50.50.2 (maska 255.255.255.252) oraz odpowiednie opcje wyboru.



Rys. 5. Ustawienie adresu IP dla wewnętrznej sieci „vMotion and Fault Tolerance”
 Fig. 5. Setting up the IP address for Internal network „vMotion and Fault Tolerance”



Rys. 6. Ustawienie opcji dla “vMotion” oraz “Fault tolerance logging”
 Fig. 6. Setting up the “vMotion” and “Fault tolerance logging” options

3. Konfigurowanie pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel”

3.1. Część 1. Linux Openfiler ESA – Konfigurowanie kanału światłowodowego

Instalację systemu operacyjnego Openfiler ESA (ver. 2.99.1) przeprowadzono na 64 bitowej maszynie Dell PowerEdge 2900 z dwiema kartami światłowodową typu qla24xx. Po włączeniu usług **scst** (`# chkconfig scst on`) oraz **qla2x00tgt** (`# chkconfig qla2x00tgt on`), odszukano w systemie porty WWN [2] (`# cat /sys/class/fc_host/host*/port_name`), a następnie włączono tryb “*target*” dla każdego interfejsu światłowodowego, za pomocą komendy o następującej składni: `scstadmin -enable_target X -driver Y`, gdzie X jest adresem WWN separowanym dwukropkami np.: "21:00:00:1b:32:1c:01:7a ".

Wykonano zatem w systemie Openfiler następujące polecenia:

```
dla FC Host adapter Port 1:      # scstadmin -enable_target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a -driver qla2x00t
dla FC Host adapter Port 2:      # scstadmin -enable_target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a -driver qla2x00t
```

Następnie utworzono grupę bezpieczeństwa dla wszystkich urządzeń, które będą używały trybu „*target*”. Dla opisywanego przypadku, utworzono grupę bezpieczeństwa o nazwie „*esxi*”, używając polecenia o składni:

scstadmin -add_group Z -driver Y -target X, gdzie Z jest nazwą grupy.

Wykonano następujące polecenia:

dla FC Host adapter Port 1: # *scstadmin -add_group esxi -driver qla2x00t -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a*

dla FC Host adapter Port 2: # *scstadmin -add_group esxi -driver qla2x00t -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a*

3.2. Konfigurowanie przełącznika Fibre Channel FC

3.2.1. Definiowanie i tworzenie aliasów oraz stref

W celu ograniczenia dostępu jakiegoś serwera do pamięci masowej nie alokowanej dla niego, w sieciach SAN używa się tzw. mechanizmu *zoningu*, który pozwala na segmentację sieci Fibre Channel przy pomocy przełączników. Zazwyczaj strefy (ang. *zones*) tworzone są dla każdej grupy serwerów, które uzyskują dostęp do udostępnionej grupy urządzeń pamięci masowej i jednostek logicznych LUN [2,15] (ang. Logical Unit Number). Strefy definiują, które hosty mogą łączyć się z określonymi pamięciami masowymi. Urządzenia spoza strefy są niewidoczne dla urządzeń wewnątrz strefy.

W zastosowanym przełączniku FC 200E [34] (IP: 192.168.0.95), zdefiniowano i utworzono aliasy i strefy [35,36,37,38,39] dla hostów za pomocą poniższych poleceń:

1. dla aliasów:

- Pamięci masowej – serwerze DELL, pod kontrolą systemu operacyjnego Openfiler ESA:

oraz FC Host adapter Port 1: *DELL_11* # *alcreate DELL_11, "21:00:00:1b:32:1c:01:7a"*

FC Host adapter Port 2: *DELL_12* # *alcreate DELL_12, "21:01:00:1b:32:3c:01:7a"*

- Hostów ESXi – na serwerach IBM:

- *ESX_IBM_11* # *alcreate ESX_IBM_11, "10:00:00:00:c9:55:64:2e"*
- *ESX_IBM_12* # *alcreate ESX_IBM_12, "10:00:00:00:c9:55:64:2f"*
- *ESX_IBM_21* # *alcreate ESX_IBM_21, "21:00:00:1b:32:1c:b0:79"*
- *ESX_IBM_22* # *alcreate ESX_IBM_22, "21:01:00:1b:32:3c:b0:79"*

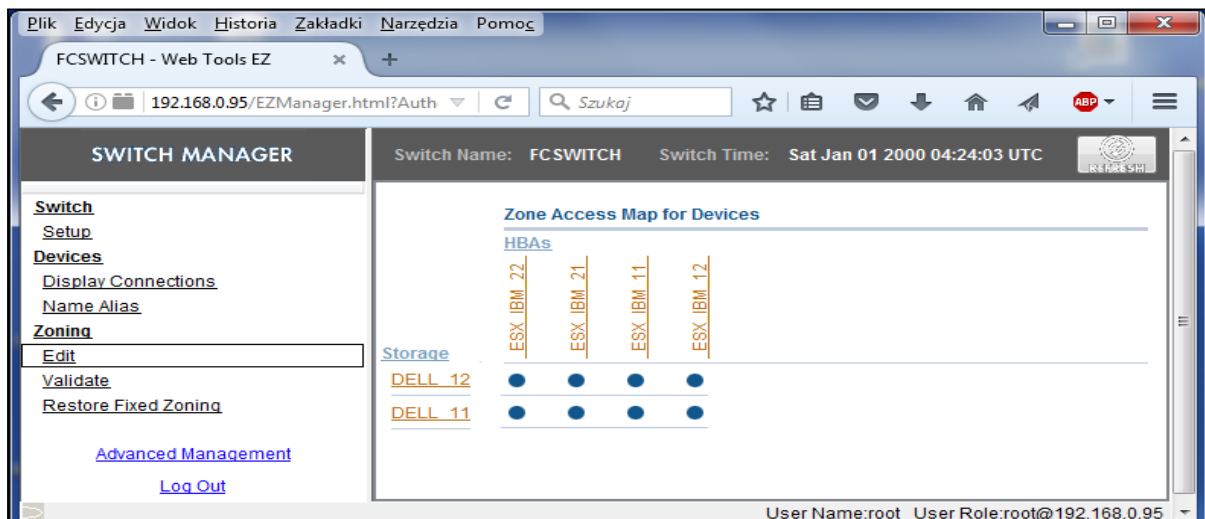
2. dla macierzy stref (zones array):

ZONES =	[zone11 zone21	• <i>zone11</i> # <i>zonecreate zone11, "ESX_IBM_11; DELL_11"</i>
		zone12 zone22	• <i>zone12</i> # <i>zonecreate zone12, "ESX_IBM_11; DELL_12"</i>
		zone13 zone23	• <i>zone13</i> # <i>zonecreate zone13, "ESX_IBM_12; DELL_11"</i>
		zone14 zone24	• <i>zone14</i> # <i>zonecreate zone14, "ESX_IBM_12; DELL_12"</i>
			• <i>zone21</i> # <i>zonecreate zone21, "ESX_IBM_21;</i>
			<i>DELL_11"</i>
	• <i>zone22</i> # <i>zonecreate zone22, "ESX_IBM_21;</i>		
	<i>DELL_12"</i>		

Utworzone aliasy i strefy zapisano w pamięci nieulotnej przełącznika za pomocą komendy:

```
# cfgcreate AppServer, "zone11; zone12; zone13; zone14; zone21; zone22; zone23; zone24"
```

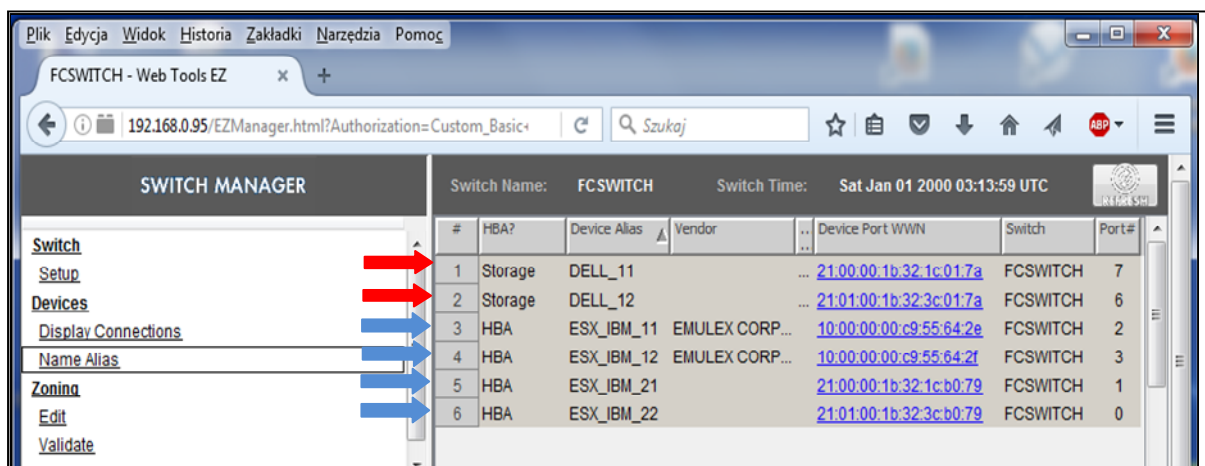
co pokazano na Rys. 7.



