

Robert SZULIM

UNIwersytet Zielonogórski Instytut Metrologii Elektrycznej,
ul. Podgórna 50, 65-246 Zielona Góra

Integracja systemów pomiarowo-sterujących z urządzeniami Video IP

Dr inż. Robert SZULIM

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze w 1995r. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Instytucie Metrologii Elektrycznej w Wyższej Szkole Inżynierskiej w Zielonej Górze (obecnie Uniwersytet Zielonogórski). Zajmuje się zagadnieniami związanymi z sieciami komputerowymi, systemami pomiarowo sterującymi, hurtowniami danych oraz zastosowaniem metod sztucznej inteligencji.

e-mail: R.Szulim@ime.uz.zgora.pl

**Streszczenie**

W artykule przedstawione zostaną możliwości współczesnych rozwiązań systemów rejestracji obrazu za pomocą urządzeń Video IP, które mogą być wykorzystane w systemach pomiarowo-sterujących do tworzenia dokumentacji zdarzeń w postaci zapisu video. W artykule zostaną omówione wybrane możliwości kamer Video IP w zakresie transmisji i wyświetlania obrazu oraz lokalnego i zdalnego rejestrowania materiału video.

Słowa kluczowe: urządzenia Video IP, systemy pomiarowo-sterujące.

Integration of measurement and control systems with IP Video devices**Abstract**

The paper presents capabilities of modern image capture system solutions using IP video devices that can be used in measuring and control systems for documentation of events in the form of video recording. The modern IP Video camera is a complex device consisting of optical systems, image sensors and embedded real-time operating systems for image processing to upload the video stream over the network for further processing. The camera has a number of advanced features which allow performing advanced image processing at the level of IP camera. This paper discusses the capabilities of devices in the transmission of video, local and remote recording video material – Section 2. The advanced cameras can be used in many applications and systems. This requires the designer's knowledge of multiple dependencies associated with the transmission of video images, like the data stream size, the CPU load calculations, etc. Software techniques used to build programs cooperating with the Video IP camera are discussed in Section 4. There are many manufacturers of IP Video systems on the market. Each manufacturer uses a different solution in the layers of control and video transmission. This causes problems with integration of the systems from different manufacturers. On the initiative of the members and producers there has been established the ONVIF standard which allows interoperability with the equipment using a common software interface. The paper provides the basic assumptions of this interface.

Keywords: Video IP devices, measurement and control systems.

1. Wprowadzenie

Systemy pomiarowo sterujące oprócz swoich typowych funkcji mogą być także wyposażone w funkcjonalność rejestracji przebiegu zdarzeń w postaci materiału video. Materiał video zarejestrowany przez kamerę może być łatwo przechowany w postaci pliku na dysku komputera. Budowa takiego systemu wymaga użycia urządzeń, które pozwalają przetworzyć materiał video do postaci możliwej do zapisania w postaci elektronicznej. Wymagania te spełniają urządzenia Video IP.

Współczesne urządzenia Video IP to złożone konstrukcje składające się z układów optycznych, przetworników obrazu oraz systemów wbudowanych wykorzystujących systemy operacyjne czasu rzeczywistego do przetwarzania obrazu na postać umożliwiającą przesłanie strumienia video przez sieć w celu obróbki w komputerach lub rejestracji materiału video w postaci pliku.

Urządzenia posiadają szereg zaawansowanych funkcjonalności, które umożliwiają wykonywanie zaawansowanej obróbki obrazu już na poziomie kamery IP.

W artykule zostaną omówione możliwości urządzeń w zakresie transmisji obrazu, lokalnego i zdalnego rejestrowania materiału. Zaawansowane możliwości kamer mogą być wykorzystane w wielu aplikacjach informatycznych i systemach. Wymaga to od projektanta aplikacji znajomości wielu zależności związanych z transmisją obrazu video, jak wielkość strumienia danych, obciążenie obliczeniami procesora itp. Zostaną omówione podstawowe wymagania i zależności systemowe stawiane podczas budowy tego typu systemów. Przedstawione zostaną także sposoby budowy aplikacji końcowych wykorzystujących możliwości urządzeń video IP.

