

Konfigurowanie sieci VLAN

Sieci VLAN to inaczej wirtualne sieci lokalne (Virtual Local Area Network). Sieci tego są typu logicznego – nie mają one żadnego przełożenia na połączenia fizyczne. Tworzenie tego typu sieci jest nie tyle przydatne co wręcz niekiedy wymagane. Do najważniejszych zalet tychże sieci można zaliczyć:

- separowanie poszczególnych użytkowników – poszczególne stacje robocze pracujące w jednej sieci lokalnej nie zawsze powinny się „widzieć”; niekiedy jest to wręcz pogwałcenie zasad ochrony danych (komputery wchodzące w skład danej sieci lokalnej łatwiej mogą wydobyć dane od pozostałych komputerów)
- efektywniejsze zarządzanie stacjami roboczymi – znacznie łatwiej jest zarządzać mniejszymi podsieciami, włączać bądź wyłączać dla nich poszczególne usługi
- ograniczanie dostępu do urządzeń sieciowych – poszczególne stanowiska nie powinny mieć dostępu do skanerów, drukarek i innych sieciowych urządzeń, inne z kolei nie powinny mieć dostępu do wspólnej chmury danych itp.
- możliwość wprowadzania osobnej autoryzacji dla każdej sieci wirtualnej – łatwiejszy podział na sieć publiczną (nic nie może) oraz na sieć prywatną (może większość/wszystko); dodatkowo dochodzi możliwość bardziej kompleksowej autoryzacji (serwer RADIUS/KERBEROS)

Zalet jest znacznie więcej, podczas gdy wad niewiele (jedynie „źmudniejsza” konfiguracja oraz potencjalne rozdrobnienie sieci).

Istnieje kilka rodzajów sieci VLAN:

- konfigurowane jako grupy urządzeń – jest to najstarsza implementacja sieci wirtualnych; polega ona na łączeniu ze sobą określonych portów na przełączniku w grupy. Inną metodą jest łączenie w grupy nie fizycznych portów lecz adresy MAC
- konfigurowane jako etykiety (ID) – implementacja pozwala na tworzenie jednoznacznych identyfikatorów sieci wirtualnych. Niektóre przełączniki pozwalają na dołączanie tego identyfikatora do ramki pakietu (4 bajty) -wtedy mamy do czynienia z VLAN definiowanym w warstwie trzeciej. Etykiety (ID) mogą być nadawane także w warstwach wyższych poprzez specyficzne aplikacje tworzące wirtualną sieć w swoim obrębie. Rozwiązanie to jest o tyle korzystne, że możemy tworzyć wiele sieci w ramach jednego portu (fizycznego), tzw. trunking (tunelowanie). WAŻNE by karty NIC obsługiwały standard IEEE 802.1Q (ewentualnie najnowszy Windows 8/8.1 oraz Windows 2012 Server/R2 pozwalają na tzw. obejście problemu w przypadku braku wsparcia tego standardu).
- konfigurowane jako multicast – sieci tworzone są na podstawie odpowiednich adresów sieciowych. Przynależność do danego VLANu określa się adresem sieciowym. Tego typu rozwiązania powszechnie stosowane są np. przy połączeniach PPPoE/PPPoA (serwer autoryzacji) by separować każdego użytkownika danej usługi (nawet komputery połączone do tego samego przełącznika w tym samym pomieszczeniu nie będą się ze sobą widzieć). Oczywiście możliwe jest grupowanie odpowiedniej liczby komputerów poprzez odpowiednie maski podsieci. Rozwiązanie to jest mało praktyczne ze względu na pewną stałą ilość adresów jaką można w jej ramach utworzyć (liczba użytkowników to zawsze potęga 2: 1,2,4,8,16,32 , itp.)
- konfigurowane na podstawie własnych kryteriów – wszystkie dostępne metody można ze sobą łączyć tworząc niestandardowe rozwiązania. Zaletą tego typu podejścia jest uzyskanie bardziej precyzyjnych filtrów dostępu pomiędzy urządzeniami dla każdego urządzenia w sieci. Wadą natomiast jest zbytne zaciemnienie struktury (połączeń) sieci, przez co w przypadku awarii ustalenie przyczyny może znacznie się wydłużyć (najpierw ustalenie, od której warstwy sieci zacząć diagnozę, później sprawdzanie itp.)

System Windows jako taki od swoich najwcześniejszych wersji serwerowych wspiera tworzenie sieci VLAN poprzez możliwość nadania kilku adresów IP jednocześnie do jednego. Umożliwia to działanie serwera w kilku sieciach podczas gdy stacje robocze mogą posiadać różne adresy IP

(ustawione w ramach interfejsu sieciowego serwera). Dzięki temu poszczególne komputery nie będą widzieć komputerów z innymi adresami IP. Stosując odpowiednie polityki zabezpieczeń użytkownicy nie będą mogli modyfikować ustawień sieci, a to z kolei nie pozwoli im na przełączanie się. Nie jest to jednak w pełni wsparte rozwiązanie, a tak zwany półśrodek (bólączka szczególnie systemów serwerowych).

Innym rozwiązaniem jest ustawienie dodatkowego serwera autoryzacji RADIUS/KERBEROS dzięki czemu każdy komputer mógłby mieć dostęp do podstawowych usług sieciowych (dostęp do internetu) jednak dopiero w przypadku wyższej autoryzacji dana stacja zyskiwałaby możliwość pozyskiwania dostępu np. do drukarek.

Niestety tego typu rozwiązanie również jest „oszukiwanym” VLANem – prawdziwy VLAN udostępnia użytkownikom izolację sieciową w ramach tej samej puli adresowej, tj. komputery znajdują się w tej samej puli (np. 192.168.1.0/24), a to urządzenie (router, serwer) zapewnia separację poszczególnych jednostek (jest to izolacja w trzeciej warstwie sieciowej).

Firma Microsoft zaimplementowała obsługę pełnego VLAN w Windows 2012 Server. Dodano go z myślą o maszynach wirtualnych uruchamianych w ramach technologii Hyper-V. VLAN (Microsoft nazywa to PVLAN – Private Virtual Local Area Network) może działać w trzech trybach:

- tryb promiscuous (przeważnie słowo to nie jest tłumaczone, ewentualnie używa się zwrotu trybu mieszanego) – port ten w zamierzeniu ma udostępniać komunikację ze światem zewnętrznym – zewnętrzne routery, nadrzędne serwery domenowe itp.
- izolowane porty - zapewnia pełną izolację na 2 poziomie warstwy; wszystkie pakiety broadcast są ignorowane (chyba, że dotyczą komunikacji z portem promiscuous).
- port komunikacyjny – porty służą do komunikacji pomiędzy sobą oraz pomiędzy portami promiscuous. Posiadają izolację warstwy drugiej od pozostałych portów dostępnych a portów komunikacyjnych. Pakiet broadcast w tym trybie dociera jedynie do połączonych portów komunikacyjnych oraz portów promiscuous.

1. Konfiguracja sieci VLAN w standardzie IEEE 802.1Q

Konfiguracja tego typu sieci na systemach z rodziny Windows jest dosyć trudna. Trzeba bowiem wiedzieć, że sam system jako taki nie posiada implementacji tegoż standardu (wyjątkiem jest tutaj system Windows Server 2012). Wirtualne sieci z tym systemem budowane są najczęściej w oparciu o specjalnie tworzone do tego przełączniki warstwy trzeciej (zarządzane), które nakładają/zdejmują etykietę wirtualnej sieci na poziomie swoich portów – system odbiera/wysyła standardowe ramki, a 4 bitowa etykieta doklejana jest/odklejana od pakietu przez oprogramowanie na urządzeniu switch; na nim też decyduje się, które adresu IP należą do której grupy wirtualnej sieci prywatnej (z kolei adresy IP przypisuje się na sztywno do adresów MAC itp.).

Innym rozwiązaniem jest posiadanie odpowiedniego serwera Unix/Linux, który będzie zarządzał połączeniami sieci VLAN (tworzy się z tego systemu serwerowego coś na kształt zarządzalnego mostu). Konfiguracja jest niemal stosunkowo prosta, a sam system dba przeważnie o zapewnienie nadawania/zdejmowania ID sieci (znakomita większość kart, nawet starszych, jest z tym rozwiązaniem kompatybilna – muszą obsługiwać tryb promiscuous; im nowsza karta NIC tym można mieć większą pewność o obsłudze standardu). Ponadto sieć tworzona z komputerów opartych o ten system nie wymaga przełącznika warstwy 3.