Rys. 7. Menadżer przełącznika FC 200E (192.168.0.95) - Zdefiniowane aliasy
Fig. 7. Switch Manager 200E (192.168.0.95) - Defined aliases

3.2.2. Przyporządkowanie portów w przełączniku FC do grup bezpieczeństwa

Na tym etapie konfigurowania kanałów światłowodowych pamięci masowej pracującej pod kontrolą Openfiler ESA, niezbędne jest określenie adresów WWN [2,15] wszystkich hostów ESXi włączonych do niej za pośrednictwem przełącznika FC 200E. Dokonano tego za pomocą jego menadżera w sekcji „Devices”, co pokazano na Rys. 8. W celu przyporządkowania portów przełącznika FC 200E do grup bezpieczeństwa, z poziomu systemu operacyjnego pamięci masowej pracującej pod kontrolą systemu Openfiler ESA, wykonano poniższe komendy o następującej składni: `scstadmin -add_init W -driver y -target x -group Z`



Rys. 8. Menadżer przełącznika FC (192.168.0.95) - adresy WWN hostów ESXi
 Fig. 8. FC Switch Manager (192.168.0.95) - WWN addresses ESXi hosts

- **Dla FC Host adapter Port 1 - DELL_11 - 21:00:00:1b:32:1c:01:7a**

```
oraz dla ESX_IBM_11 - 10:00:00:00:c9:55:64:2e
oraz dla ESX_IBM_12 - 10:00:00:00:c9:55:64:2f
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2e
    -driver qla2x00t
    -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
    -group esxi
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2f
    -driver qla2x00t
    -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
    -group esxi
```

```
oraz dla ESX_IBM_21 - 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
oraz dla ESX_IBM_22 - 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
# scstadmin -add_init 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
    -driver qla2x00t
    -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
    -group esxi
# scstadmin -add_init 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
    -driver qla2x00t
    -target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
    -group esxi
```

- **Dla FC Host adapter Port 2 - DELL_12 - 21:01:00:1b:32:3c:01:7a**

```
oraz dla ESX_IBM_11 - 10:00:00:00:c9:55:64:2e
oraz dla ESX_IBM_12 - 10:00:00:00:c9:55:64:2f
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2e
    -driver qla2x00t
    -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
    -group esxi
# scstadmin -add_init 10:00:00:00:c9:55:64:2f
    -driver qla2x00t
    -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
    -group esxi
```

```
oraz dla ESX_IBM_21 - 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
oraz dla ESX_IBM_22 - 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
# scstadmin -add_init 21:00:00:1b:32:1c:b0:79
    -driver qla2x00t
    -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
    -group esxi
```

```
# scstadmin -add_init 21:01:00:1b:32:3c:b0:79
               -driver qla2x00t
               -target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
               -group esxi
```

3.3. Część 2. Linux Openfiler ESA– Utworzenie woluminu logicznego

W celu utworzenie woluminu logicznego o nazwie "*vol_fc*", zawartego w grupie woluminowej o nazwie "*my_vg*", określonej w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage” będącej pod kontrolą systemu operacyjnego Openfiler ESA, korzystano z administracyjnego interfejsu graficznego (GUI) serwera Openfiler ESA, dostępnego, jak pokazano na Rys. 1, pod adresem <https://192.168.0.67:446> z sieci laboratoryjnej. W dalszej części tego rozdziału wykorzystywano następujące pojęcia:

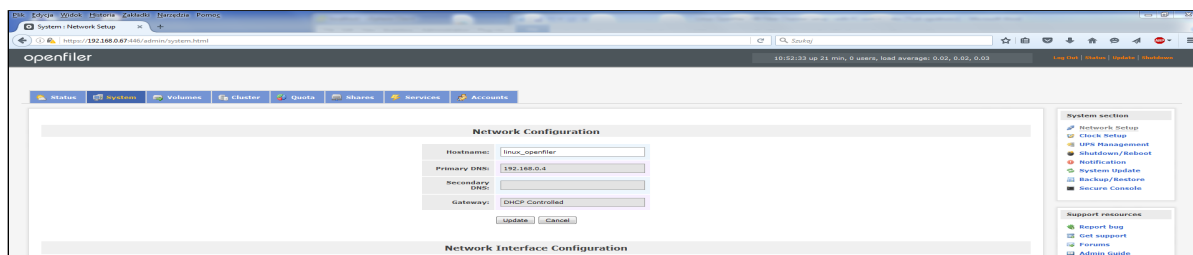
1. Fizyczny Wolumen – przyporządkowanie przestrzeni dyskowej na fizycznym dysku dla wykorzystania w Grupie Wolumenowej,
2. Grupa Wolumenowa – zawiera fizyczne woluminy fizyczne, spośród których tworzony będzie Logiczny Wolumen,
3. Jednostka logiczna LUN – jednostka logiczna, która przedstawiana jest hostom ESXi.

3.3.1. Konfigurowanie pamięci masowej typu “FC Channel Storage”

Przed przystąpieniem do wykonania konfiguracji pamięci masowej typu “FC Storage” pracującej pod kontrolą Openfiler ESA, dla przyszłego wykorzystania, dokonano odpowiedniego przygotowania wirtualnych dysków w pamięci masowej (na serwerze Dell PowerEdge 2900) za pomocą BIOS RAID menadżera. Utworzona dwa wirtualne dyski:

1. Virtual disk 0 – jako zbiór 2 dysków (RAID 0, VOL0), przeznaczony jako urządzenie ‘*/dev/sda*’ systemu operacyjnego Openfiler ESA.
2. Virtual disk 1 - jako zbiór 6 dysków (RAID 5, VOL1), przeznaczony dla przyszłego wykorzystania przez ESXi (dla definiowania obszaru danych „*Datastore*”), jako urządzenie ‘*/dev/sdb*’, dostępne dla iSCSI lub kanału FC, konfigurowany później w następnym rozdziale 3.3.1.2.

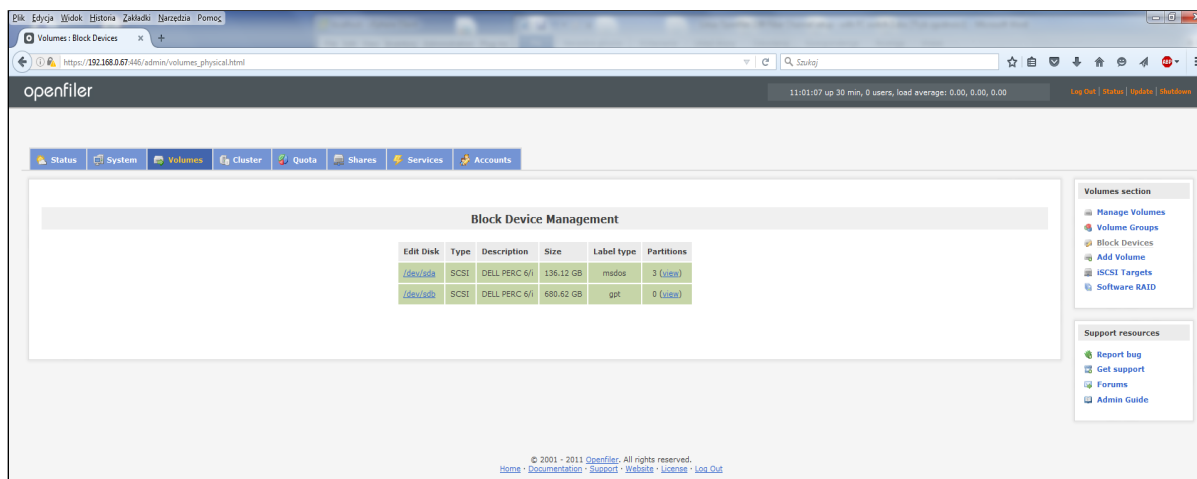
Pierwszą czynnością, którą wykonano w ramach tej konfiguracji, stanowiło wprowadzenie niezbędnych informacji systemowych – w zakładce „*System*”, co pokazano na Rys. 9. Oprócz informacji o nazwie hosta, adresie DNS, adresie IP dla interfejsu eth0, wprowadzono też adresy przyłączonych hostów ESXi oraz przełącznika FC z ustawioną flagą „*Share*”.



Rys. 9. Konfiguracja dostępu sieciowego
Fig. 9. Network Access Configuration

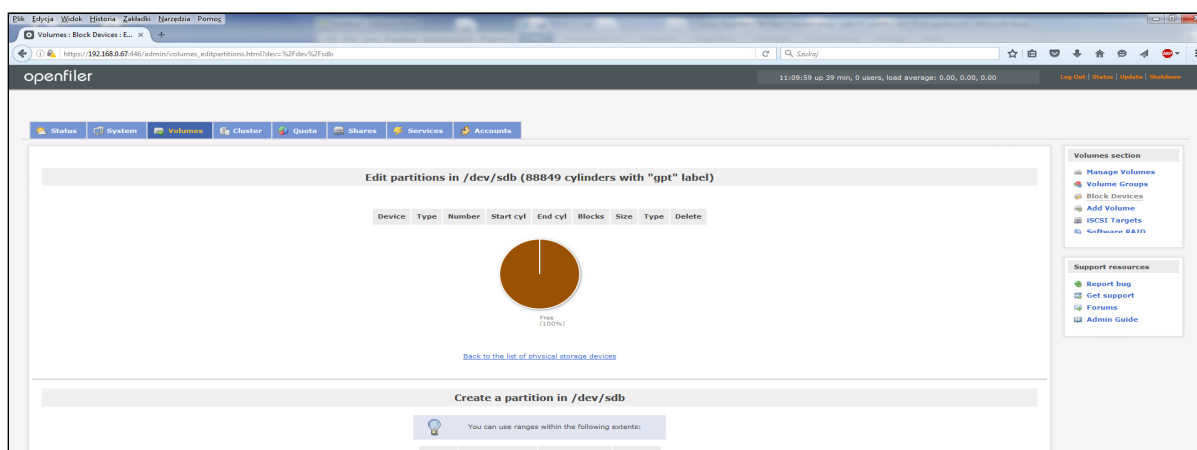
3.3.1.1. Krok 2 – Utworzenie Nowego Fizycznego Woluminu

W tym kroku utworzono fizyczny wolumen, który następnie użyto do utworzenia Grupy Wolumenowej. Utworzono go, wybierając opcję *'Block Devices'* z zakładki *'Volumes'* menu głównego, co pokazano na Rys. 10.



