

Przewodnik po sieciowych systemach telewizji dozorowej IP

Tłumaczenie „Technical guide to network video” AXIS COMMUNICATIONS



4. Wybór kamery

Dążąc do maksymalizacji wydajności sieciowego systemu wizyjnego, należy pamiętać o pewnych podstawowych zasadach.

W tym rozdziale omówiono niektóre z tych zasad, w szczególności dobór podzespołów kamery, ustawień i instalacji oraz czynniki, które należy uwzględnić w celu osiągnięcia jak najwyższej jakości i szczegółowości obrazu – zarówno w przypadku kamer instalowanych w pomieszczeniach, jak i tych na zewnątrz.

Prezentowane są też najlepsze praktyczne przykłady instalacji analogowych urządzeń wizyjnych wykorzystywanych w połączeniu z sieciowym systemem wizyjnym.

4.1. Stosowanie kamer sieciowych

4.1.1 Typy kamer

Jeżeli telewizyjny system dozorowy, który ma być zainstalowany, jest systemem nowym i nie występują w nim kamery analogowe, w większości przypadków najlepszym rozwiązaniem jest użycie kamer sieciowych – dostępnych w wielu wersjach i dostosowanych do różnych potrzeb. Przy dużej różnorodności oferty można dobrać kamery spełniające większość wymagań branży i rozmiarów systemów.

Podobnie jak w przypadku kamer analogowych, kamery sieciowe występują w różnych wersjach.

Stałe kamery sieciowe

Stałe kamery z korpusem i obiektywem reprezentują tradycyjny typ kamer. W niektórych zastosowaniach korzystne jest, by kamera była dobrze widoczna. W takich przypadkach kamera stała jest rozwiązaniem najlepszym, ponieważ jest bardzo widoczna, podobnie jak kierunek, na który jest ustawiona. Inną zaletą większości kamer stałych są wymienne obiektywy typu C/CS. Dla dodatkowej ochrony kamery stałe mogą być instalowane w obudowach przystosowanych do pracy wewnątrz i na zewnątrz budynków.

Stałe kopułkowe kamery sieciowe

Stałe kamery kopułkowe (dome), nazywane też minikopułkami, to kamery stałe zainstalowane w niewielkiej obudowie kopułkowej. Kamerę taką można łatwo ustawić w dowolnym kierunku. Główną zaletą tych kamer stanowi ich dyskretna, nierzucająca się w oczy konstrukcja oraz fakt, że trudno ustalić, w którym kierunku taka kamera patrzy. Jedną z wad kamer kopułkowych jest zaś to, że rzadko są wyposażone w wymienne obiektywy, a nawet jeśli można w nich wymieniać obiektyw na inny, możliwości wymiany są ograniczone z powodu małej ilości miejsca w obudowie.

Obrotowe sieciowe kamery PTZ

Kamery PTZ (*Pan Tilt Zoom*), czyli z możliwością przesunięcia, obrotu i zbliżenia, pozwalają obracać obraz w poziomie i w pionie oraz przybliżać go, zarówno ręcznie, jak i automatycznie. W przypadku obsługi ręcznej za pomocą kamery PTZ można np. śledzić osobę w sklepie. Kamery PTZ są głównie stosowane w pomieszczeniach oraz tam, gdzie musi być widać, w jakim kierunku skierowana jest kame-



ra. W przypadku większości kamer PTZ nie ma możliwości obracania ich o 360°, nie są one też przystosowane do ciągłej pracy automatycznej (patrolowanie, panoramowanie), tzw. trasy strażnika. Zoom optyczny wynosi od 18x do 26x.

Szybkoobrotowe (speed dome) kopułkowe kamery sieciowe



Mają takie same zalety jak stałe kamery kopułkowe: są dyskretne, a patrząc na nie, nie można określić, w którą stronę są skierowane. Kamera sieciowa speed dome, w porównaniu do kamery PTZ, może się obracać o 360°. Jest także bardzo wytrzymała mechanicznie, co umożliwia pracę ciągłą, 24 godziny na dobę, w trybie zaprogramowanej trasy (trasy strażnika). Można zaprogramować np. 10 nastaw (presetów) – w trybie tym jedna kamera może pokryć taki obszar, jak 10 kamer stałych. Główną wadą tej kamery jest to, że umożliwia monitorowanie tylko jednej lokalizacji jednocześnie, a pozostałe 9 nie są monitorowane. Zoom optyczny wynosi zwykle od 18x do 30x. W warunkach zewnętrznych powiększenie powyżej 20x jest jednak zwykle niepraktyczne z powodu wibracji i przesunięć powodowanych przez wiatr.