Dla systemu Windows niektóre karty NIC są dostarczane przez producenta wraz z odpowiednim sterownikiem, który pozwala wpisać VLAN ID bezpośrednio w ustawieniach karty – można wtedy tego typu sieci stworzyć bez użycia dodatkowych przełączników warstwy trzeciej. Niestety nawet obecnie ilość kart obsługujących ten standard w systemie Windows jest znikomy – przeważnie są to karty serwerowe firmy Intel oraz karty sieciowe Gigabyte dostarczane wraz z płytami głównymi (IEEE 802.1Q mogą obsługiwać także inne, wybrane karty). Problem polega na tym, że sterownik MUSI być dostarczony przez producenta – ten domyślny dostarczony przez firmę Microsoft po prostu nie ma opcji

wpisania VLAN ID. Firma Intel zapowiedziała, że jej sterowniki do kart będą wspierane jedynie dla systemów Windows XP->Windows 7 włącznie, natomiast pominięty zostanie Windows 8/8.1.

Najgorszym jest fakt, że instalowane przez nas maszyny wirtualne posiadają emulację właśnie kart firmy Intel (emulowane karty AMD nie pozwalały nigdy tworzyć na systemie Windows połączeń VLAN). Stąd też można by sądzić, że powyższe ćwiczenie jest niewykonalne.

Na szczęście istnieje pewne obejście tego problemu o nazwie Hyper-V. Hyper-V to darmowa maszyna wirtualna dostarczana przez firmę Microsoft. Pierwotnie zaprojektowana została z myślą o serwerowym systemie Windows 2008. W zamierzeniu miała ona konkurować z takimi programami jak VMware vSphere czy Citrix. Została nawet udostępniona bezpłatna wersja tegoż rozwiązania, zbudowana na wersji Core systemu Windows 2008, która pozwala na tworzenie serwera maszyn wirtualnych.

Wraz z nową rodziną systemów (Windows 8/2012) Microsoft dodał ulepszoną wersję Hyper-V jako rolę dla systemu Windows 2012 oraz jako opcjonalny, darmowy składnik systemu Windows 8. Składnik ten jest o tyle logiczny, że firma udostępnia na niego bezpłatny emulator systemu Windows Phone 8, który to ma służyć programistom - rozwijaczom (developer) aplikacji właśnie na urządzenie mobilne (by wyeliminować potrzebę posiadania fizycznego urządzenia). Tak się składa, że technologia Hyper-V posiada m.in. możliwość nadawania etykiet VLAN dla interfejsów wirtualnych/fizycznych. Stąd wstępny wniosek – wszystko powinno się udać.

Jak to jednak bywa, nie do końca jest to prawda. Po pierwsze by używać Hyper-V trzeba spełnić następujące wymagania:

- procesor MUSI być 64 bitowy, minimalnie 2 rdzeniowy
- MUSI posiadać opcję wirtualizacji rozkazów maszynowych
- system także MUSI być 64 bitowy (wersja 32 bitowa nie obsługuje technologii Hyper-V); do tego MUSI to być wersja co najmniej Professional
- komputer MUSI posiadać minimum 4 GB pamięci operacyjnej (dokładnie minimum 4000 MB – każda wartość poniżej dyskwalifikuje sprzęt do obsługi Hyper-V)

Ponadto, jak już zostało wspomniane, technologia Hyper-V to nic innego jak narzędzie wirtualizacji maszyn komputerowych. W zasadzie musielibyśmy emulować maszynę wirtualną w... maszynie wirtualnej, co z góry wydaje się być skazane na porażkę. W przypadku Oracle VirtualBox przedsięwzięcie faktycznie jest skazane na porażkę – system nie pozwoli nam zainstalować składnika Hyper-V (tylko narzędzie do jego obsługi – np. na innej maszynie) gdyż nasz procesor nie spełnia wymagań (dokładnie to jest już emulowany, a narzędzie maszyny wirtualnej nie pozwala na tzw. emulację zagnieżdżoną)!

Tutaj z pomocą przychodzi VMware Player (choć polecany jest płatny Workstation). Pozwala on zagnieżdżać w ramach emulowanych maszyn inne narzędzia do wirtualizacji (np. Hyper-V). Zmusza to jednak do zmiany narzędzia oraz przeinstalowania systemu (aktualnie na VirtualBox była użyta wersja 32-bitowa). Dodatkowo najlepszym rozwiązaniem jest także zainstalować świeżą wersję systemu Windows Server na maszynie VMware – VirtualBox nie radzi sobie bowiem zbyt dobrze z emulowaniem kart sieciowych w trybie promiscuous. Instalacja systemów na VMware jest analogiczna do tej z VirtualBox (w przypadku problemów dołączona zostaje PRZYKŁADOWA instalacja systemu Linux na VMware Player). Narzędzie można bezpłatnie pobrać (do niekomercyjnego użytku) ze strony <http://www.vmware.com>. Konfiguracja dla maszyn wirtualnych:

OBIE:

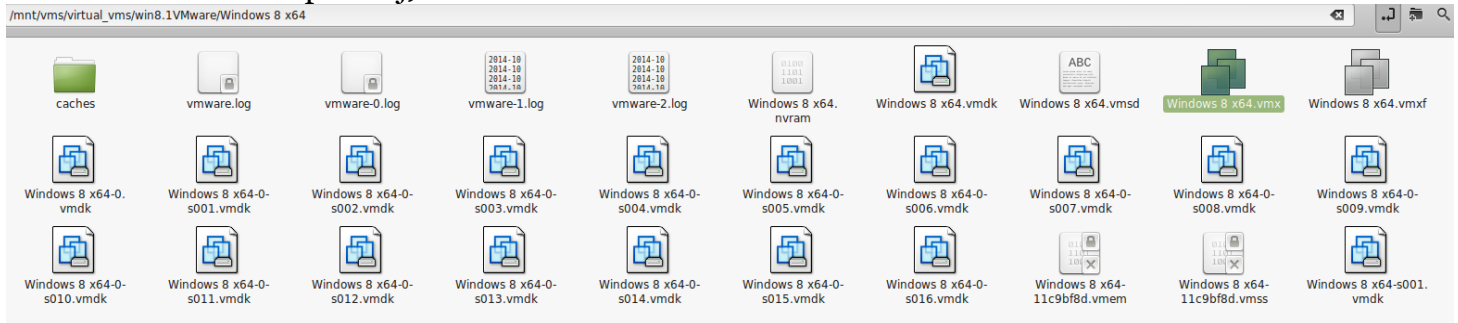
- dysk 30 GB,
- brak drukarki,
- brak dźwięków,
- akceleracja 3D (zwiększa płynność działania maszyn)

Windows 2012 Server:

- jeden rdzeń procesora,

- minimum 1 GB RAM
- Windows 8/8.1
- 64 bitowa wersja systemu,
- 2 rdzenie procesora,
- 4 GB (4000 MB) RAM