Rys. 10. Zarządzanie urządzeniami blokowymi
Fig. 10. Blok Device Management

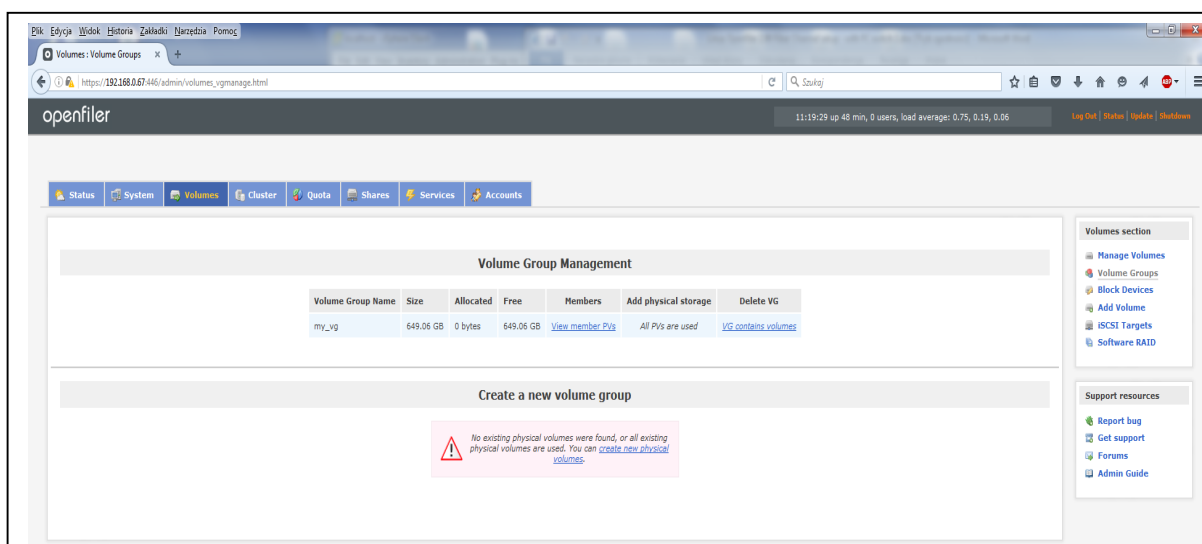
Następnie wybrano *'Edit Disk'* na dysku twardym, na którym zamierzano utworzyć wolumen fizyczny – w tym przypadku *'/dev/sdb'* – utworzony wcześniej na poziomie BIOS RAID menadżera, jako zbiór 6 dysków (RAID 5, VOL1), dla przyszłego obszaru danych „Datastore”, dostępnego przez kanał iSCSI lub FC. W końcu, jako typ partycji nowego wolumenu fizycznego, wybrano opcję *'Physical volume'*, natomiast w opcji *'Mode'* wybrano jako *'Primary'*, co pokazano na Rys. 11.



Rys. 11. Tworzenie woluminu fizycznego
Fig. 11. Creating a physical volume

3.3.1.2. Krok 3 – Tworzenie nowej grupy woluminowej

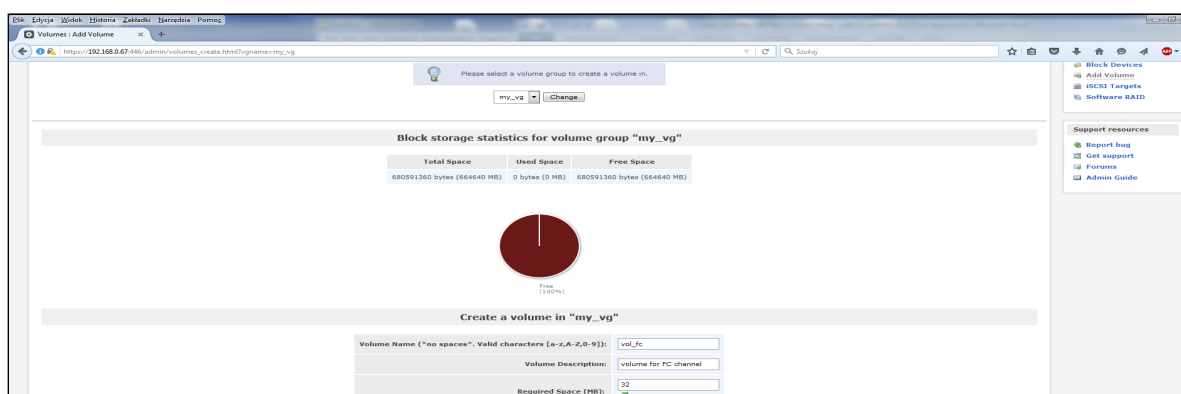
Po utworzeniu fizycznego wolumenu, utworzono grupę wolumenową w której będzie on rezydował. Po wybraniu zakładki 'Volumes' wybrano 'Volume Groups' z menu 'Volume section', a następnie wprowadzeniu nazwy grupy wolumenowej (**my_vg**) i zaznaczeniu właściwego wolumenu fizycznego '/dev/sdb1' w którym będzie definiowana, ostatecznie utworzono grupę o nazwie "**my_vg**", co pokazano na Rys. 12.



Rys. 12. Menadżer grupy wolumenowej
Fig. 12. Volume group management

3.3.1.3. Krok 4 – Tworzenie wolumenu

Tworzenie wolumenu w grupie wolumenowej wykonano za pomocą opcji 'Add volume' dostępnej z menu 'Volumes section'. Po wybraniu utworzonej wcześniej grupy wolumenowej 'my_vg' określono jego nazwę "**vol_fc**", rozmiar wolumenu oraz typ 'Filesystem/Volume type' jako 'block iSCSI, FC, etc', co pokazano na Rys. 13.

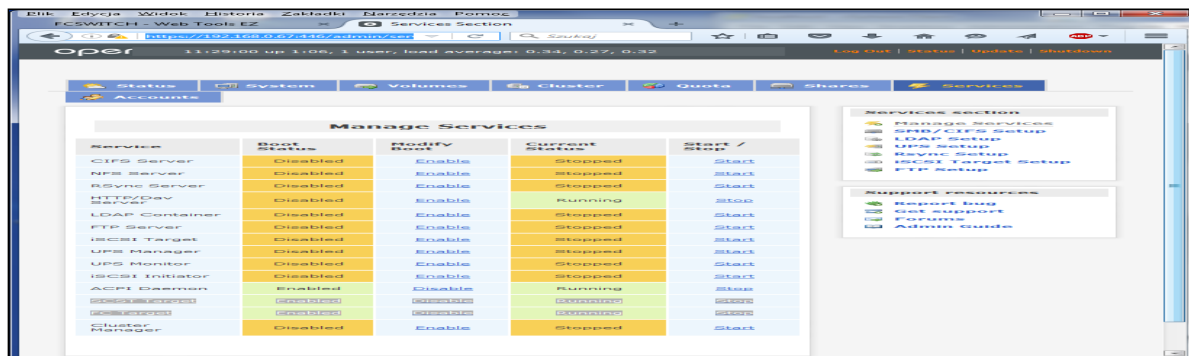


Rys. 13. Tworzenie wolumenu w grupie wolumenowej

Fig. 13. Create volume in Volume Group

3.3.1.4. Krok 5 - Uruchomienie usługi "SCST Target" oraz "FC Target" services

Ostatnim elementem konfiguracji pamięci masowej typu "FC Storage" pracującej pod kontrolą Openfiler ESA jest uruchomienie usług "SCST Target" oraz "FC Target", które uaktywniano z poziomu strony administracyjnej systemu Openfiler ESA, co pokazano na Rys. 14.



Rys. 14. Strona administracyjna systemu Openfiler ESA – menadżer usług

Fig. 14. Administrative system Openfiler ESA - Service Manager

3.3.2. Tworzenie urządzenia scst

Na tym etapie konfigurowania pamięci masowej „SAN Fibre Channel” zostały spełnione wszystkie niezbędne warunki dla utworzenia urządzenia FC, które będzie wskazywało na wcześniej utworzony wolumen logiczny, tj.: „vol_fc”. Do jego utworzenia użyto komendy o następującej składni:

```
scstadmin -open_dev V
          -handler T
          -attributes filename=U
```

Gdzie parametr parametr V zastąpiono wcześniej utworzoną etykietą utworzonego woluminu „vol_fc”, natomiast parametr U zastąpiono pełną ścieżką (/dev/my_vg/vol_fc) do logicznego wolumenu utworzonego w poprzednim kroku. Parametr T (‘handler’) określa się za pomocą poniższej komendy:

```
# scstadmin -list_handler
Collecting current configuration: done.
Handler
```

vdisk_fileio

W końcu, wykonano komendę o poniższej składni, które utworzyło urządzenia FC, wskazujące na wcześniej utworzony wolumen logiczny, tj.: „vol_fc”

```
# scstadmin -open_dev vol_fc
-handler vdisk_fileio
-attributes filename=/dev/my_vg/vol_fc
```

3.3.3. Przypisanie wolumenu logicznego oraz LUN do grupy bezpieczeństwa

W celu przyporządkowania wcześniej utworzonego wolumenu logicznego „vol_fc” oraz LUN do grupy bezpieczeństwa wykonano poniższe komend o następującej składni:

```
scstadmin -add_lun S -driver Y -target W -group Z -device V
```

gdzie S - oznacza numer LUN, począwszy od 0.

Dla FC Host adapter **Port1: 21:00:00:1b:32:1c:01:7a**

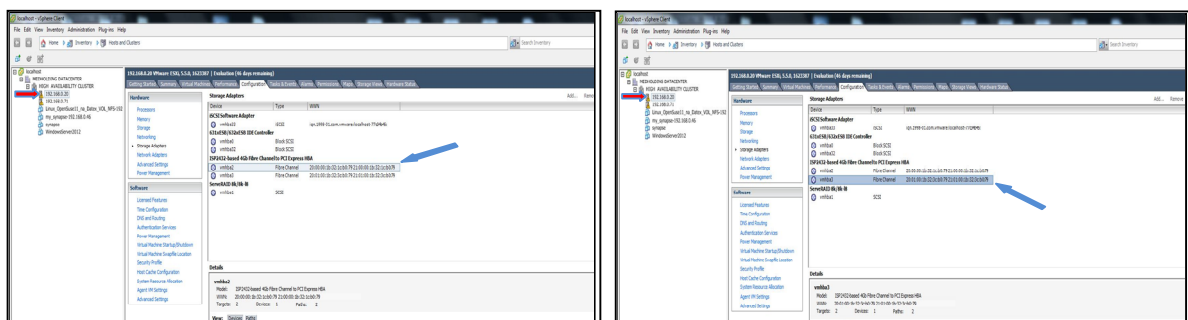
```
# scstadmin -add_lun 0
-driver qla2x00t
-target 21:00:00:1b:32:1c:01:7a
-group esxi
-device vol_fc
```

Dla FC Host adapter **Port2: 21:01:00:1b:32:3c:01:7a**

```
# scstadmin -add_lun 0
-driver qla2x00t
-target 21:01:00:1b:32:3c:01:7a
-group esxi
-device vol_fc
```

3.4. Definiowanie obszarów danych (Datastores) dla serwerów ESXi w pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel”