Sieciowe kamery PTZ bez części mechanicznych



Wraz z wprowadzeniem na rynek kamer sieciowych pojawiają się nowe typy kamer PTZ – tzw. niemechaniczne kamery PTZ. Dzięki przetwornikowi megapikselowemu kamera może pokryć obszar od 140 do 360°, a operator może wybrać funkcję obrotu w poziomie i w pionie oraz przybliżanie w dowolnym kierunku bez potrzeby wykonywania jakichkolwiek ruchów. Główną zaletą takiego rozwiązania jest brak zużycia części ruchomych, które tu nie występują.

Dodatkową zaletą jest możliwość natychmiastowego przestawienia kamery w innym kierunku, co w tradycyjnych kamerach PTZ zajmuje do 1 s. Najlepsze współczesne kamery PTZ mają przetworniki 3-megapikselowe. Dla zapewnienia dobrej jakości obrazu obrót w poziomie i w pionie powinien być ograniczony do 140°, a zoom do 3x. Przy większym powiększeniu, jakość obrazu może się pogorszyć.

Dostępnych jest wiele odmian kamer opisanych powyżej; należą do nich:

- wersje wandaloodporne, zależnie od zastosowanej obudowy ochronnej,
- wersje odporne na warunki atmosferyczne, zależnie od zastosowanej obudowy ochronnej,
- wersje do pracy ciągłej, co oznacza, że kamera może być przełączana ręcznie lub automatycznie z trybu dziennego z obrazem kolorowym na tryb nocny z obrazem czarno-białym (przy niskim natężeniu światła kamera może wykorzystywać doświetlanie promieniami IR).

Szczegółowe informacje w rozdziale 3.5 (nr 1/2008 „sa”).

Po wyborze kamery, kolejnym krokiem jest dobór odpowiednich obiektywów, obudów i innych podzespołów wymaganych w systemie. Instalator powinien też zdawać sobie sprawę z wielu ogólnych procedur związanych z ustawieniami kamery, dzięki czemu będzie mógł zapewnić najlepszą jakość systemu.

4.1.2. Dobór obiektywu

Obiektywy C i CS

Występują dwa podstawowe standardy montowania obiektywów: C i CS. Oba typy obiektywów mają gwint 1-calowy i wyglądają tak samo. Jediną różnicą jest odległość między obiektywem a przetwornikiem po zamontowaniu w kamerze:

- typ CS – odległość między obiektywem a przetwornikiem powinna wynosić 12,5 mm,
- typ C – odległość między obiektywem a przetwornikiem powinna wynosić 17,526 mm.



Mocowanie typu C

Mocowanie typu CS

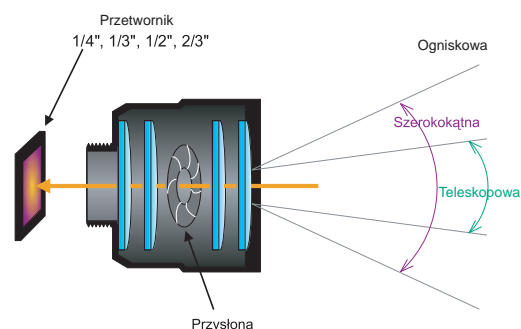
Do przekształcenia obiektywu C w obiektyw CS można użyć 5-mm elementu dystansującego (adaptera pierścieniowego C/CS).

Jako pierwszy był stosowany standard C, natomiast CS jest jego późniejszą wersją, umożliwiającą zmniejszenie kosztów produkcji i wymiarów przetwornika. Obecnie niemal wszystkie kamery i obiektywy dostępne na rynku są w wersji CS. Za pomocą adaptera pierścieniowego C/CS można zamontować stary obiektyw typu C w kamerze typu CS.