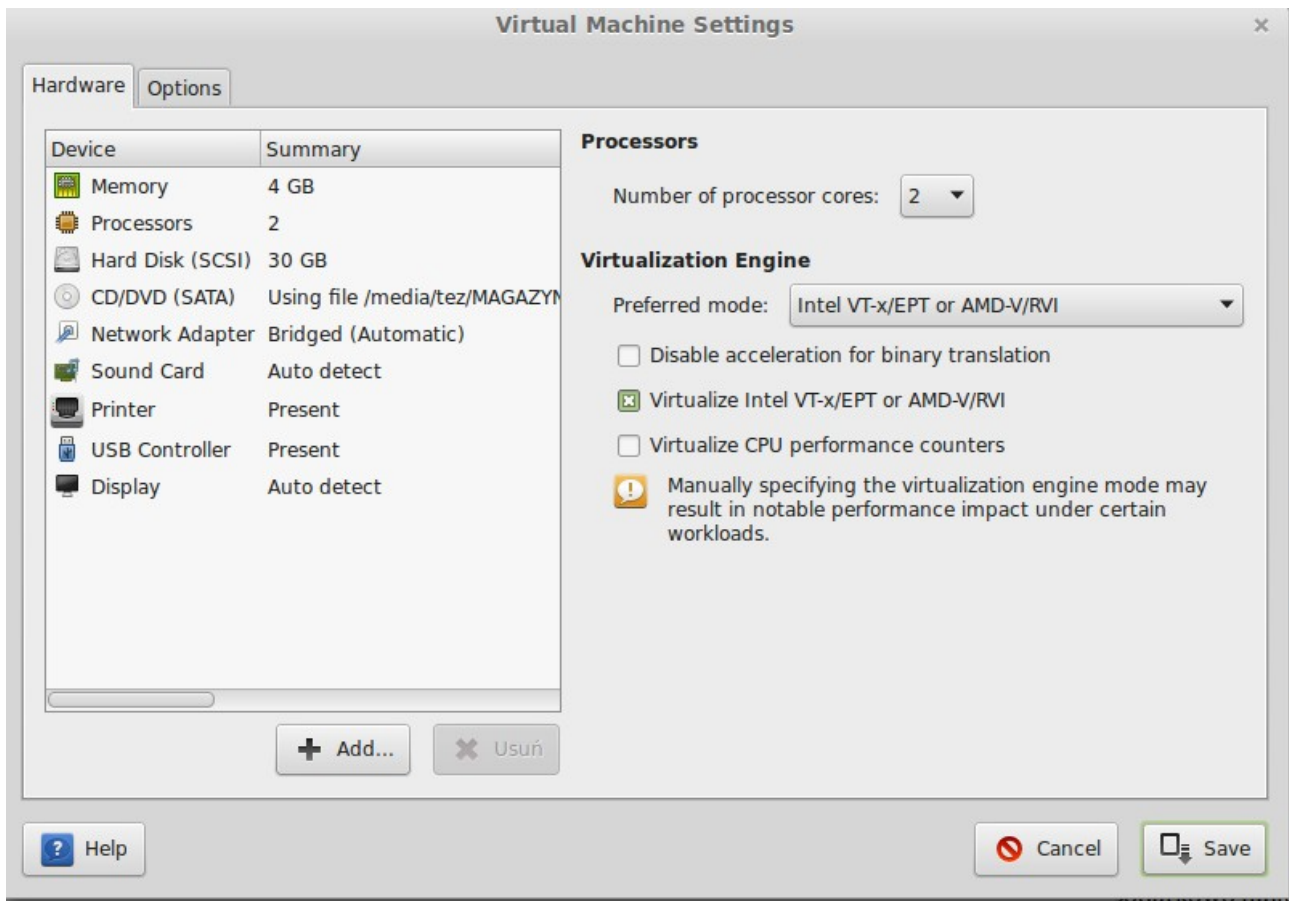
Dodatkowo, po utworzeniu maszyny niezbędna jest edycja pliku maszyny wirtualne systemu Windows 8. Trzeba wejść do katalogu, w którym znajdują się pliki maszyny i odnaleźć plik vmx (przykład zawartości katalogu wirtualnej maszyny z wybranym plikiem vmx na zrzucie poniżej)



Plik ten trzeba otworzyć do edycji (programem typu notatnik). W DOWOLNYM miejscu (np. na końcu) należy dodać następujący wpis:
hypervisor.cpuid.v0 = "FALSE"
co obrazuje zrzut ekranu:

```
cleanShutdown = "TRUE"
softPowerOff = "FALSE"
usb_xhci:1.speed = "2"
usb_xhci:1.present = "TRUE"
usb_xhci:1.deviceType = "hub"
usb_xhci:1.port = "1"
usb_xhci:1.parent = "-1"
usb_xhci:3.speed = "4"
usb_xhci:3.present = "TRUE"
usb_xhci:3.deviceType = "hub"
usb_xhci:3.port = "3"
usb_xhci:3.parent = "-1"
tools.syncTime = "FALSE"
sata0:1.startConnected = "TRUE"
unity.wasCapable = "FALSE"
tools.remindInstall = "FALSE"
toolsInstallManager.updateCounter = "1"
numvcpus = "1"
cpuid.coresPerSocket = "1"
hypervisor.cpuid.v0 = "FALSE"
floppy0.present = "FALSE"
usb_xhci:4.present = "TRUE"
usb_xhci:4.deviceType = "hid"
usb_xhci:4.port = "0"
usb_xhci:4.parent = "1"
checkpoint.vmState = "Windows 8 x64-11c9bf8d.vms"
```

Ostatnim krokiem jest wymuszenie na maszynie wirtualnej używanie wirtualizacji Intel VT-x/EPT lub AMD-V/RVI:

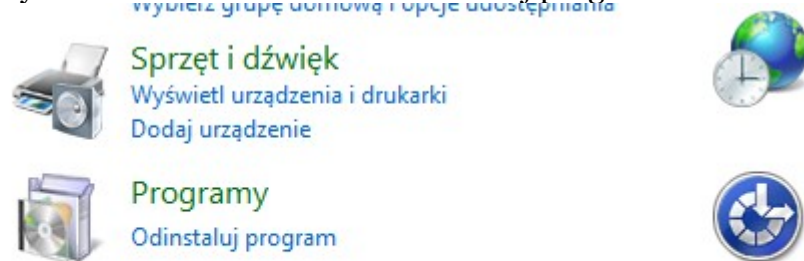


BARDZO WAŻNE – jeżeli nie posiadamy procesora spełniającego powyższe wymagania to nie uda nam się wykonać tego ćwiczenia! Nie da się bowiem wirtualizować poleceń, których nie wspiera procesor i najczęściej kończy się to zawieszeniem systemu goszczącego.

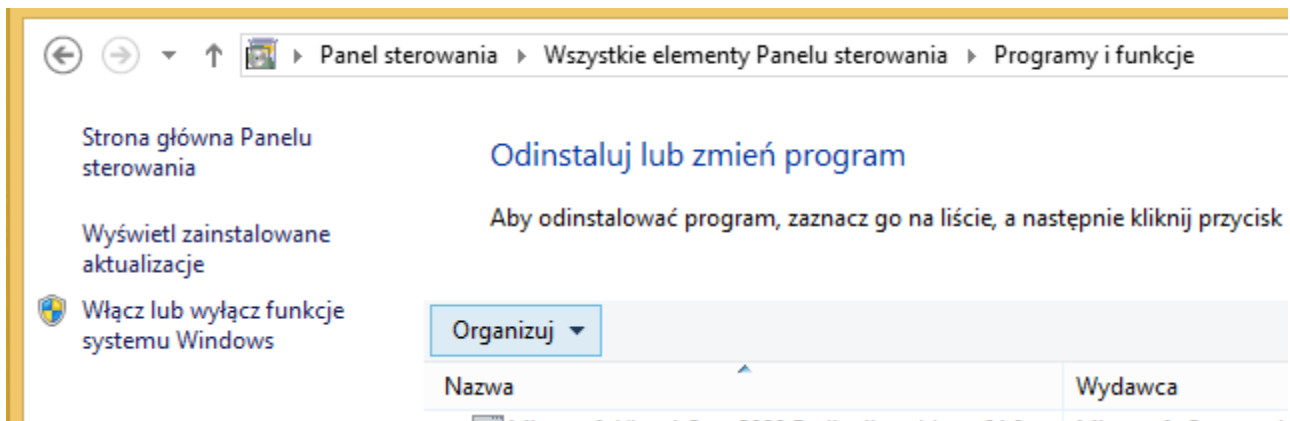
Ostatnia kwestia (tę opcję można zmieniać gdy maszyny wirtualne są uruchomione) to zmiana trybu pracy naszej karty sieciowej z NAT na Bridged (zmostkowana). Bez tego maszyny nie będą mogły się ze sobą porozumieć!

VMware Player **MUSI BYĆ URUCHOMIONY W TRYBIE ADMINISTRATORA!** Inaczej maszyna nie będzie mogła ustawić interfejsu sieciowego w tryb mieszany (promiscuous).