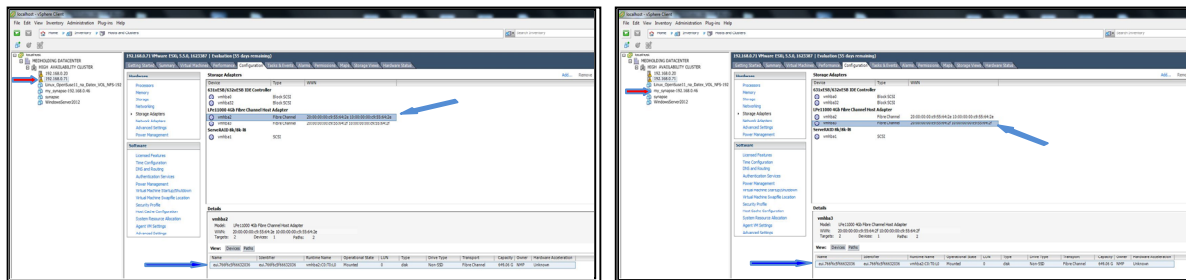
Po dokonaniu konfiguracji pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel”, zdefiniowano odpowiednie obszary dla danych „Datastores” dla każdego serwera ESXi w klastrze. Po sprawdzeniu, z poziomu aplikacji klienckiej VMware vSphere, widoczności adapterów - co pokazano Rys. 15,16 - typu „Fibre Channel Host Adapter”, gdzie ich widoczność oznacza, że są działające i gotowe do zdefiniowania obszarów dla danych „Datastores” dla każdego serwera ESXi w klastrze. Na tych rysunkach widać, że dla każdego serwera ESXi wraz z jego adapterami FC, utworzono dla nich odpowiednie urządzenia FC. Przykładowo, dla serwera ESXi 192.168.0.20 i adaptera “ISP2432-based 4GB Fibre Channel to PCI Express HBA”, utworzono dwa urządzenia typu FC o nazwach “vmhba2” i “vmhba3”.



Rys. 15. Utworzone dwa urządzenia typu FC dla serwera ESXi 192.168.0.20

Fig. 15. Created two device type FC for the ESXi Server 192.168.0.20

Podobnie, dla serwera ESXi server 192.168.0.71 i adaptera “LPE 1100 GB Fibre Channel Host Adapter”, utworzono dwa urządzenia typu FC o nazwach “vmhba2” i “vmhba3”.



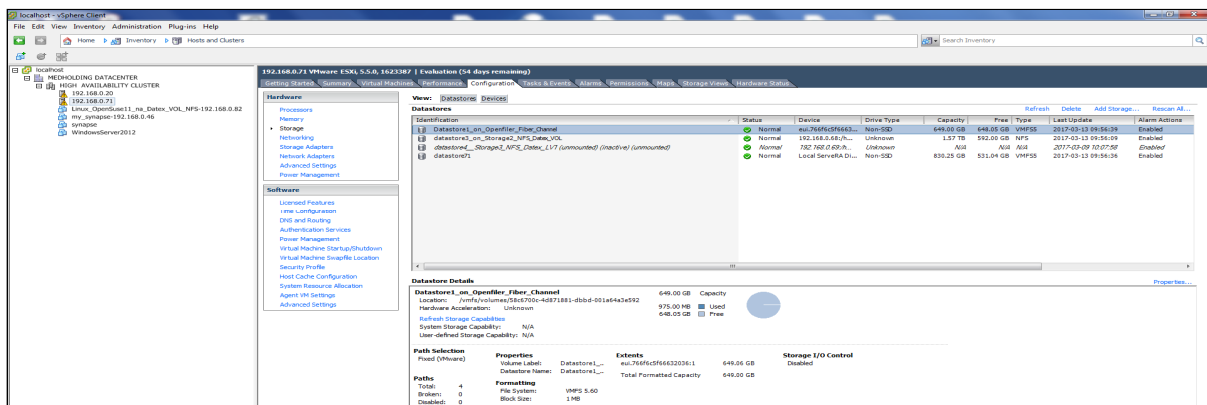
Rys. 16. Utworzone dwa urządzenia typu FC dla serwera ESXi 192.168.0.71

Fig. 16. Created two device type FC for the ESXi Server 192.168.0.71

Jak pokazano na powyższych rysunkach, każde urządzenie FC wskazuje na tę samą pamięć masową FC o nazwie “*ewi.766f6c5f66632036*”, której pojemność wynosi 649.06 GB.

Na koniec prac konfiguracyjno-instalacyjnych uruchomiono kreatora obszaru danych “*Datastores*”, dla każdego z serwerów ESXi, alokowanych w pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel” i za jego pomocą po wybraniu:

1. właściwego typu pamięci masowej: wskaż opcję “*Disk/Lun*”,
2. właściwego LUN w celu utworzenia obszaru danych „*Datastore*”,
3. właściwej wersji systemu plików “*File System Version*”,
4. nazwy obszaru danych – np. ”*Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*”, utworzono obszar „*Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*”, jak pokazano na Rys. 17.

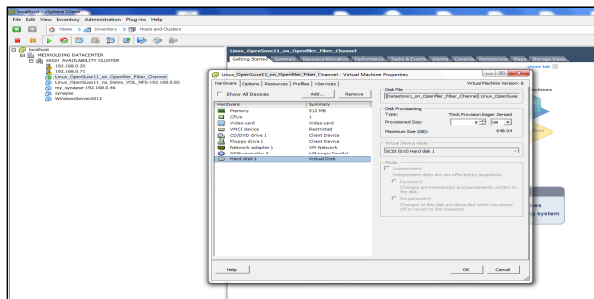


Rys. 17. Obszar danych w pamięci masowej – „*Datastore1 on Openfiler Fiber Channel*”

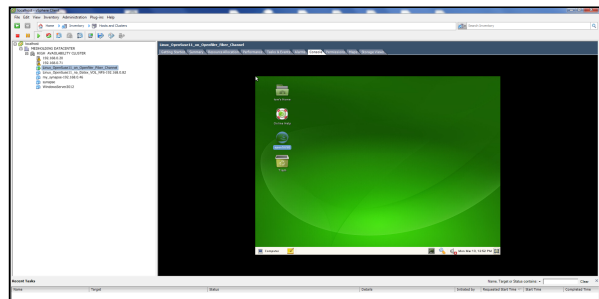
Fig. 17. An area of data in mass storage – “Datastore1 on Openfiler Fiber Channel”

3.5. Wirtualne maszyny w pamięci masowej typu „SAN Fibre Channel” 2.5. pod kontrolą systemu Openfiler ESA

Kiedy ostatecznie utworzono obszar danych „Datastore” w pamięci masowej typu „SAN FC” w systemie Openfiler ESA, wówczas utworzono w nim nowe maszyny wirtualne. W celu ilustracji, na Rys. 18,19 przedstawiono przykład maszyny wirtualnej pod nazwą “Linux_OpenSuse11”, zainstalowaną na serwerze ESXi (192.168.0.71), z wirtualnym dyskiem umiejscowionym w obszarze „Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel”.



Rys. 18. Przykład maszyny wirtualnej, z wirtualnym dyskiem w obszarze danych “Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel”
Fig. 18. An example of a virtual machine, with the virtual disk in the data area "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"



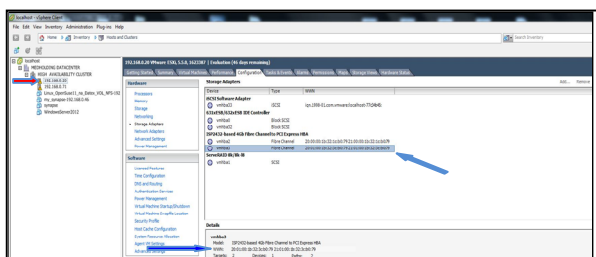
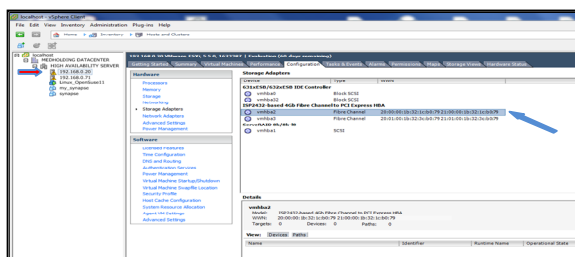
Rys. 19. Przykład uruchomionej maszyny wirtualnej w obszarze danych “Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel”
Fig. 19. An example of a running virtual machine in a data region "Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel"

3.6. Redundancja kanału FC (Fibre Channel)

Jak pokazano wcześniej na Rys. 1., w związku z budową klastra WMware ESXi wysokiej dostępności, utworzono redundantne połączenia FC (od “FC conn. 1” do “FC conn. 6”). Na kolejnych rysunkach przedstawiono wystąpienie awaryjnych sytuacji, ilustrujących zachowanie klastra w przypadku uszkodzenia któregoś z połączeń redundantnych.

1. Przerwa w połączeniu “FC Conn. 3”

W konsekwencji przerwy w połączeniu “FC Conn. 3” dla serwera ESXi (192.168.0.20) i adaptera pamięci masowej “ISP2432–based 4GB Fibre Channel to PCI Express HBA”, urządzenie kanału światłowodowego “vmhba2” nie pracuje. Jak pokazano na Rys. 20, urządzenie “vmhba2” nie wskazuje już na żadną pamięć masową FC, jednak urządzenie “vmhba3” ciągle wskazuje na tę samą pamięć masową pod nazwą “eui.766f6c5f66632036” o całkowitej pojemności 649.06 GB. W rezultacie, każda wirtualna maszyna zainstalowana na tym serwerze ciągle jest połączona z pamięcią masową FC.