Jeżeli nie ma możliwości ustawienia ostrości w kamerze, prawdopodobnie został zastosowany nieprawidłowy typ obiektywu.

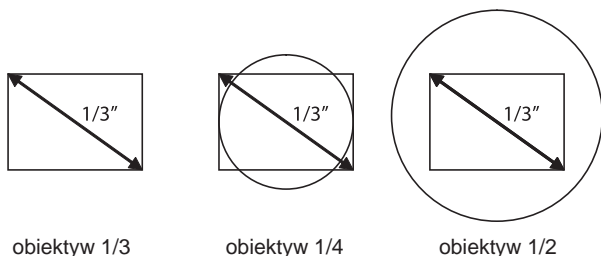
Rozmiary przetworników

Przetworniki obrazu są dostępne w kilku rozmiarach, takich jak 2/3 cala, 1/2 cala, 1/3 cala i 1/4 cala, a produkowane obiektywy pasują do tych rozmiarów. Ważne jest dobranie odpowiedniego obiektywu do kamery. Obiektyw przeznaczony do przetwornika 1/2 cala może współpracować z przetwornikami 1/2, 1/3 i 1/4 cala, ale nie z przetwornikiem 2/3 cala.



Wielkość przetwornika i długość przysłony

Jeżeli obiektyw jest przeznaczony do przetwornika mniejszego niż faktycznie zamontowany w kamerze, na obrazie pojawiają się czarne narożniki. Jeżeli zaś do przetwornika większego niż faktycznie zamontowany, wówczas kąt widzenia będzie mniejszy niż kąt domyślny tego obiektywu – część informacji zostanie „utracona” poza przetwornikiem.



Przykłady różnych obiektywów montowanych na przetworniku 1/3"

Wymagania dotyczące ogniskowej

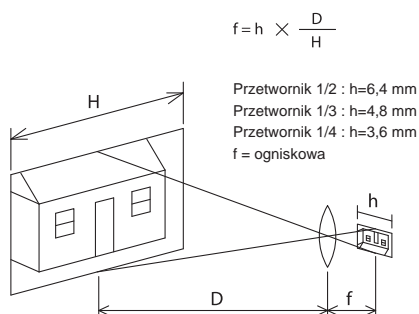
Ogniskowa określa poziome pole widzenia na daną odległość – im większa ogniskowa, tym mniejsze pole widzenia.

Rozmiar obiektywu i przetwornika	1/2"	1/3"	1/4"
Długość ogniskowej	12 mm	8 mm	6 mm

Przykłady ogniskowej wymaganej do uzyskania poziomego pola widzenia wynoszącego około 30°

Większość producentów oferuje łatwy w użyciu, przesuwany i obrotowy przyrząd (kalkulator) do obliczania ogniskowej obiektywu na podstawie wielkości obiektu (sceny) i jego odległości od obiektywu.

Aby wykryć obecność osoby na ekranie, powinna ona stanowić co najmniej 10% wysokości obrazu. Aby bezbłędnie zidentyfikować taką osobę, powinna ona zajmować co najmniej 30% obrazu. Z tego względu przed zastosowaniem danego rozwiązania należy sprawdzić możliwości wybranych kamer i przeanalizować obrazy na ekranie.



$$f = h \times \frac{D}{H}$$

Przetwornik 1/2 : h=6,4 mm
Przetwornik 1/3 : h=4,8 mm
Przetwornik 1/4 : h=3,6 mm
f = ogniskowa

Obliczenia [w stopach]
Obiekty o jakiej szerokości będą widoczne z odległości 10 stóp za pomocą kamery z przetwornikiem CCD 1/4" i obiektywem 4 mm?
 $H = D \times h / f = 10 \times 3,6 / 4 = 9$ stóp

Obliczenia [w metrach]
Obiekty o jakiej szerokości będą widoczne z odległości 3 metrów za pomocą kamery z przetwornikiem CCD 1/4" i obiektywem 4 mm?
 $H = D \times h / f = 3 \times 3,6 / 4 = 2,7$ metra

Typy obiektywów

• Obiektyw o stałej ogniskowej

Ogniskowa jest stała, np. 4 mm.