Na rynku istnieje wielu producentów systemów Video IP. Każdy producent stosuje inne rozwiązania w warstwach sterowania i transmisji obrazu. Powoduje to problemy z integracją systemów różnych producentów. Z inicjatywy użytkowników i producentów powstał standard ONVIF, który umożliwia współpracę z urządzeniami za pomocą wspólnego interfejsu programowego.

2. Urządzenia Video IP i ich możliwości

Produkowane współcześnie urządzenia Video IP to przede wszystkim sieciowe kamery video z możliwością transmisji obrazu za pomocą sieci komputerowej przewodowej lub bezprzewodowej. Oprócz kamer sieciowych produkowane są także inne urządzenia np. enkodery umożliwiające wykorzystanie systemów Video starszych generacji w systemach Video IP oraz rejestratory.

Sieciowa kamera systemu Video IP to urządzenie składające się z dwóch zasadniczych części: kamery i komputera. Główne komponenty sieciowej kamery to układ optyczny składający się z obiektywu, często z możliwością sterowania funkcją zoom oraz ustawianiem ostrości, przetwornika obrazu, jednego lub więcej procesorów oraz pamięci. Kamera jako całość może być postrzegana jako system czasu rzeczywistego. Obraz dostarczany z przetwornika przetwarzany jest przez wyspecjalizowane moduły programowe, które pracują pod kontrolą wbudowanego systemu operacyjnego (np. Linux). Obraz musi być przetwarzany w czasie rzeczywistym na sieciowy strumień danych, który może być transmitowany przez interfejs sieciowy do komputerów odbiorców w celu dalszej obróbki lub wyświetlania. Kamera posiada swój adres IP. Często kamery są wyposażone w dodatkowe funkcjonalności, jak FTP, WWW, możliwość wysyłania poczty email lub lokalnego gromadzenia zapisu video na karcie pamięci. W zależności od mocy obliczeniowych procesora w systemie istnieją możliwości realizacji przetwarzania strumienia video na poziomie kamery w celu wykrywania ruchu lub dźwięku, definiowania aktywnych obszarów na ekranie itp. Kamera sieciowa może być skonfigurowana do wysyłania strumienia video za pomocą sieci w celu uruchomienia podglądu obrazu na żywo lub (i) jednoczesnego nagrywania materiału video w sposób ciągły lub wyzwalany na żądanie lub za pomocą zdefiniowanych w systemie zdarzeń. Kamery mogą mieć różne wykonania umożliwiające instalowanie ich w różnych warunkach i pomieszczeniach – rys. 1.



Rys. 1. Różne wykonania kamer Video IP – źródło [1]
Fig. 1. Different realisations of Video IP cameras – source [1]

3. Wykorzystanie funkcji kamer w aplikacjach informatycznych

Producenci kamer video dostarczają również szereg rozwiązań programowych wykorzystujących kamery IP do typowych zadań monitorowania obiektów oraz gromadzenia ciągłego strumienia danych na dyskach twardych komputerów. Zbudowanie systemu gromadzącego zapis wideo w sposób nieprzerwany na dyskach komputera, który składa się z wielu kamer może być trudne z powodu dużej ilości danych, które muszą być przetwarzane i gromadzone w systemie. W zależności od parametrów obrazu, jak rozdzielczość, liczba rejestrowanych klatek na sekundę, rodzaj kodowania obrazu, strumień danych może osiągać wielkości trudne do przetwarzania, zwłaszcza w przypadku użycia wielu kamer.

Tab. 1. Zestawienie pasma przesyłania danych w zależności od parametrów transmisji – źródło [1]

Tab. 1. Summary of the data transfer bandwidth, depending on the transmission parameters - source [1]

Rozdzielczość obrazu w pkt [X*Y]	Liczba klatek na sekundę	Rodzaj kodowania obrazu	Wielkość strumienia danych [MBit/s]
640x480	10	MotionJPEG	2,3
1920x1080	10	MotionJPEG	15,5
640x480	30	MotionJPEG	6,34
800x600	30	MotionJPEG	8,91
1920x1080	30	MotionJPEG	42
640x480	10	MPEG-4/H.264	0,13
1920x1080	10	MPEG-4/H.264	0,89
640x480	30	MPEG-4/H.264	0,35
800x600	30	MPEG-4/H.264	0,55
1920x1080	30	MPEG-4/H.264	2,37