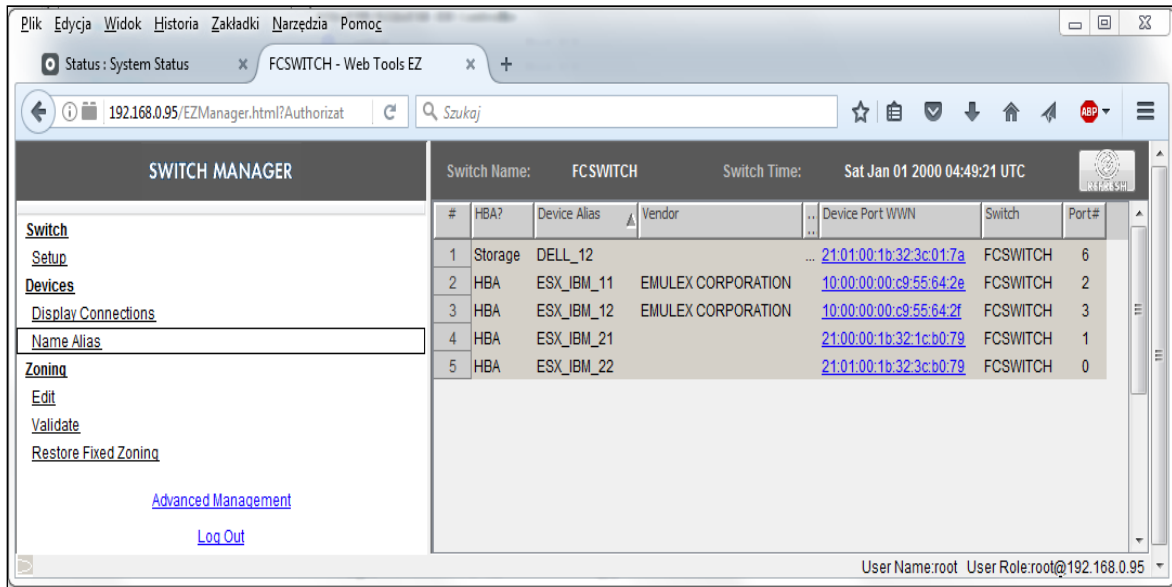


Rys. 20. Połączenie maszyn wirtualnych z serwera do pamięci masowej pod nazwą "eui.766f6c5f66632036" poprzez urządzenie "vmhba3"

Fig. 20. Connection of the virtual machines from the server to the storage under the name "eui.766f6c5f66632036" by "vmhba3" device

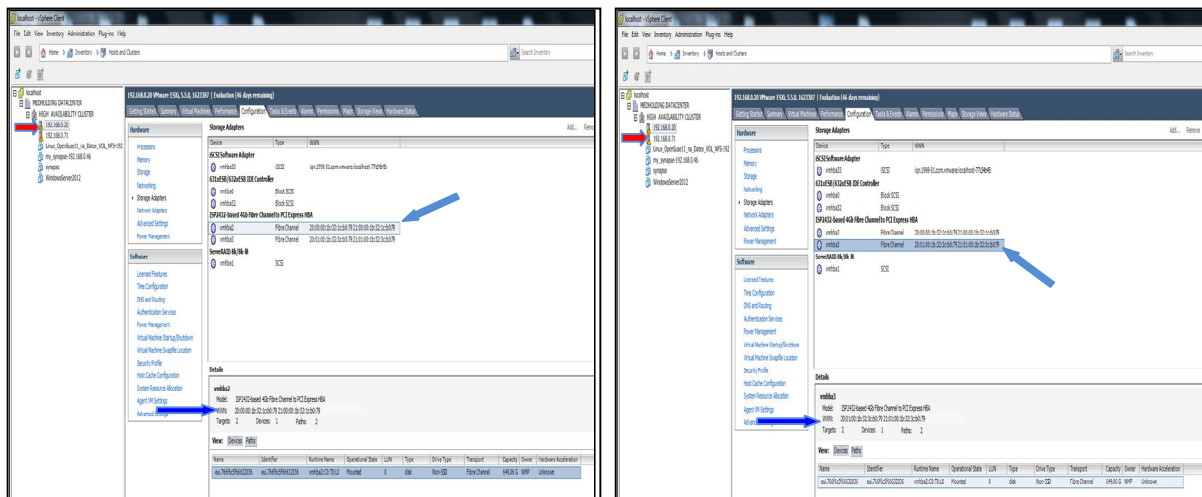
2. Przerwa w połączeniu "FC Conn. 5"

Jeśli połączenie "FC Conn. 5" uległo uszkodzeniu, wówczas w konsekwencji urządzenie o aliasie 'DELL_11' nie pracuje. Jak pokazano na Rys. 21, nie ma go na liście urządzeń.



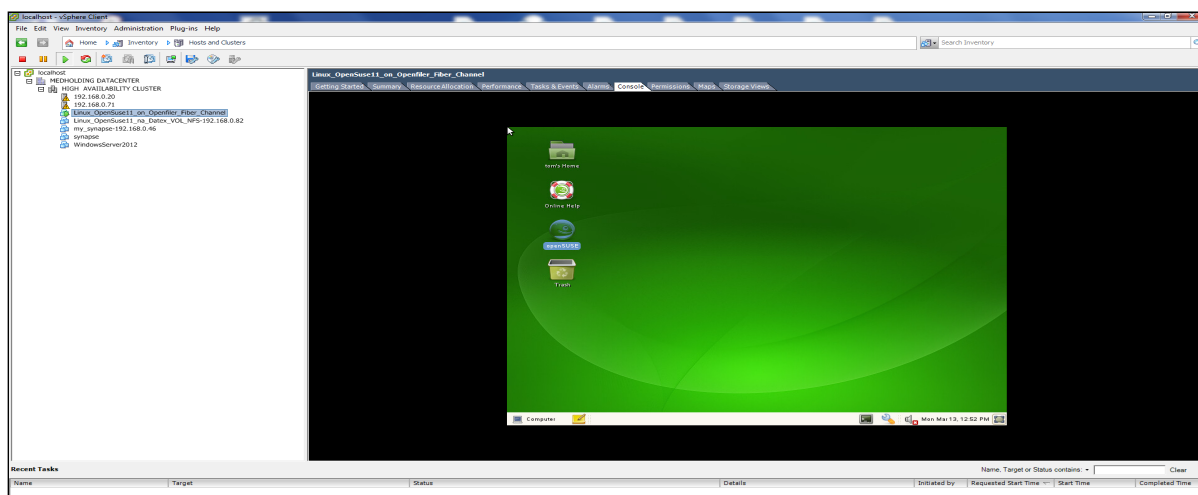
Rys. 21. Urządzenie o 'DELL_11' nie pracuje; nie ma go na liście dostępnych urządzeń
Fig. 21. The device of 'DELL_11' does not work; It is not in the list of available devices

Dzięki pełnej redundancji kanału światłowodowego, wszystkie serwery ESXi w klastrze, jako całość, nadal działają, jak to pokazano na Rys. 22. Dla serwera ESXi 192.168.0.20, urządzenia kanału światłowodowego "vmhba2" oraz "vmhba3" są w stanie ciągłej pracy.



Rys. 22. Działające urządzenia “vmhba2” oraz “vmhba3” kanału FC
 Fig. 22. Operating the device "vmhba2" and "vmhba3" channel FC

Jak pokazano na powyższych rysunkach, każdy urządzenie kanału światłowodowego ciągle wskazuje na tę samą pamięć masową FC pod nazwą “eui.766f6c5f66632036” o pojemności 649.06 GB. W konsekwencji, każda wirtualna maszyna w klastrze nadal pracuje, jak pokazano na Rys. 23.



Rys. 23. Widok jednej z działających maszyn wirtualnych w klastrze
 Fig. 23. View one of the running virtual machines in a cluster

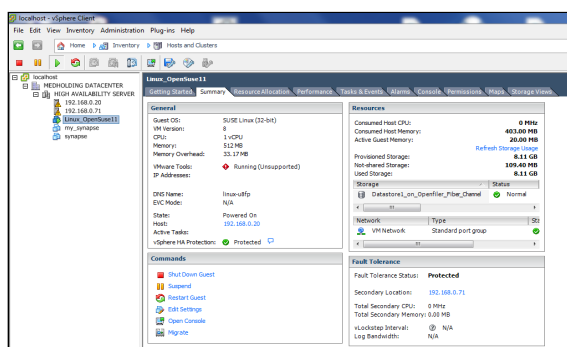
4. Funkcjonalność „Fault Tolerance” w klastrze ESXi wysokiej dostępności

Zanim funkcjonalność “*Fault Tolerance*” może być wykorzystana, należy włączyć funkcjonalność “*Turn on Fault Tolerance*”. Tę operację wykonano na przykładowej uruchomionej wirtualnej maszynie o nazwie „*Linux_openSuse11*” działającej na serwerze ESXi (IP=192.168.0.20). Po wykonaniu tej operacji status tej maszyny został zmieniony i maszyna jest w stanie “*Protected*”. Równocześnie klastr utworzył dla niej kopię w wtórnej lokalizacji “*Secondary Location*” na serwerze ESXi (IP=192.168.0.71), co pokazano na Rys. 24.

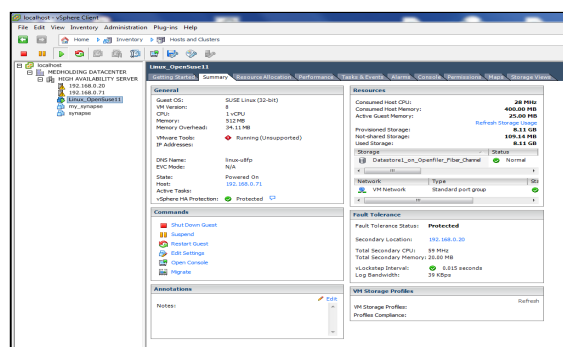
Jeśli teraz serwer ESXi lub też uruchomiona na nim przykładowa maszyna wirtualna “*Linux_openSuse11*” nagle ulegnie awarii, wówczas włączona funkcjonalność „*Fault Tole-*

rance” zapewnia, że jej kopia zlokalizowana w wtórnej lokalizacji “*Secondary Location*” na serwerze ESXi (IP=192.168.0.71 przechodzi, w ułamku sekundy, w stan aktywności (*on line*).