• Obiektyw o zmiennej ogniskowej

Ten obiektyw umożliwia ręczne ustawienie ogniskowej (pola widzenia). Po dokonaniu zmiany ogniskowej należy ponownie ustawić ostrość obiektywu. Najczęściej stosowany typ to 3,5 ... 8 mm.



Obiektyw zmiennooogniskowy



Obiektyw stałoogniskowy

• Obiektyw z opcją powiększenia (z tzw. zoomem)

Ogniskowa może być ustawiana w pewnym zakresie, np. 6 ... 48 mm, bez wpływu na ostrość.

Obiektywy mogą być ręczne lub z napędem (czyli z możliwością sterowania zdalnego).

Przysłona

Kamery sieciowe zwykle regulują ilość światła docierającego do elementu obrazującego za pomocą przysłony lub ustawienia czasu ekspozycji. W kamerach konwencjonalnych czas ekspozycji jest stały. Zadaniem przysłony jest regulacja ilości światła przechodzącego przez obiektyw.

Występują różne typy przysłon w obiektywach:

• Przysłona ustawiana ręcznie

Przysłona ręczna w obiektywie jest zwykle ustawiana podczas instalacji kamery, tak aby dostosować ją do warunków oświetleniowych. Takie obiektywy nie reagują na zmianę oświetlenia sceny, ponieważ przysłona jest ustawiona na wartość „średnią” dla zmiennych warunków oświetleniowych.

• Przysłona ustawiana automatycznie

W warunkach zewnętrznych oraz z ciągłymi zmianami oświetlenia sceny najodpowiedniejszy jest obiektyw z przysłoną ustawianą automatycznie. Przysłona jest ustawiana przez kamerę i ciągle się zmienia, aby zachować optymalny poziom ilości światła docierającego do przetwornika:

DC Iris – przysłona sterowana sygnałem DC. Jest ustawiana przez procesor podłączony do wyjścia kamery.

Video Iris – przysłona sterowana sygnałem wizyjnym.

Do zastosowań zewnętrznych zalecane są obiektywy z przysłonami automatycznymi. Przysłona automatycznie reguluje ilość światła docierającego do kamery, zapewniając najlepsze wyniki, chroni też przetwornik obrazu przed zbyt silnym światłem. Mała średnica przysłony powoduje zmniejszenie ilości światła i większą głębię ostrości (tzn. ostrość obrazu przy większych odległościach). Z kolei duża zapewnia lepszy obraz przy słabym oświetleniu. Żeby ustawić głębię ostrości, obiektyw powinien być otwarty maksymalnie. Wartość przysłony jest określana parametrem F.

F = ogniskowa/średnica przysłony

Wartość F obiektywu to iloraz ogniskowej i rzeczywistej średnicy obiektywu. Charakteryzuje ilość energii światła docierającej do przetwornika i ma duże znaczenie dla obrazu wynikowego.

Im większa wartość F, tym mniej światła dociera do przetwornika, a im mniejsza – tym więcej. Dlatego w warunkach słabego oświetlenia uzyskiwana jest wyższa jakość obrazu. W powyższej tabeli pokazano ilość światła docierającego do przetwornika obrazu przy określonych parametrach F.

F	F1,0	F1,2	F1,4	F1,7	F2,8	F4,0	F5,6
% światła przechodz.	20%	14,14%	10%	7,07%	2,5%	1,25%	0,652%

W scenach ze słabym oświetleniem zaleca się zamontowanie przed obiektywem neutralnego filtra. Wymusza on równomierne zmniejszenie ilości światła docierającego do obiektywu w całym zakresie widma widzialnego i pełne otwarcie przysłony w celu skompensowania tego efektu. Wiele współczesnych kamer sieciowych zapewnia automatyczne ustawianie przysłony, tak aby obraz był wyraźny przez cały rok, o każdej porze dnia i w warunkach ciągłej zmiany oświetlenia.