W przypadku jednoczesnego gromadzenia zapisu na pojedynczym komputerze dla wielu kamer może zachodzić potrzeba instalowania specjalnych systemów zwiększających przepustowość zapisu danych na dyskach, np. w postaci macierzy dyskowych. Istotne jest w takim przypadku oszacowanie wielkości strumienia danych w celu dobrania odpowiednich parametrów systemu rejestrującego oraz rodzaju urządzeń sieciowych itp. Producenci kamer często udostępniają specjalne oprogramowanie, tzw. kalkulatory wymaganej przepustowości dla określonych parametrów obrazu. Wielkość strumienia danych może się istotnie zmieniać w zależności od parametrów obrazu, jak: rozdzielczość, liczba klatek na sekundę czy rodzaj kodowania strumienia obrazu. Współcześnie stosuje się kompresję stratną obrazu typu MPEG-4 w wersji H.264, która pozwala na znaczną redukcję wielkości strumienia przesyłanych danych – tabela 1. Stosowanie tego typu kodowania wymaga użycia procesora o odpowiedniej mocy obliczeniowej, ponieważ kodowanie obrazu musi być dokonywane w czasie rzeczywistym.

3.1. Wyświetlanie obrazu „na żywo”

Podstawową funkcją kamer video jest prezentacja obrazu na ekranach komputera „na żywo”. Oczywiście, z uwagi na dokonywane transformacje obrazu na postać cyfrową, zawsze występuje pewien czas opóźnienia w stosunku do rzeczywistego obrazu w kadrze kamery. Budowa aplikacji wykorzystującej kamerę wideo do prezentacji obrazu najczęściej realizowana jest poprzez użycie specjalnych bibliotek programowych dostarczanych przez producenta kamer. W takim przypadku opracowanie aplikacji do wyświetlania obrazu jest dość łatwym zadaniem dla projektanta aplikacji, ponieważ nie musi się on zajmować złożonymi zagadnieniami związanymi z kodowaniem i transmisją obrazu w postaci cyfrowej. Biblioteka programowa wymaga jedynie podania para-

metrów, jak adres IP kamery, rodzaj kodowania obrazu, liczba klatek na sekundę i innych.

3.2. Rejestrowanie materiału video na żądanie

Kamera może rejestrować obraz w sposób ciągły lub rejestracja może być wywołana na żądanie w momencie wystąpienia zdarzenia, którego przebieg należy zarejestrować. Wyzwolenie rejestrowania materiału wideo może być wywołane przez określony rodzaj zdarzenia zaprogramowany w systemie operacyjnym kamery, np. przez wejście zewnętrzne za pomocą wystąpienia odpowiedniego poziomu napięcia, za pomocą odpowiedniego polecenia przesłanego przez sieć lub przez moduł analizy treści obrazu wykrywający obecność intruza w polu widzenia kamery. Polecenie rozpoczęcia nagrywania wysyłane jest przy użyciu protokołu HTTP, który domyślnie pracuje na porcie 80 protokołu TCP/IP co jest bardzo korzystne, ponieważ urządzenia typu firewall zazwyczaj nie blokują ruchu sieciowego w takim przypadku. Materiał wideo może być gromadzony na dyskach komputerów lub wyspecjalizowanych urządzeń – rejestratorów.

Coraz częściej kamery są również wyposażane w możliwość gromadzenia materiału wideo w postaci pliku lokalnie na karcie pamięci SD zainstalowanej w kamerze. Dostęp do zarejestrowanego materiału możliwy jest następnie przez sieć za pomocą protokołu FTP. Zaletą takiego rozwiązania jest ograniczanie ruchu w sieci, ponieważ strumień danych nie musi być przesyłany ze wszystkich kamer do centralnego punktu gromadzenia danych tylko zapis dokonywany jest lokalnie w kamerze. Taka funkcjonalność może mieć znaczenie w dużych instalacjach sieciowych.