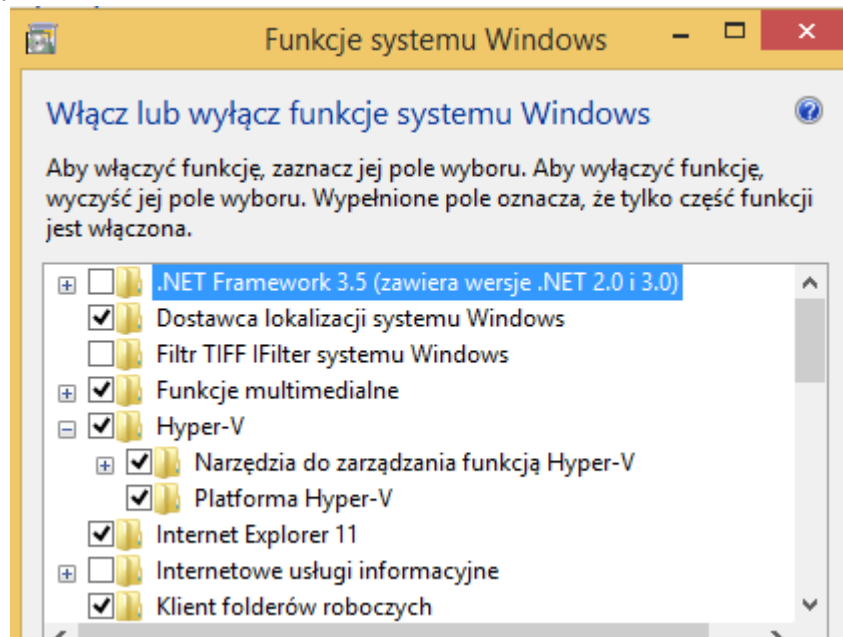
Po wszystkich przygotowaniach włączamy maszynę z systemem Windows 8. Po jego uruchomieniu przechodzimy do Panelu Sterowania->Odinstaluj program:



Następnie w oknie (zawartości), która się pojawi klikamy Włącz lub wyłącz funkcje systemu Windows.

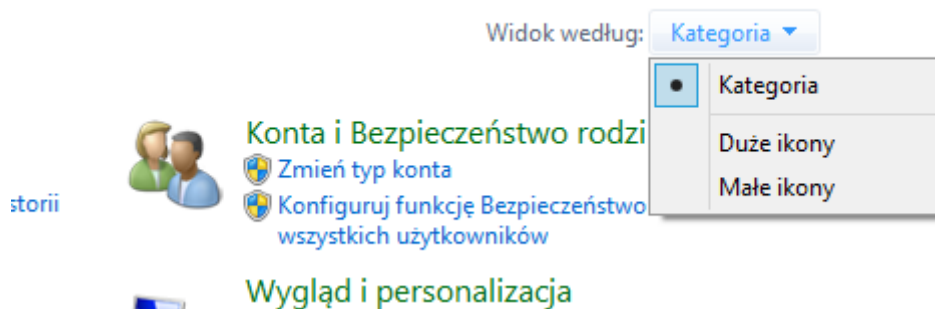


W oknie, które się pojawi wybieramy pozycję Hyper-V (musi być ona tak zaznaczona jak na zrzucie poniżej:

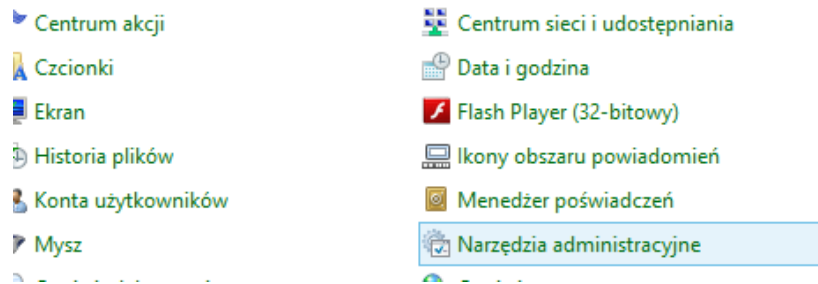


Bardzo ważne jest by możliwe było zaznaczenie „Platforma Hyper-V”. Jeżeli opcja jest niedostępna to znaczy to tyle, że gdzieś popełniliśmy błąd przy konfiguracji maszyny wirtualnej (bądź nie korzystamy z VMware). Po instalacji system zechce się zrestartować (trzeba mu pozwolić).

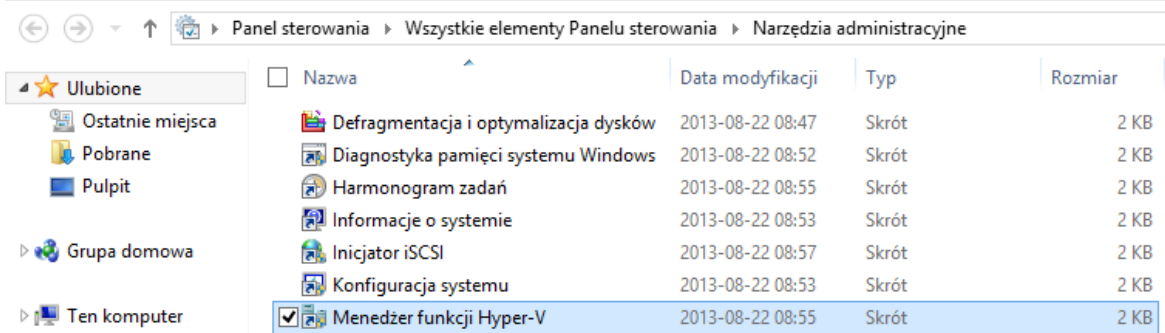
Po ponownym uruchomieniu systemu ponownie wchodzimy do Panelu sterowania. Wybieramy w polu Kategoria Małe bądź Duże ikony.



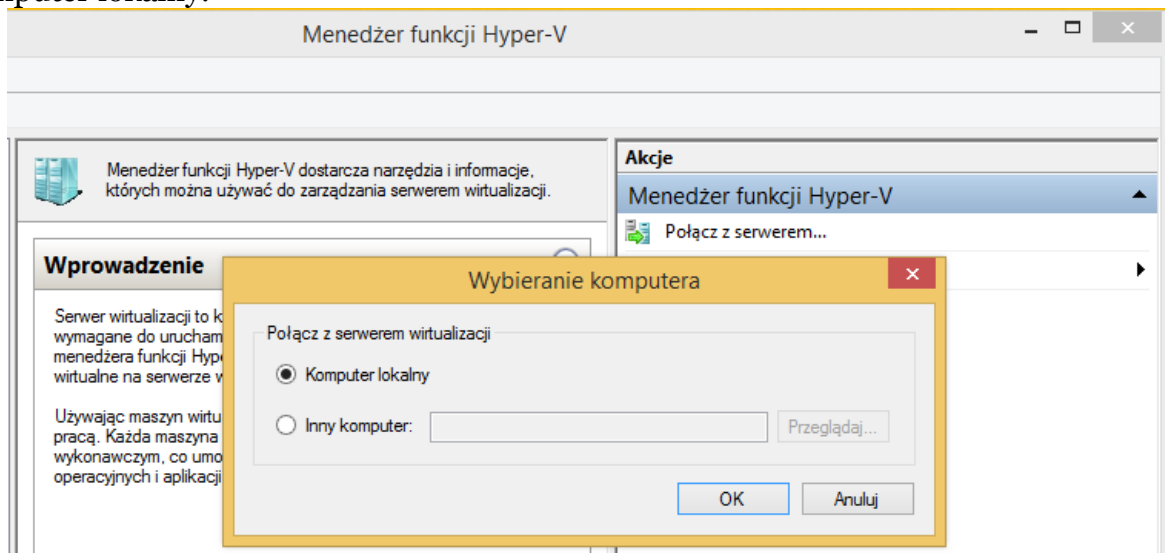
Wybieramy narzędzia administracyjne:



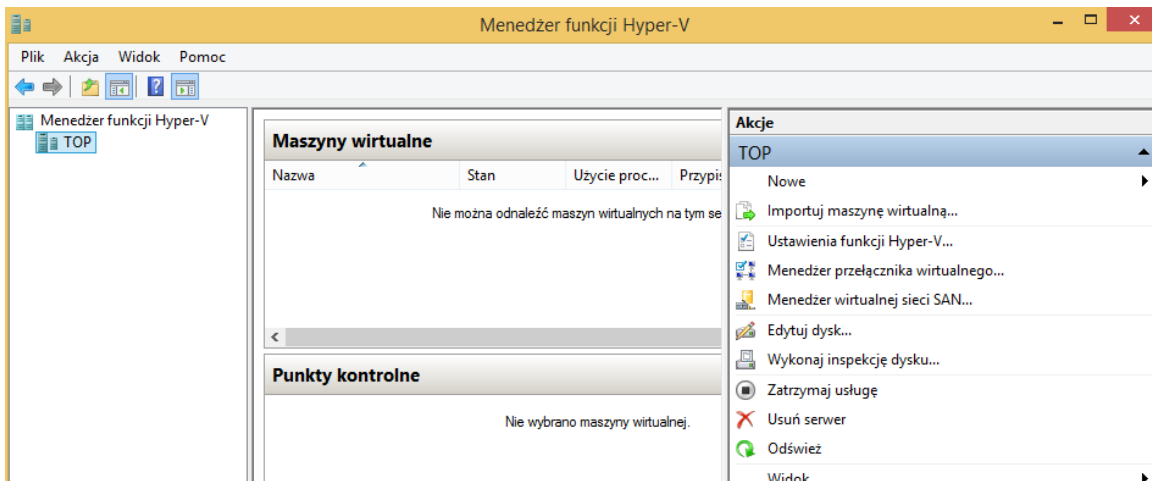
W spisie narzędzi pojawi się Menedżer funkcji Hyper-V