Jak pokazano na Rys. 25. teraz ta wirtualna maszyna pracuje w trybie „*Protected*” na serwerze 192.168.0.71 wraz z swoją kopią w wtórnej lokalizacji umiejscowionej na serwerze 192.168.0.20. Należy zauważyć, że wirtualny dysk twardej z tej wirtualnej maszyny pozostał niezmienny i rezyduje w pamięci masowej FC pod nazwą “*Datastore1_on_Openfiler_Fiber_Channel*”



Rys. 24. Włączenie funkcjonalności “Turn on Fault Tolerance”-zmiana statusu maszyny na stan “Protected”
Fig. 24. Enabling the functionality of "Turn on Fault Tolerance"-change the status of the machine on the "Protected"



Rys. 25. Zmiana trybu pracy na serwerze IP=192.168.0.71 ze stanu „unprotected” na „Protected”
Fig. 25. Change the operating mode for the server IP = 192.168.0.71 with "unprotected" to "Protected"

5. System Radiografii Pośredniej „Synapse”

System Radiografii Pośredniej „Synapse” f-my FUJIFILM Medical Systems USA, Inc., używany w Szpitalu Specjalistycznym im. Prof. E. Michałowskiego MEDHOLDING S.A., służący do gromadzenia oraz prezentacji rentgenogramów (RTG) i tomogramów (TK), eksploatowany jest na serwerze ESXi z dyskami wirtualnymi zlokalizowanymi w jego zasobach. Posiada wewnętrzną strukturą przedstawioną na Rys. 26. Zdefiniowano na nim dwa obszary danych „*datastore1*” oraz „*jedentera*”, w których utworzono jego dyski wirtualne.

root		
vmfs		
volumes		
datastore1		
synapse		
synapse.vmdk		Hard Disk1 – typu ‘ <i>Thick Provision Lazy Zeroed</i> ’
synapse-flat.vmdk		w obszarze: [datastore1] synapse/synapse.vmdk
synapse_1.vmdk		Hard Disk2 – typu ‘ <i>Thick Provision Eager Zeroed</i> ’
synapse_1-flat.vmdk		w obszarze: [datastore1] synapse/synapse_1.vmdk
synapse_2.vmdk		Hard Disk3 – typu ‘ <i>Thick Provision Eager Zeroed</i> ’
synapse_2-flat.vmdk		w obszarze: [datastore1] synapse/synapse_2.vmdk
jedentera		
synapse		

Rys. 26. System „Synapse” struktura wewnętrzna zasobów

Fig. 26. "Synapse" internal structure of resources

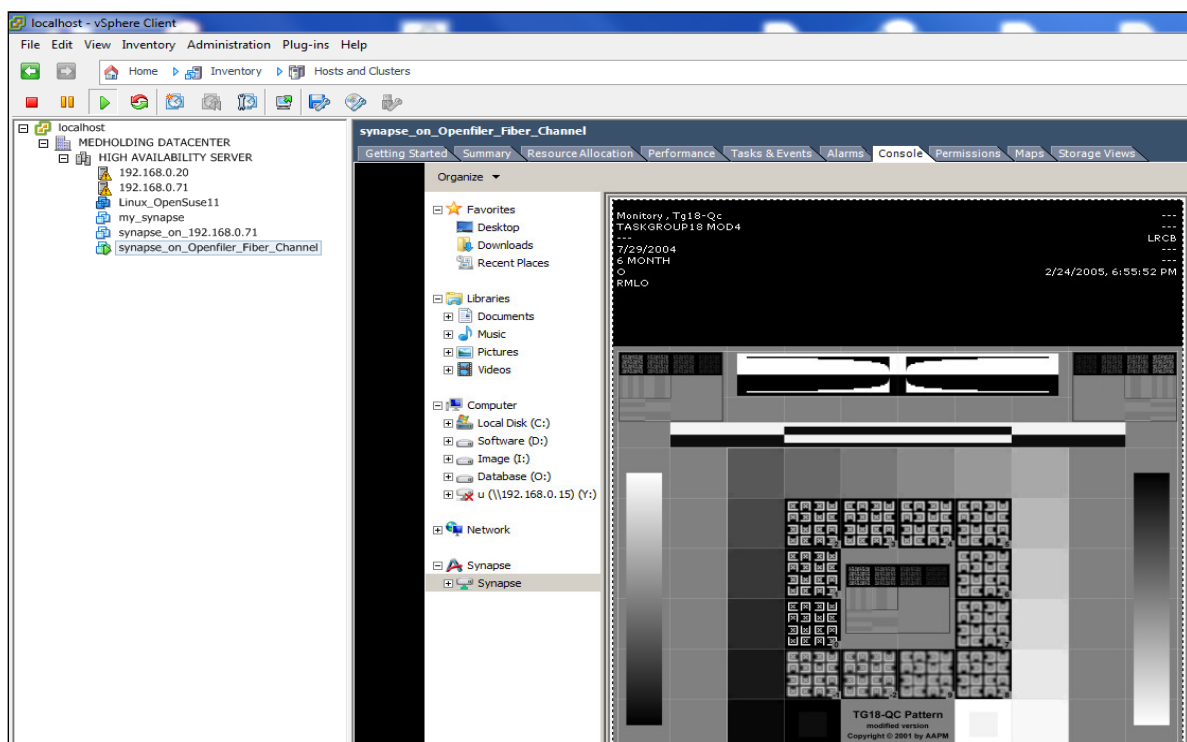
5.1. Instalacja System Radiografii Pośredniej „Synapse” w pamięci masowej

Instalację systemu „Synapse” w pamięci masowej współpracującej klastrem ESXi w sieci laboratoryjnej, przeprowadzono za pomocą metody kopiowania dysków wirtualnych. W ten sposób przeniesiono dyski wirtualne ze środowiska produkcyjnego do środowiska laboratoryjnego w dwóch krokach:

Krok 1. Przekopiowano, za pomocą polecenia `scp` wbudowanego w system ESXi, odpowiednie pliki (*.vmdk) z maszyny wirtualnej ESXi hosta produkcyjnego do pamięci masowej klastra laboratoryjnego.

Krok 2. Na laboratoryjnym hoście ESXi utworzono nową maszynę wirtualną (bez dysku) do której, jako dyski twarde podłączono skopiowane pliki (*.vmdk).

W efekcie, w środowisku laboratoryjnym odtworzono pracującą kopię systemu Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse”, co pokazano na Rys. 27, wykazując i potwierdzając w ten sposób przydatność opisywanego magazynu pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage”, pracujący pod kontrolą systemu operacyjnego Linux Openfiler ESA.



Rys. 27. System „Synapse” w pamięci typu „Fiber Channel SAN Storage” – obraz testowy
 Fig. 27. System "Synapse" on mass "Fiber Channel SAN Storage – image test

5.2. Ocena porównawcza Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse”

Ocenę porównawczą szybkości działania Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse” dokonano za pomocą programu typu „Benchmark” o nazwie „HD Tune Pro” f-my EFD Software, służącego do testowania dysków IDE i SCSI poprzez pomiar operacji odczytu dysków.

Wykonano ją dla trzech przypadków, tzn., kiedy dyski wirtualne systemu “Synapse”, zawierające jego dyski systemowe (w tym dysk z Windows 2008 Server R2) znajdują się w obszarze danych (‘Datastore’) założone:

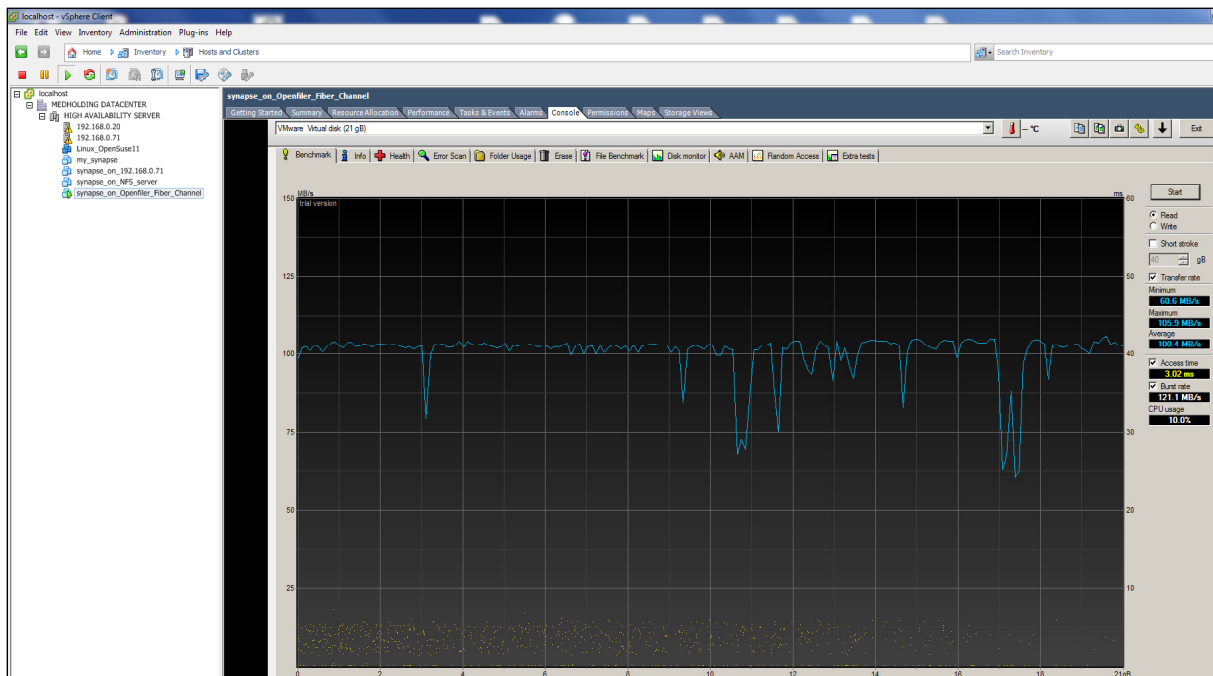
1. na dyskach lokalnych jednego z serwerów ESXi klastra HA,
2. w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage” działającej pod kontrolą Openfiler ESA,
3. w systemie plików NFS innego serwera linuxowego włączonego do sieci laboratoryjnej.

Na poniższych rysunkach, Rys. 28,29,30, pokazano wyniki działania tego programu. Jak widać z załączonych rysunków, największa średnia prędkość odczytu dysku systemowego z systemem operacyjnym Windows Server 2008R2 z systemu Radiografii Pośredniej „Synapse”wynosi:

1. 144,8 MB/s – alokowanego w zasobach dyskowych jednego z serwerów ESXi klastra HA,
2. 100,4 MB/s - alokowanego w pamięci masowej działającej pod kontrolą Openfiler ESA,
3. 44,8 MB/s - alokowanego systemie plików NFS innego serwera w sieci IP.