4.1.3. Instalacje wewnętrzne i zewnętrzne

Obudowa kamery

Jeżeli kamera ma być zamontowana na zewnątrz lub we względnie nieprzyjaznych warunkach otoczenia, musi posiadać obudowę odporną na zmienne warunki atmosferyczne lub wandaloodporną. Obudowy kamer mają różne wymiary i cechy, a niektóre są wyposażone we wbudowane elementy grzewcze i/lub wentylatory do chłodzenia.



Pełna lista obudów do montażu kamer sieciowych Axis na zewnątrz, w trudnych warunkach i w miejscach wilgotnych lub zapyłonych, dostępna jest na stronie internetowej: www.axis.com/products/cam_housing/

4.1.4. Najlepsze sposoby postępowania

W celu uzyskania obrazu najwyższej jakości należy przestrzegać kilku podstawowych zasad. Odnosi się to zarówno do kamer sieciowych, jak i innych typów. Przytoczmy kilka prostych wskazówek, jak uzyskać dobry obraz:

- Stosować silne oświetlenie

Najczęstszą przyczyną złej jakości obrazu jest zbyt słabe oświetlenie. Zwykle im więcej światła, tym lepszy obraz. Przy zbyt słabym oświetleniu obraz staje się rozmyty, a kolory matowe. Zawodowi fotograficy zawsze używają silnych lamp. Standardową jednostką natężenia światła jest luks. Do uzyskania obrazu dobrej jakości potrzeba co najmniej 200 lx. Kamery wysokiej jakości mogą pracować przy natężeniu światła wynoszącym nawet 1 lx. Oznacza to, że można rejestrować obraz przy natężeniu 1 lx, ale nie będzie to obraz dobrej jakości.

Środowisko	Natężenie światła [lx]
Silne nasłonecznienie	100 000
Pełne oświetlenie dzienne	10 000
Normalne oświetlenie biurowe	500
Słabo oświetlone pomieszczenie	100

Producenci stosują różne parametry do określania czułości na światło, przez co porównanie kamer jest trudne bez dokonania analizy zarejestrowanego obrazu.

- Unikać oświetlenia z tyłu

Należy unikać jasnych obszarów obrazu. Zbyt jasny obraz może zostać prześwietlony, a obiekty znajdujące się na obrazie będą zbyt ciemne. Ten problem występuje zwykle przy próbie zarejestrowania obiektu zza szyby.

- Zmniejszyć kontrast

Kamera ustawia ekspozycję tak, aby uzyskać średni poziom jasności obrazu. Po zarejestrowaniu, obraz osoby stojącej przed białą ścianą zwykle okaże się zbyt ciemny. Problem ten można łatwo rozwiązać, zastępując biały kolor tła kolorem szarym.

Zalecenia dotyczące montażu kamery na zewnątrz

- Obiektyw

W zastosowaniach zewnętrznych należy zawsze używać obiektywów z automatycznym ustawianiem przysłony. Taki obiektyw dostosowuje ilość światła docierającego do przetwornika obrazu. Dzięki temu jakość obrazu jest optymalna, a przetwornik obrazu jest chroniony przed uszkodzeniem przez silne światło słoneczne.

- Bezpośrednie nasłonecznienie

Ważne! Należy zawsze unikać bezpośredniego światła słonecznego w obrazie, które może „oślepić” kamerę i trwale uszkodzić filtry kolorów w przetworniku. W miarę możliwości kamera powinna być skierowana zgodnie z kierunkiem padania promieni słonecznych.

- Kontrast

Rejestrowanie zbyt dużej powierzchni nieba powoduje powstanie za dużego kontrastu. Kamera dostosuje swoje ustawienia, aby uzyskać prawidłowe natężenie światła dla dominującego fragmentu obrazu. W efekcie obiekt lub krajobraz będą zbyt ciemne. Sposobem rozwiązania tego problemu jest zamontowanie kamery wysoko, np. na słupie. Należy zawsze stosować mocny osprzęt montażowy, aby uniknąć wibracji powodowanych np. przez silny wiatr.