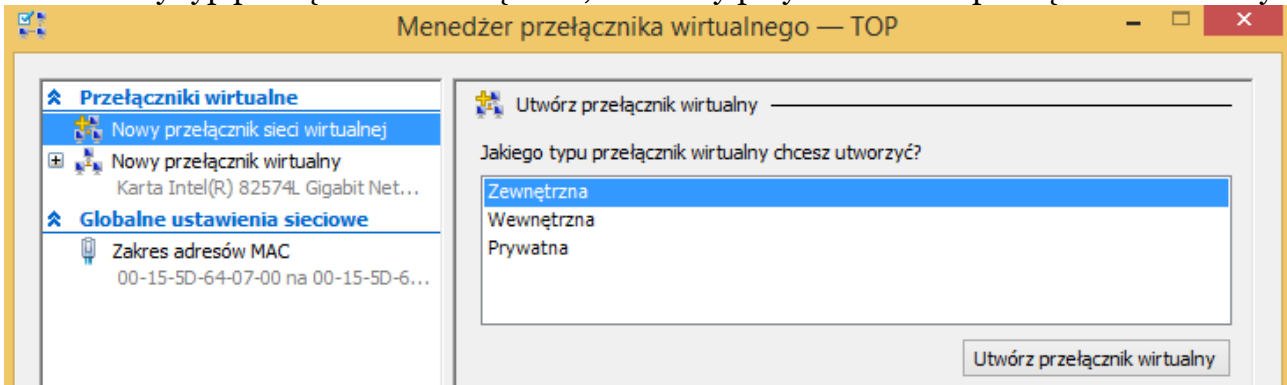
Po uruchomieniu okna wybieramy Połącz z serwerem..., a w nowym oknie wybieramy Komputer lokalny.



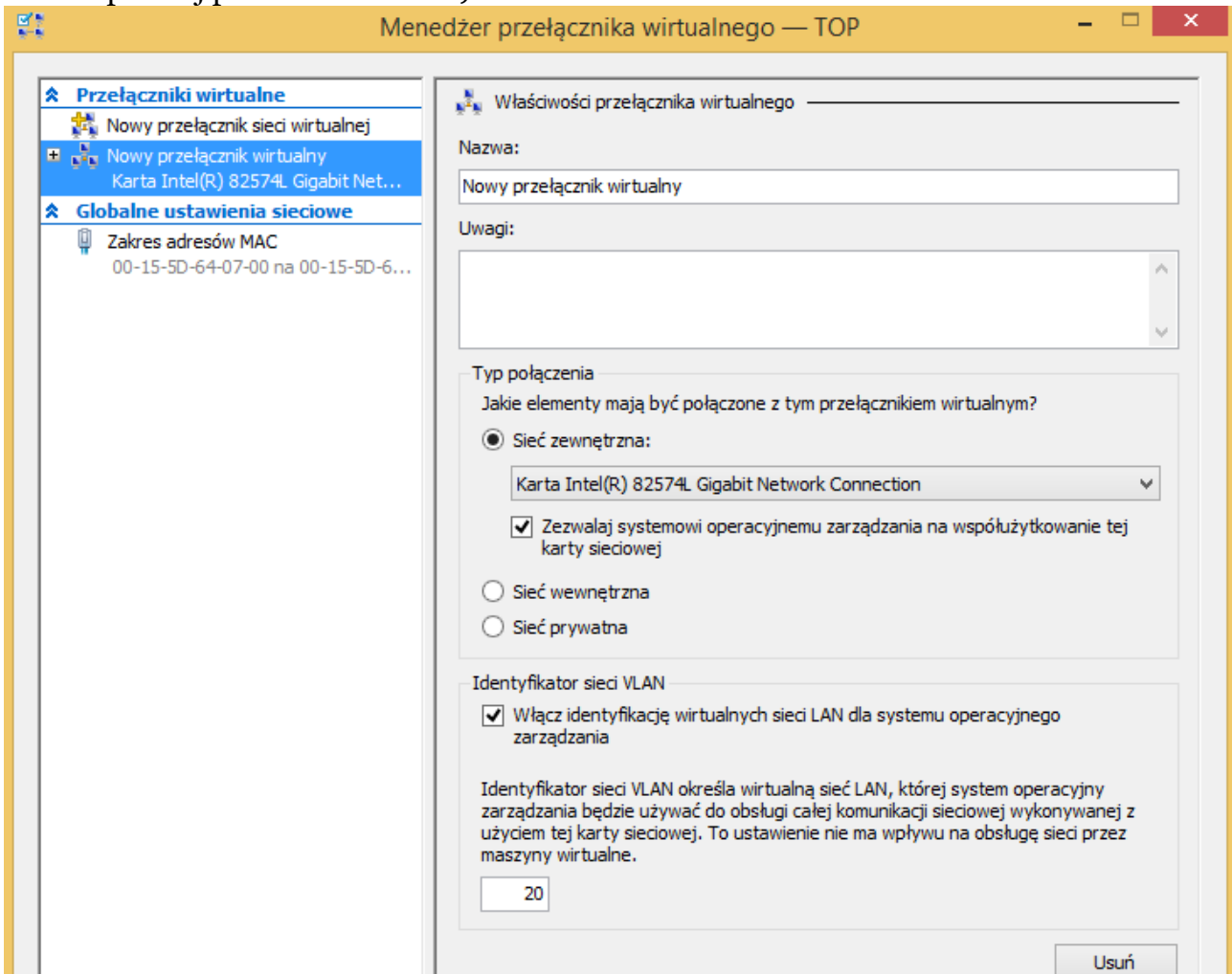
Teraz powinniśmy być połączeni do usług Hyper-V tego komputera. Ze wszystkich opcji wyświetlonych po prawej stronie (trzeba pamiętać by z lewej strony wybrać nazwę naszego komputera – w przypadku poniższego zrzutu tegoż komputera brzmi TOP) wybieramy Menedżer przełącznika wirtualnego...



W nowym oknie wybieramy Nowy przełącznik sieci wirtualnej. Po prawej stronie zaznaczamy typ przełącznika Zewnętrzna, i klikamy przycisk Utwórz przełącznik wirtualny

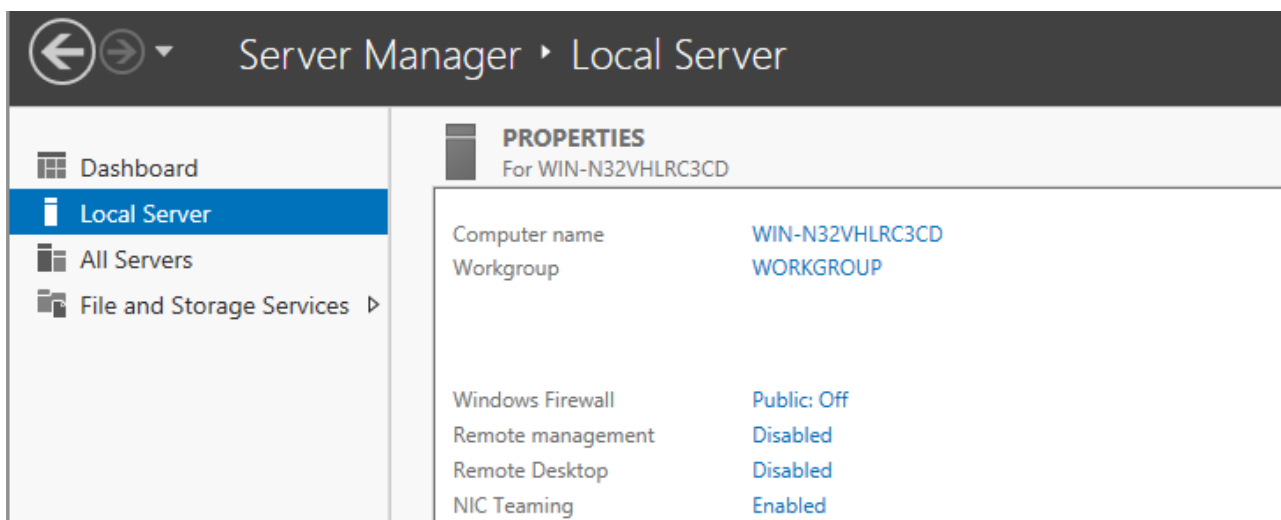


Teraz klikamy, jeżeli nie wybrał się automatycznie, Nowy przełącznik wirtualny (widoczny na zrzucie powyżej). Upewniamy się, że opcja Zezwalaj systemowi operacyjnemu zarządzania na współużytkowanie tej karty sieciowej. Zaznaczamy pole Włącz identyfikację wirtualnych sieci LAN dla systemu operacyjnego zarządzania. Wpisujemy ID sieci (na zrzucie poniżej posiada ona ID 20)