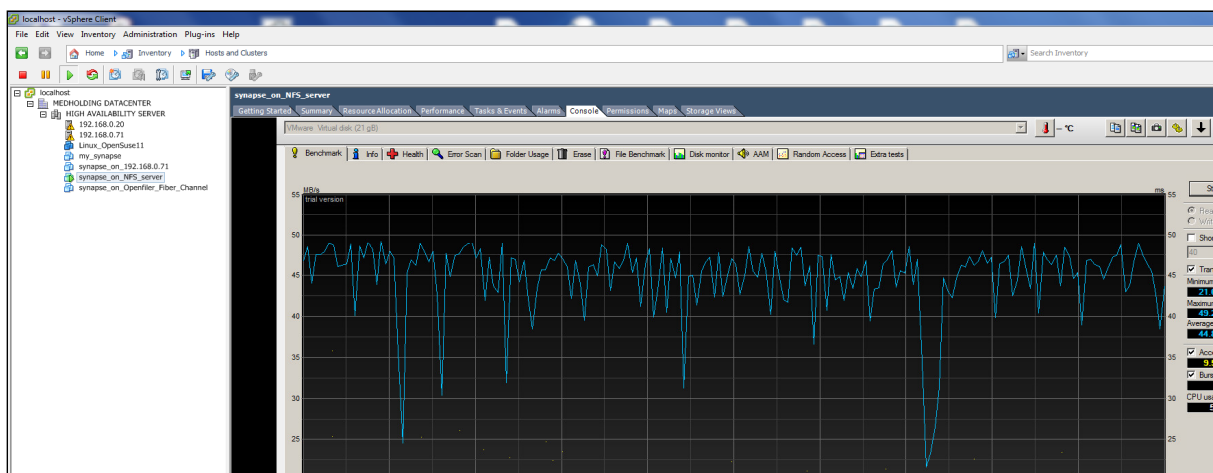


Rys. 28. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony na dyskach jednego z serwerów klastra ESXi. Przeciętny czas odczytu: 144,8 MB/s
 Fig. 28. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" located on one server ESXi cluster disks. The average time to read: 144.8 MB/s



Rys. 29. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony w pamięci masowej typu „Fiber Channel SAN Storage”. Przeciętny czas odczytu: 100,4 MB/s

Fig. 29. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" in storage "Fiber Channel SAN Storage". The average time to read: 100.4 MB/s



Rys. 30. Pomiar czasu odczytu danych z dysku wirtualnego z maszyny „Synapse” umiejscowiony w systemie NFS innego serwera. Przeciętny czas odczytu: 44,8 MB/s
Fig. 30. The measurement of time to read data from the virtual disk from the machine "Synapse" located in the another NFS server. The average time to read: 44,8 MB/s

6. Podsumowanie i Wnioski

W niniejszej pracy wykazano poprawność konfiguracji klastra VMWARE ESXi oraz pamięci masowej typu "Fiber Channel SAN Storage" działającej pod kontrolą na Openfiler ESA. Potwierdzono prawidłowość działania systemu pełnej redundancji i odporności na uszkodzenia FT i HA. Możliwa jest migracja zastanego systemu „Synapse” do struktury klastrowej z dyskami wirtualnymi alokowanymi w pamięci masowej typu "Fiber Channel SAN Storage" działającej pod kontrolą na Openfiler ESA.

Wnioski

1. Gdy System Radiografii Pośredniej „Synapse” działa na dyskach lokalnych jednego z serwerów ESXi klastra włączonego do sieci laboratoryjnej (1GB), to czas wyszukiwania i wyświetlania rentgenogramów dla konkretnych pacjentów jest najkrótszy; warunki bardzo dobre do normalnej praktyki lekarskiej.
2. W przypadku system „Synapse” działa w pamięci masowej typu "Fiber Channel SAN Storage" działającej pod kontrolą na Openfiler ESA, wówczas szybkość uzyskiwania poszczególnych rentgenogramów jest średnia; warunki dobre do normalnej praktyki lekarskiej.
3. W sytuacji, kiedy system „Synapse” działa w systemie plików NFS innego serwera linuksowego włączonego do sieci laboratoryjnej, to szybkość uzyskiwania poszczególnych rentgenogramów jest najdłuższy; warunki akceptowalne do normalnej praktyki lekarskiej.

Zwiększenie wydajności NFS można poprawić poprzez zwiększenie przepustowości sieci i parametrów macierzy dyskowej na której jest on zainstalowany [40].

4. Zwiększenie szybkości Systemu Radiografii Pośredniej „Synapse” działającego w pamięci masowej typu "Fiber Channel SAN Storage" pod kontrolą na Openfiler ESA można osiągnąć poprzez zastosowanie szybszego przełącznika w sieci SAN, np. Brocade 300 (8 Gbps) [41], Brocade G620 (32-Gbps) [42] lub Brocade Gen 6 platform (32-Gbps) [43].

LITERATURA

1. VMware, <https://pl.wikipedia.org/wiki/VMware>.
2. Bożyk K.: Technologia SAN (Storage Area Networks)-Praca dyplomowa magisterska, Samodzielny Zakład Sieci Komputerowych Politechnika, Łódź 2005, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=17&ved=0ahUK EwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCE4wBg&url=http%3A%2F%2Fzskl.p.lodz.pl%2F~morawski%2FDyplomy%2FPraca%2520dyplomowa%2520p.%2520Bozyka.pdf&usg=AFQjCNGcTtYnhiQ45TeRZaYFe8TvHREU7Q&sig2=8JYU_hvgVLIXKbuunef6tA&cad=rja.
3. Infortrend Technology Inc.: Storage Area Network, 2007, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=48&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiy2rLP3NrSAhUBVxQKHf1-CyM4KBAWCE0wBw&url=http%3A%2F%2Finfortrend.com%2FImageLoader%2FLoadDoc%2F183&usg=AFQjCNF7LPJzA24tihEuR4I10w9lcmrkKw&sig2=SFuK7vOD5X5Gh0SYJ9z9Bg>.
4. *vSphere ESXi Bare-Metal Hypervisor | VMware Polska*, www.vmware.com [dostęp 2015-11-29], <http://www.vmware.com/products/esxi-and-esx.html>.
5. The Red Hat Enterprise Linux 6 Kernel: What Is It?, <http://www.serverwatch.com/news/article.php/3880131/The-Red-Hat-Enterprise-Linux-6-Kernel-What-Is-It.htm>.
6. How To Install and Update A Redhat Linux Kernel RPM, <http://www.yolinux.com/TUTORIALS/LinuxTutorialKernelRpmInstall.html>.
7. Ball B.: Red Hat Linux 7.3, “Księga Experta”, Tłumaczenie: Maciej Pasternacki, ISBN: 83-7197-787-5, Wydawnictwo HELION, 2002.
8. Red Hat Linux, https://pl.wikipedia.org/wiki/Red_Hat_Linux.
9. Fibre Channel SAN Configuration Guide – VMware, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=13&ved=0ahUK EwjNjLvUvNrSAhWCQxoKHQTOAMAQFghtMAw&url=http%3A%2F%2Fwww.vmware.com%2Fpdf%2Fvsphere4%2Fr40%2Fvsp_40_san_cfg.pdf&usg=AFQjCNGxQeLDd-lj-Sz3LYeFU0J26I6u1g&sig2=qZdVACxDgDo4DdEZ-ejijA&cad=rja.
10. Host Bus Adapter (HBA), <http://searchstorage.techtarget.com/definition/host-bus-adapter>.
11. VMware vSphere 5.1 Documentation Center, <https://pubs.vmware.com/vsphere-51/index.jsp#com.vmware.vsphere.doc/GUID-1B959D6B-41CA-4E23-A7DB-E9165D5A0E80.html>.

12. Fiber Channel Storage Area Network (FC SAN),
<https://www.techopedia.com/definition/1081/fiber-channel-storage-area-network-fc-san>.
13. Fibre Channel SAN Topologies, EMC,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUK EwjNjLvUvNrSAhWCQxoKHOTOAMAQFghUMAk&url=https%3A%2F%2Fwww.emc.com%2Fcollateral%2Fhardware%2Ftechnical-documentation%2Fh8074-fibre-channel-san-tb.pdf&usg=AFQjCNGw6qg1hMKDIfZpd7_dxYyMa3YsfA&sig2=L8ly1S83lks02L8XEFpWhg&cad=rja.
14. Pico J.: An Analysis From A Security Perspective, Fibre Channel Storage Area Networks - SANS Institute,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwiIroufz9rSAhVMjCwKHRw0Ba84ChAWCCgwAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.sans.org%2Freading-room%2Fwhitepapers%2Fbackup%2Ffibre-channel-storage-area-networks-analysis-security-perspective-32913&usg=AFQjCNE2GjHWHI9YQqFRPr_FsZBRVgp46Q&sig2=DyfsKFFtw1JqjHTxSFDdvQ.
15. Norman D.: Fibre Channel Technology for Storage Area Networks, 2001,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=29&ved=0ahUK EwiCxO-v1NrSAhUBliwKHSSxAyc4FBAWCFcwCA&url=https%3A%2F%2Fwww.rivier.edu%2Ffaculty%2Fvriabov%2FCS553a_Paper_DNorman.pdf&usg=AFQjCNHbMK8jDMbIrijZE-YPAdwpSg0AIQw&sig2=QC-q_MaZy-Vk_P7O1gFQig&cad=rja.
16. Black D.L.: A Storage Menagerie: SANs, Fibre Channel, Replication and Networks, Miami 2011,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=33&ved=0ahUK EwjTwo_s1drSAhWE7BQKHWzZDmg4HhAWCCkwAg&url=https%3A%2F%2Fwww.nanog.org%2Fmeetings%2Fnanog51%2Fpresentations%2FSunday%2FNANOG51.Talk8.StorageMenagerie.pdf&usg=AFQjCNEuRU5_1mVAZhsAVpOHO9s2IEknZA&sig2=7JwuDVgT4idj-ADzyPV1pw&cad=rja.
17. Dale D.: iSCSI & Fibre Channel SANs,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=56&ved=0ahUK EwiOgMue39rSAhVJvhQKHYAhBPI4MhAWCD4wBQ&url=http%3A%2F%2Fwww.snia.org%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2FiSCSI%2520and%2520FC%2520SAN.pdf&usg=AFQjCNH68QzoPlwb9QygcAhPSBU35AOQAA&sig2=ix9gKkTkB_96ZcmfT3li6A&cad=rja.
18. Fibre Channel Storage area Network,
<https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=73&ved=0ahUK EwiQ-6me4trSAhVfVBQKHdj8AIE4RhAWCCgwAg&url=http%3A%2F%2Fjbiet.edu.in%2Fcoursefiles%2Fcse%2FHO%2Fcse4%2FSAN4.pdf&usg=AFQjCNGuJ-qgJaBf9flKt-hAfMhE-HxFyw&sig2=5iJgB9TpakoLLkGcM11-Sw&cad=rja>.
19. VMware vSphere 5.1: 16Gb Fibre Channel SANs with HP ProLiant DL380 Gen8 servers and HP 3PAR Storage,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=103&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi0_7nc49rSAhWDPROKHf-