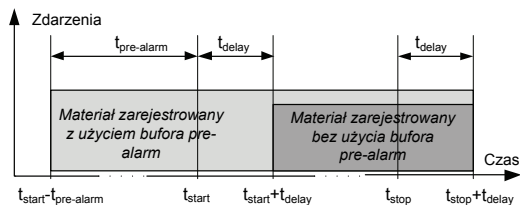
3.3. Zdarzenia kamery

Wiele kamer posiada ciekawe funkcjonalności związane z możliwością definiowania określonych zdarzeń, na które ma reagować oprogramowanie kamery. Zdarzeniem może być fakt pojawienia się obiektu z polu widzenia kamery, co spowoduje automatyczne zarejestrowanie materiału wideo z określonym czasem trwania. Materiał może być zarejestrowany lokalnie na karcie pamięci lub na sieciowym serwerze plików. Możliwe jest zdefiniowanie kilku „aktywnych” obszarów w oknie obrazu będącego w zasięgu widoczności kamery wraz ze stopniem czułości na zmiany. Kamera ma możliwość wysterowania wyjścia cyfrowego, np. w celu uruchomienia alarmu dźwiękowego. Inną funkcjonalnością może być automatyczne zliczanie osób przechodzących w obszarze widoczności kamery i reakcja po przekroczeniu zaprogramowanej wartości progowej.

3.4. Rejestrowanie z funkcją „pre-alarm”

Czas rozpoczęcia rejestrowania obrazu na żądanie t_{start} obarczony jest zawsze pewną zwłoką t_{delay} w rozpoczęciu zapisu – rys. 2. Zwłoka w pewnych sytuacjach może oznaczać utratę możliwości rejestracji ważnej części materiału wideo rejestrowanego zdarzenia, np. w przypadku dużej prędkości poruszania się obserwowanego obiektu. Powodem występowania tego typu zwłoki może być opóźnienie w dotarciu polecenia do kamery spowodowane dużym ruchem w sieci, co może mieć miejsce zwłaszcza w sieciach bezprzewodowych. Inny powód to fizyczne ograniczenia oprogramowania kamery wideo związane z dużym obciążeniem procesora innymi zadaniami w danym momencie. Istnieje możliwość uruchomienia w kamerze funkcji gromadzenia materiału wideo w specjalnym buforze, tzw. pre-alarm. W momencie wystąpienia zdarzenia i wyzwolenia zapisu w kamerze, oprogramowanie kamery automatycznie rozpocznie zapis materiału wideo z porcją materiału zapamiętaną w pamięci kamery sprzed zdarzenia $t_{start} - t_{pre-alarm}$. W zależności od możliwości sprzętowych kamery (wielkość dostępnej pamięci RAM) oraz ustawień strumienia wideo (rozdzielczość, kompresja lub kodowanie obrazu) może to być od kilku do kilkunastu sekund materiału wideo przed faktycznym rozpoczęciem rejestracji. Dzięki takiemu rozwiązaniu kamera

może samodzielnie rejestrować pełny przebieg danego zdarzenia bez utraty porcji materiału sprzed zdarzenia.



Rys. 2. Zależności czasowe rejestracji materiału wideo
Fig. 2. Timing of the video recording

4. Budowa oprogramowania wykorzystującego kamery Video IP

Producenci urządzeń Video IP dostarczają również oprogramowanie umożliwiające wykorzystanie kamer w typowych zadaniach monitorowania osób i obiektów. Typowe funkcje tego typu systemów obejmują wyświetlanie na ekranie obrazu z wielu kamer z możliwością powiększania obrazu (funkcja zoom) lub zmianą obszaru widzenia kamery (funkcja PTZ). Oprogramowanie często również pozwala na lokalny zapis materiału wideo na dysku komputera. Istnieją również wyspecjalizowane urządzenia i oprogramowanie przeznaczone do ciągłej rejestracji materiału wideo z wielu kamer na dyskach twardej. W większości przypadków oprogramowanie dostarczane przez producentów kamer nie nadaje się do bezpośredniej integracji z systemami pomiarowo-sterującymi z uwagi na jego zamknięty charakter. W zależności od ilości jednocześnie obsługiwanych kamer urządzenia i oprogramowanie rejestrujące obraz wideo w trybie ciągłym mogą być bardzo kosztowne w zakupie. Rozwiązaniem pozwalającym na redukcję kosztów i wykorzystanie możliwości kamer jest integracja kamery z systemem pomiarowo-sterującym na poziomie programowym.