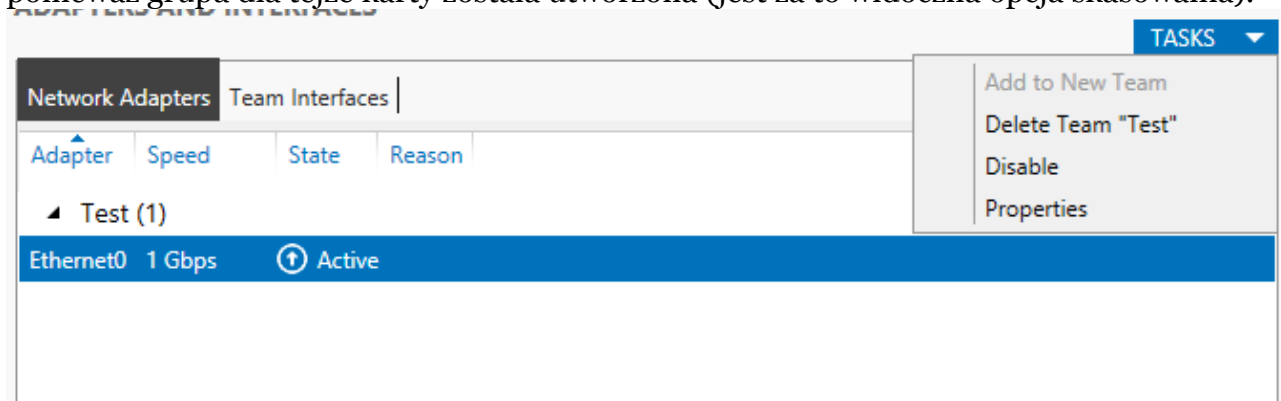


Windows 8/8.1 jest od tego momentu skonfigurowany do użytkowania sieci VLAN (bez ustawionej etykiety sieć w ogóle nie będzie na nim działać!).

Czas na konfigurację Windows 2012. Włączamy system. W menedżerze serwera wybieramy maszynę lokalną i opcję NIC Teaming (jak na zrzucie – w wersji polskiej identyczna pozycja). Zamiast napisu włączona (Enabled) może być także informacja Not configured (nie skonfigurowana) lub wyłączona (disabled)



Klikamy na pożądaną kartę sieciową (zapewne jedyną dostępną) i wybieramy Zadania (Tasks), a z menu dodaj do drużyny (Add to New team). Na zrzucie opcja jest niedostępna ponieważ grupa dla tejże karty została utworzona (jest za to widoczna opcja skasowania).



Pojawi się okno, w którym możemy podać nazwę drużyny, wybrać karty sieciowe, które mają do niej należeć (w tym wypadku jest tylko jedna) oraz skonfigurować opcje zaawansowane (domyślnie nie musimy ich zmieniać).

Opcja Teaming mode (tryb drużyny) pozwala na wybranie jednej spośród trzech opcji:

- Static Teaming (drużyna statyczna) – opcja przetrzuca konfigurację drużyny na zewnętrzne urządzenie (przełącznik). Stosujemy w przypadku, gdy w sieci istnieje przełącznik zarządzany (warstwa trzecia)

- LACP (Link Aggregation Control Protocol) – standard 802.1ax; pozwala na współdecydowanie (ustalenie) przez system i switch które interfejsy należą do drużyny

- Switch Independent – system konfiguruje drużynę niezależnie od jakichkolwiek innych urządzeń dostępnych w sieci. Opcja domyślna (i dla nas jedynie słuszna)

Proszę zauważyć iż powyższy podział można zawęzić do dwóch opcji – tworzenie drużyny zależnych od innych urządzeń (skonfigurowane przełączniki) oraz na niezależną konfigurację względem reszty sieci.

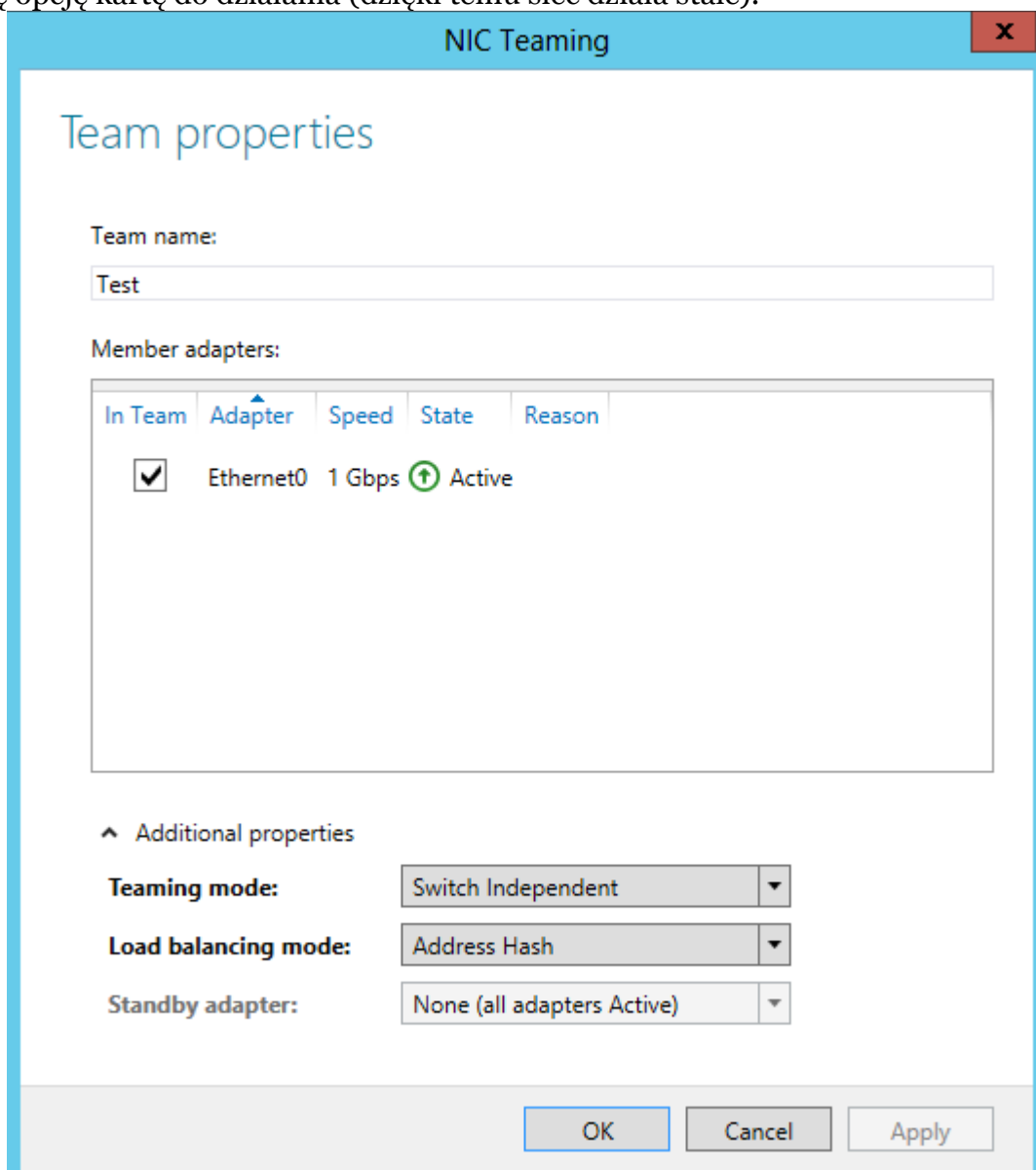
Tryby równoważenia przepływu ruchu sieciowego (Load balancing mode):

- Address hash – ruch zewnętrzny jest utrzymywany na wszystkich kartach NIC należących do drużyny (rozładowanie ruchu WAN). Ruch wewnętrzny skupia się na pojedynczej karcie należącej do grupy (domyślne ustawienie)

- Hyper-V port – cały ruch sieciowy poszczególnych maszyn wirtualnych odbywa się poprzez jedną kartę fizyczną lub całą, wskazaną grupę kart sieciowych. Pozwala to znacznie poszerzyć ogólną przepustowość pojedynczego interfejsu.