- [C_w4ZBAWCCgwAg&url=https%3A%2F%2Fdocs.broadcom.com%2Fdocs%2F12356389&usg=AFQjCNEzQIB62vStn9liCRwN3sWH775-mg&sig2=KU0ixGbU-9vvIz1-edNFuA.](https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=111&ved=0ahUKewiat7nC5NrSAhUI7xQKHSLBAwY4bhAWCBkAA&url=http%3A%2F%2Fstor.usint.com%2Fpdf%2Fbrocade%2520remote%2520connection.pdf&usg=AFQjCNG8ai2Zr74K0tLytgh3tmrBuH7bRw&sig2=4m-ouEzH4PhwW6RJSEOKdw&cad=rja)
20. CONNECTING SANS OVER METROPOLITAN AND WIDE AREA NETWORKS, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=111&ved=0ahUKewiat7nC5NrSAhUI7xQKHSLBAwY4bhAWCBkAA&url=http%3A%2F%2Fstor.usint.com%2Fpdf%2Fbrocade%2520remote%2520connection.pdf&usg=AFQjCNG8ai2Zr74K0tLytgh3tmrBuH7bRw&sig2=4m-ouEzH4PhwW6RJSEOKdw&cad=rja>.
 21. Openfiler, <https://www.openfiler.com/products>.
 22. Bastiaansen R.: Install and configure Openfiler for ESXi shared storage with NFS and iSCSI, 2013, <http://www.vmwarebits.com/content/install-and-configure-openfiler-esxi-shared-storage-nfs-and-iscsi>.
 23. Seget V.: How to configure OpenFiler iSCSI Storage for use with VMware ESX, 2015, <https://www.vladan.fr/how-to-configure-openfiler-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esx/>.
 24. Openfiler Administration Guide, Openfiler Ltd. UK, 2009, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=10&ved=0ahUKewiuk6O_5drSAhWMVhQKHTu5D9sQFghpMAk&url=https%3A%2F%2Fjuliorestr.epo.files.wordpress.com%2F2010%2F10%2Fopenfiler-administration-guide-_by-san.pdf&usg=AFQjCNHR_1418NAixCnLum9cO5BrCPwkMg&sig2=nk40HjhaDRIGNUOh0CloaA&cad=rja.
 25. Tivari R.: How to install openfiler 2.99, 2013, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=12&ved=0ahUKewil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCCEwAQ&url=http%3A%2F%2Fcent.syr.edu%2Fwp-content%2Fuploads%2F2015%2F03%2FHow-to-install-Open-Filer-Using-SAN.pdf&usg=AFQjCNHyFIK7HJuV5v6lqbGVO1TZ-DmBGw&sig2=raSYujdqzEpDpD8HFQfBjw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja>.
 26. Intel: Delivering Low Cost High IOPS VM Datastores Using Openfiler, Document Number: 329238-002US, 2014, https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=15&ved=0ahUKewil-NW76NrSAhXMPxQKHxeFDNw4ChAWCDowBA&url=http%3A%2F%2Fwww.intel.de%2Fcontent%2Fdam%2Fwww%2Fpublic%2Fus%2Fen%2Fdocuments%2Ftechnology-briefs%2Fssd-dc-s3700-low-cost-high-iops-vm-openfiler-blueprint-brief.pdf&usg=AFQjCNHMmKOI4_XtwJ5DGJZuMy5MZt4ACg&sig2=RwO49GiRIx963zMS6TCaGw&bvm=bv.149397726,d.d24&cad=rja.
 27. How to configure Openfiler v2.3 iSCSI Storage with VMware ESXi v4, 2017, <http://www.htmlgraphic.com/how-to-configure-openfiler-v2-3-iscsi-storage-for-use-with-vmware-esxi-v4/>.
 28. Creating a vSphere HA Cluster, https://pubs.vmware.com/vsphere-50/index.jsp?topic=%2Fcom.vmware.vsphere.avail.doc_50%2FGUID-E90B8A4A-BAE1-4094-8D92-8C5570FE5D8C.html.
 29. Introduction to a “Network File System” (NFS), 2009, <https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=8&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKewjH8JqmtuTSAhXnlpoKHfgLALUQFghXMAc&url=http%3A%2F%2Fwww.cs.fsu.edu%2F~langley%2FCNT4603-2009-Spring%2F08->

- [nfs.pdf&usg=AFQjCNHAXO8A-ByVbbOq65lManUms5uoA&sig2=wSz3EkIqPL43tTsUXXGk2g.](#)
30. An Introduction to NFS – LinuxVM,
[10.17487/RFC3530](https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjRopS-teTSAhXoa5oKHcFDCVwQFggnMAI&url=http%3A%2F%2Flinuxvm.org%2Fpresent%2FSHARE98%2FS5521NFa.pdf&usg=AFQjCNEv7XG0PZle_W3FOdGGwLa53FIntA&sig2=OjIkJk05yjHK5lsy1Jrd2w.
31. Shepler S. i inni, <i>Network File System (NFS) version 4 Protocol</i>, RFC 3530, IETF, kwiecień 2003, DOI: <a href=), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.),
<https://tools.ietf.org/html/rfc3530>.
 32. Callaghan B., Pawlowski B., Staubach P., *NFS Version 3 Protocol Specification*, RFC 1813, IETF, czerwiec 1995, DOI: [10.17487/RFC1813](https://doi.org/10.17487/RFC1813), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.),
<https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
 33. Nowicki B., *NFS: Network File System Protocol specification*, RFC 1094, IETF, marzec 1989, DOI: [10.17487/RFC1094](https://doi.org/10.17487/RFC1094), OCLC [943595667](https://oclc.org/number/oclc/943595667) (ang.),
<https://tools.ietf.org/html/rfc1813>.
 34. Brocade Communications Systems, Inc.: EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2011,
[https://en.wikipedia.org/wiki/Fibre_Channel_zoning](https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwjTicf_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggcMAA&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fhtml%2Fen%2Fadministration-guide%2Ffos-741-ezswitchsetup%2Findex.html&usg=AFQjCNHFhNRMTM6YYygfqzH8hxchScIurw&sig2=0fcPjbAuZ_tFsIL9OcgL1Q.
35. Fibre Channel zoning, <a href=).
 36. Brocade Communications Systems, Inc.: Secure SAN Zoning, Best Practices,
[https://sanenthusiast.com/zoning-in-brocade-fc-san-switch-for-beginners/](https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggcMAA&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Ffibre%2F8903%2F1%2FZoning_Best_Practices_WP-00.pdf&usg=AFQjCNFo4TiQV6kT1ech9libNZ0_L6ZVvQ&sig2=HTqDjdBZaA43UhNDL9lOJw&cad=rja.
37. Azhagarasu A.: Zoning in Brocade FC SAN switch for beginners, 2013,
<a href=).
 38. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade Guide to Understanding Zoning, Document number: 53-0000213-01, 2002,
[https://thesanguy.com/2013/09/11/useful-brocade-fos-cli-commands/](https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=0ahUKEwip8e_jvunSAhWGZpoKHULCAkIQFggjMAE&url=https%3A%2F%2Fcommunity.brocade.com%2Fdtscp75322%2Fattachments%2Fdtscp75322%2Fmgmtsoftware%2F192%2F2%2F53-0000213-01%2BBrocade%2BGuide%2Bto%2BUnderstanding%2BZoning%2BVOLUME%2B1.pdf&usg=AFQjCNEBgzK7iMxqETGNrK8I4wQPcgUGSg&sig2=_0daoRXmBltEEFL15mMY4w&cad=rja.
39. The SAN Guy. Useful Brocade FOS CLI Commands, 2013,
<a href=).

40. Jak dobrać macierz pod wirtualizację serwerów?, 2015,
<http://blog.integratedsolutions.pl/wirtualizacja/jak-dobrac-macierz-pod-wirtualizacje-serwerow/>.
41. Brocade 300 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-300-switch-ds.pdf>.
42. Brocade G620 Switch, <http://www.brocade.com/en/backend-content/pdf-page.html?/content/dam/common/documents/content-types/datasheet/brocade-g620-switch-ds.pdf>.
43. Brocade Communications Systems, Inc.: Brocade EZSwitchSetup, Administrator's Guide, 2015,
https://www.google.pl/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=3&ved=0ahUK EwjTicf_uunSAhUJWhQKHfE0DqAQFggsMAI&url=http%3A%2F%2Fwww.brocade.com%2Fcontent%2Fdam%2Fcommon%2Fdocuments%2Fcontent-types%2Fadministration-guide%2Ffezswitchsetup-800-adminguide.pdf&usg=AFQjCNHAWMIvyfASnfWvbwYezC4lQmGcTw&sig2=xHhMkqx3TBAmHiAfMeRcbA&cad=rja.

Recenzent:

Wpłynęło do Redakcji 30 kwietnia 2017 r.

Abstract

In the present work describes the way in which you can build a mass storage type "Fiber Channel SAN Storage", working under the control of the operating system Linux Openfiler ESA and cooperating with a cluster of high availability VMWARE ESXi. Prepared, according to the form described in the article, a laboratory cluster infrastructure was used to test the possibility of launching in mass storage for migration, tile specialist hospital Indirect Radiography System "Synapse" FUJIFILM Medical Systems USA, Inc., used in Specialized Hospital named Prof. E. Michalowski MEDHOLDING S.A., for the collection and presentation of the rentgenograms (x-ray) and tomographs (TK). This article presents high-availability cluster with full redundancy fiber connectivity, as a platform for virtual machines with mass storage system. In the construction of high availability cluster, the VMWARE ESXi technology was used which support many different and very expensive mass storage type Storage Area Network (SAN) in a variety of configurations. In the work a comparative assessment has been made of the speed of "Synapse" system in a situation when the virtual disks of this system reside on disks in the storage type "Fiber Channel SAN Storage, or on drives of the one ESXi server or on a shared another NFS server file system drives included in the laboratory network.