- Odbicia światła

Jeżeli kamera zostanie zamontowana za szybą, np. w mieszkaniu, obiektyw musi znajdować się blisko szyby. W przeciwnym razie odbicia światła od kamery i tła pojawią się na obrazie. W celu redukcji odbić na szybę znajdującą się przed obiektywem można nanieść specjalną powłokę.

- Oświetlenie

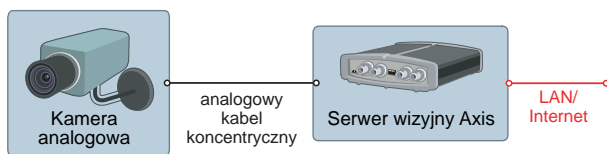
Do pracy kamery w nocy może być potrzebne dodatkowe oświetlenie zewnętrzne. Powinno być tak rozmieszczone, aby nie powstawały zbędne odbicia światła lub cienie. Przy dyskretnej ochronie, zamiast normalnego oświetlenia (światła białego) można zastosować podczerwone. Promieniowanie podczerwone IR jest niewidoczne dla ludzkiego oka, natomiast wystarczające do rejestrowania obrazu przez kamery. Sieciowe kamery IR można podłączyć do sieci bezpośrednio, natomiast tradycyjne – za pośrednictwem serwera wizyjnego.

Uwaga: kamery kolorowe nie pracują w podczerwieni. Niektóre mogą automatycznie przełączać się z kolorowego trybu dziennego do trybu IR przydatnego w nocy; obraz będzie wtedy czarno-biały.

Więcej informacji na temat kamer dzień-noc w rozdziale 3.5 (nr 1/2008 „sa”).

4.2. Stosowanie kamery analogowej z serwerem wizyjnym

Wszystkie typy kamer analogowych – stałe, kopułkowe, wewnętrzne, zewnętrzne, stałe kopułkowe, PTZ, a także kamery specjalne – mogą być zintegrowane z sieciowym systemem wizyjnym za pomocą serwerów wizyjnych (enkoderów). Kabel koncentryczny z kamery analogowej po prostu podłącza się do wejścia analogowego w serwerze, który następnie przekształca obraz do postaci cyfrowej, kompresuje go i przesyła poprzez sieć lokalną lub Internet. Gdy taki sygnał wizyjny znajdzie się w sieci, jest identyczny ze strumieniem wizji pochodzącym z kamery sieciowej i może być łatwo zintegrowany z sieciowymi systemami wizyjnymi. Mówiąc w uproszczeniu, serwer wizyjny zamienia kamerę analogową w kamerę sieciową.



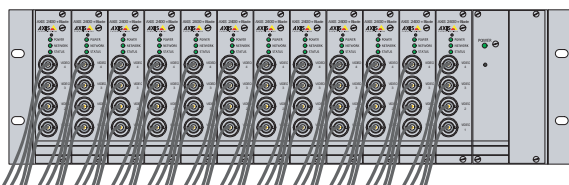
Kamera analogowa połączona z serwerem wizyjnym Axis

Zależnie od konfiguracji, liczby kamer, typu kamer i od tego, czy występuje okablowanie koncentryczne, można stosować różne typy serwerów wizyjnych.

4.2.1. Serwery wizyjne do montowania w szafach rack

Większość firm wykorzystuje dedykowane pomieszczenie specjalne, pozwalające na scentralizowanie urządzeń w jednym miejscu oraz skuteczne monitorowanie ważnych informacji w bezpiecznym otoczeniu. W przypadku budynku z dużą liczbą kamer analogowych oznacza to, że do sterowni musi też być doprowadzona duża liczba kabli koncentrycznych.

Jeżeli całe okablowanie koncentryczne jest już zainstalowane i dostępne ze sterowni, zastosowanie szaf rack na serwery wizyjne będzie korzystne dla całej instalacji, ponieważ umożliwi umieszczenie wielu serwerów wizyjnych typu *blade* (modułowych) w jednym racku i zarządzanie nimi centralnie. Jest on wyposażony w gniazda na maks. 12 wymiennych serwerów typu *blade*, a z tyłu każdego gniazda są złącza do komunikacji sieciowej i szeregowej oraz we/wy. Jeden 19-calowy rack 3U może zwykle obsługiwać do 48 kanałów z maks. liczbą klatek na sekundę, zapewniając rozwiązanie zwarte i oszczędzające ceną przestrzeń szafy.