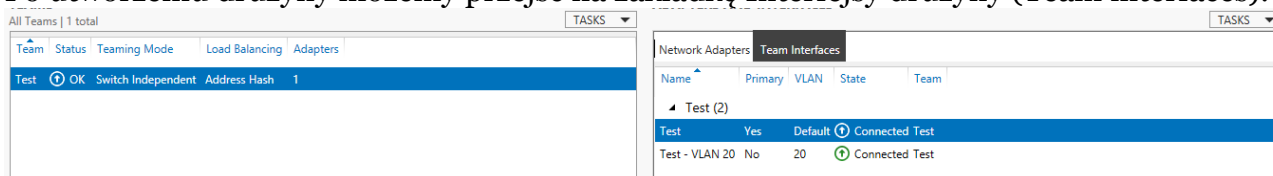
Opcja Standby adapter (wstrzymany interfejs) pozwala, w przypadku wielu interfejsów,

wskazać ten, który w danej chwili ma nie brać czynnego udziału w pracy drużyny. Przeważnie w ten sposób eliminuje się pętle zwrotne w sieciach. W przypadku gdy drużyna utraci połączenie ze światem/siecią lokalną, wtedy system Windows wybudza wskazaną przez tę opcję kartę do działania (dzięki temu sieć działa stale).

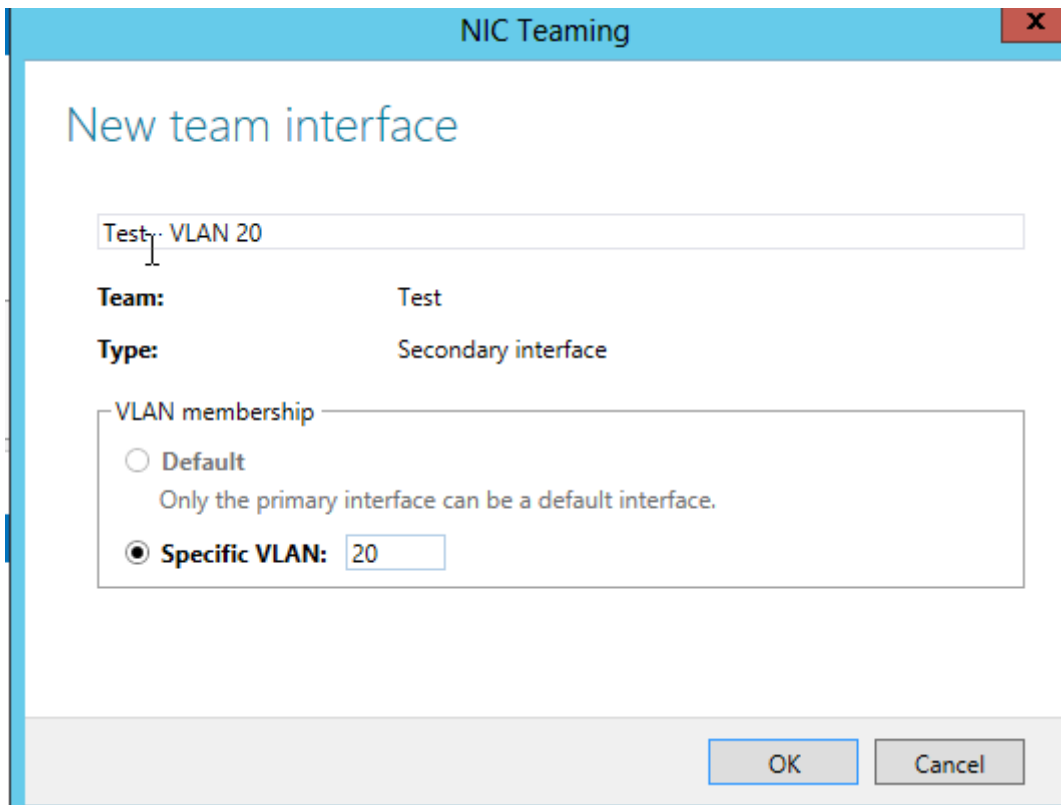


Ustawienie możemy pozostawić jak na zrzucie powyżej.

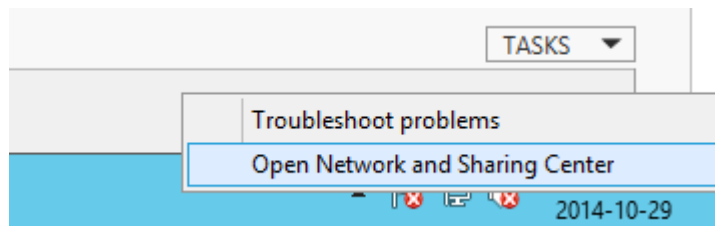
Po utworzeniu drużyny możemy przejść na zakładkę Interfejsy drużyny (Team interfaces).



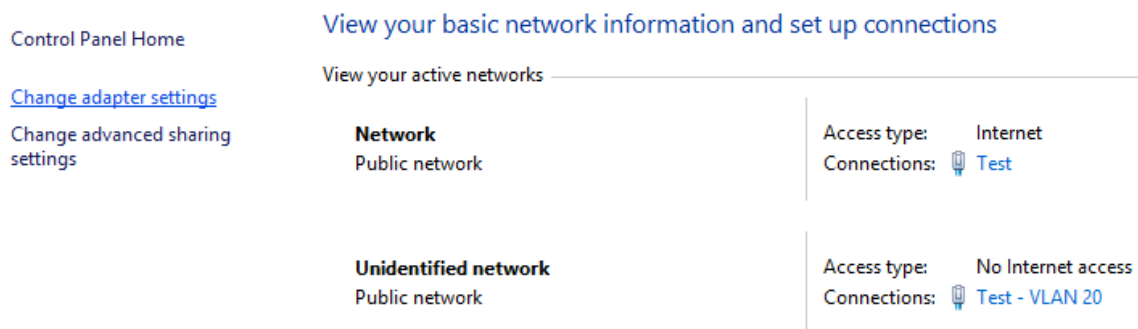
Klikamy Zadania (TASKS) i wybieramy Dodaj interfejs (Add interface). Tworzymy nasz nowy VLAN poprzez podanie jego ID (tak jak na Windows 8 – 20)



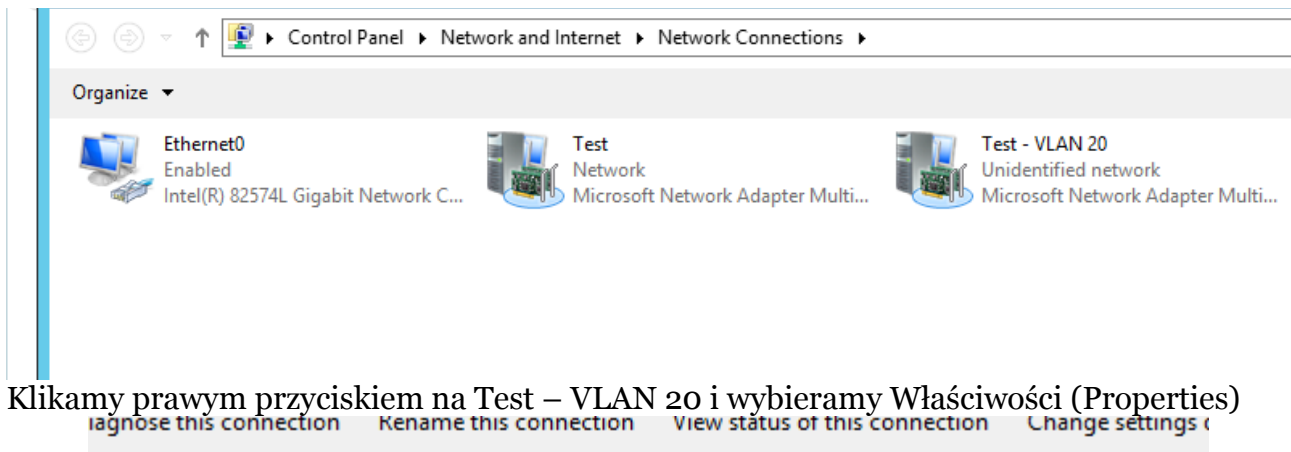
Od teraz mamy skonfigurowany nowy interfejs sieci VLAN. Możemy ustawić mu nowy adres IP. Klikamy na ikonę połączenia sieciowego i otwieramy centrum sieci i udostępniania:



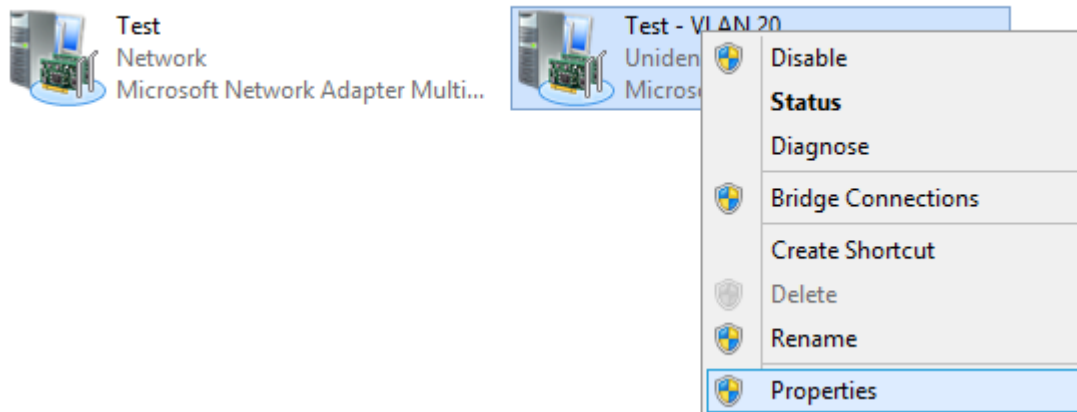
Klikamy na Zmień ustawienia ustawienia kart sieciowych (Change Adapter settings)



Jak widać z jednej karty sieciowej powstały dwa nowe, wirtualne interfejsy

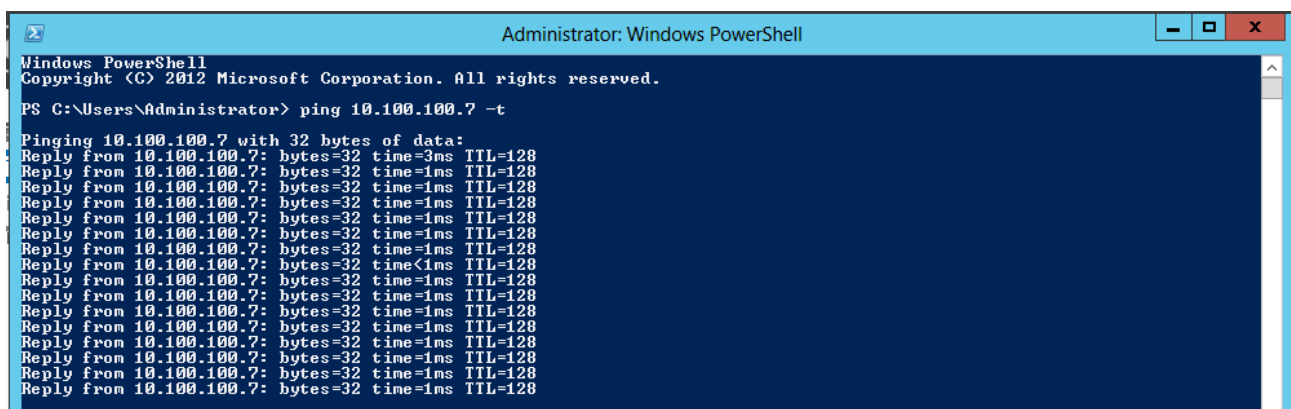


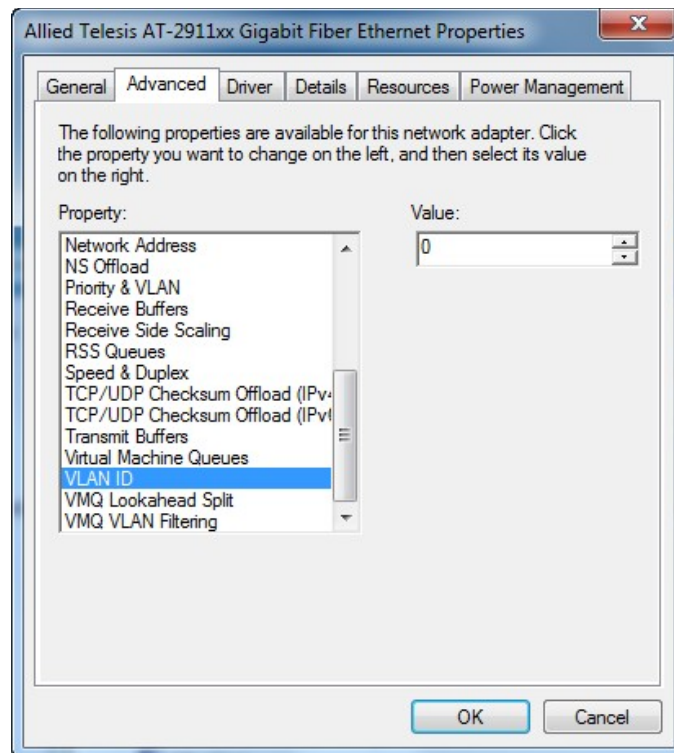
Klikamy prawym przyciskiem na Test – VLAN 20 i wybieramy Właściwości (Properties)



Zmieniamy adres IP (IPv4) na np. 10.100.100.1/24 (można nie podawać bramy ani DNS). Podobnie postępujemy z systemem Windows 8 (tam karcie dodanej przez Hyper-V podajemy np. adres 10.100.100.7/24 – również bez bramy i DNS). Jeżeli wszystko zostało skonfigurowane poprawnie to po wpisaniu na Windows 8 polecenia ping -t 10.100.100.7 powinniśmy stale otrzymywać odpowiedzi od serwera (na serwerze z kolei powinniśmy posiadać odpowiedzi z komputera Windows 8).

Odpowiedzi z systemu Windows 8 śledzone na Windows 2012 Server





Ponadto jeżeli mamy system Windows 7 (bądź wcześniejszy) to nasze ustawienia VLAN można wykonać poprzez:

- ustawienie odpowiedniej sieciówki w ustawieniach wirtualnej maszyny (Intel PRO/1000 T/MT Server)

- pobranie sterowników do tejże karty

(https://downloadcenter.intel.com/Detail_Desc.aspx?DwnldID=18713)

- w konfiguracji karty pojawi się nowa zakładka (VLANs), na której można skonfigurować pożądane opcje



Można także wykonać wyżej opisaną konfigurację maszyn wirtualnych na dwóch osobnych komputerach (jeden dla Windows 8, drugi dla Windows 2012). Wszystko zależy od naszych zasobów sprzętowych oraz chęci wypróbowania opisaney technologii.

ZADANIA:

1. Na podstawie materiału o interfejsach sieciowych proszę utworzyć co najmniej 3 adresy sieciowe w ramach jednego interfejsu sieciowego na serwerze Windows 2012. Następnie proszę sprawdzić odseparowanie tychże adresów poprzez uruchomienie dwóch maszyn wirtualnych/maszyn fizycznych, którym nadane zostaną odpowiednie adresy IP (z wyżej utworzonych zakresów adresowych). Proszę sprawdzić czy komputery będą widzieć się nawzajem oraz czy serwer będzie je widział.

Adresy WWW:

<http://blogs.technet.com/b/keithmayer/archive/2012/10/16/nic-teaming-in-windows-server-2012-do-i-need-to-configure-my-switch.aspx>

<http://blogs.technet.com/b/keithmayer/archive/2012/11/20/vlan-tricks-with-nic-teaming-in-windows-server-2012.aspx>

<http://www.aidanfinn.com/?p=12924>

<https://social.technet.microsoft.com/Forums/windows/en-US/d4abe72b-68bf-48d5-a93a-c97880377dob/windows-8-vlan-tagging?forum=w8itpronetworking>