W pełni wyposażony Rack z kablami koncentrycznymi

4.2.2. Autonomiczne serwery wizyjne

W telewizyjnym systemie dozoru, w którym zainstalowano kamery analogowe, ale nie zainstalowano jeszcze kabli koncentrycznych, w pobliżu kamer analogowych warto podłączyć do systemu autonomiczny serwer wizyjny.

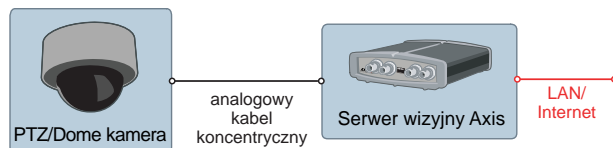


Obudowa z kamerą analogową i zainstalowanym serwerem wizyjnym

Oprócz mniejszych kosztów okablowania do przesyłu obrazu takie rozwiązanie nie powoduje pogorszenia jakości, co zdarza się w przypadku przesyłania obrazu kablem koncentrycznym na dużą odległość. Serwer wizyjny dostarcza obraz cyfrowy, nie występuje więc pogorszenie jakości ze wzrostem odległości.

4.2.3. Serwery wizyjne z kamerami PTZ i szybkoobrotowymi

Kamery PTZ można podłączyć do autonomicznych serwerów wizyjnych albo serwerów wizyjnych montowanych w racku poprzez wbudowany w nich port szeregowy (RS232/422/485). W przypadku gdy wykorzystuje się serwer wizyjny z jednym portem, znajdującym się w pobliżu kamery, dodatkową zaletą jest brak potrzeby instalowania osobnego okablowania szeregowego do sterowania mechanizmem PTZ. Dzięki temu można też sterować kamerą PTZ z dużej odległości poprzez Internet. Aby można było sterować konkretną kamerą PTZ, na serwerze wizyjnym musi być zainstalowany odpowiedni sterownik.

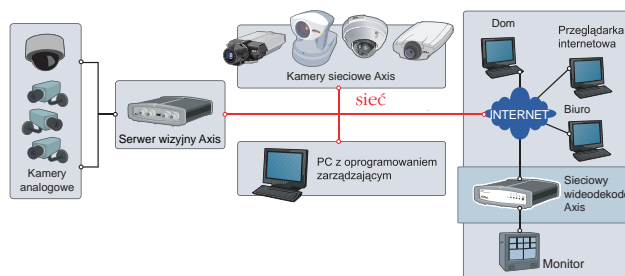


Kamery PTZ/Dome połączone z serwerem wizyjnym Axis

W przypadku serwerów wizyjnych Axis dostępne są sterowniki PTZ do najpopularniejszych kamer PTZ i szybkoobrotowych, które można pobrać na serwer wizyjny. Można też użyć sterownika znajdującego się na komputerze z zainstalowanym oprogramowaniem do zarządzania materiałem wizyjnym, pod warunkiem, że port szeregowy jest skonfigurowany tak jak w serwerze szeregowym, czyli przesyła obraz poprzez polecenia.

4.2.4. Dekoder wizyjny

W niektórych instalacjach zachodzi potrzeba monitorowania strumieni wideo i audio w sieci za pomocą istniejących analogowych urządzeń monitorujących. Dzięki zastosowaniu sieciowego dekodera wizyjnego strumienie wizji i audio w sieci są z powrotem konwertowane na sygnały analogowe, które mogą być wykorzystywane przez zwykłe odbiorniki telewizyjne, monitory analogowe i przełączniki wizyjne. Zastosowanie kodera/dekodera jest bardzo efektywnym sposobem przesyłania obrazu analogowego na dużą odległość (analogowy – cyfrowy – analogowy).



Dzięki sieciowemu dekodrowi wizyjnemu istniejące monitory analogowe można wykorzystać do odbierania obrazów i dźwięku z odległych kamer lub systemów analogowych tak, jakby były umieszczone niedaleko operatora – chociaż mogą się znajdować nawet w innym mieście. ■