Integracja kamery video IP z systemem pomiarowo-sterującym może wymagać uruchomienia następujących funkcjonalności:

- Odbiór i prezentacja strumienia video w sposób graficzny w programie lub na stronie WWW
- Rejestracja materiału video jako plik na dysku
- Rejestracja 'stop klatki' jako pliku
- Wyzwalanie zapisu materiału video w kamerze z buforem 'pre-alarm'.

Producenci kamer dostarczają specjalne biblioteki SDK (ang: Software Development Kit) ze zbiorem funkcji umożliwiających programowe wykorzystanie możliwości kamer. Zazwyczaj biblioteki przeznaczone są do budowy programów pracujących pod kontrolą systemu Windows. Niestety biblioteki różnych producentów zazwyczaj nie są zgodne ze sobą. Typowe możliwości programowej biblioteki SDK to:

- Wyświetlanie i lokalna rejestracja obrazu z kamer (zazwyczaj jako obiektu ActiveX). Technologia ActiveX jest wspierana przez większość producentów oprogramowania, dzięki czemu można łatwo zbudować program z interfejsem graficznym lub umieścić funkcje podglądu obrazu z kamery na stronie WWW.
- Sterowanie zaawansowanymi funkcjami kamer (zbiór poleceń HTTP). Polecenia mogą być wykorzystane do wyzwalania operacji zapisu materiału, sterowania wyjściami kamer lub ustawiania parametrów obrazu.
- Gromadzenie materiału video na kartach SD (dostęp za pomocą protokołu FTP). Po wywołaniu zapisu materiału na karcie pamięci program może pobrać plik do komputera w celu archiwizacji i dalszego wykorzystania.

Dzięki wykorzystaniu standardowych protokołów HTTP i FTP uruchomienie systemu przebiega dość łatwo ponieważ zazwyczaj

nie ma problemu z dostępem do dokumentacji i oprogramowania programistycznego, które umożliwiają ich wykorzystanie. Do budowy programów można wykorzystać pakiet programistyczny Visual Studio lub inne narzędzie pozwalające na wykorzystanie opisanych mechanizmów.

5. Integracja systemów różnych producentów

Z inicjatywy użytkowników i producentów urządzeń Video IP powstał standard ONVIF, który umożliwia współpracę z urządzeniami różnych producentów za pomocą wspólnego interfejsu programowego [2]. Standard ten definiuje sposób obsługi urządzeń za pomocą odpowiednio zdefiniowanych serwisów sieciowych (ang: Web Services) [3]. Serwisy sieciowe są już od dawna znane i używane przez wielu producentów oprogramowania. Ich zaletą jest wykorzystanie portu 80 podczas pracy w sieci z protokołem TCP/IP co nie powoduje problemów z przepływem danych w sieci. Producenci urządzeń dokonują certyfikacji pod kątem zgodności ze standardem.

Obecna wersja standardu definiuje tylko pewien wybrany obszar funkcjonalności urządzeń. Np. w zakresie transmisji strumienia video zdefiniowano jedynie sposób transmisji obrazu z kodowaniem Motion JPEG, które generuje duży ruch w sieci. Nie zdefiniowano jak dotąd najczęściej używanego, znacznie efektywniejszego sposobu kodowania MPEG 4/H.264. Wydaje się jednak oczywiste, że kolejne wersje standardu będą definiowały interfejs także dla najbardziej efektywnych protokołów transmisji strumienia video.

6. Podsumowanie

W artykule przedstawiono wybrane możliwości współczesnych urządzeń Video IP w zakresie zadań rejestracji materiału video. Wydaje się, że w wielu przypadkach zaawansowane funkcjonalności kamery mogą być bardzo przydatne w systemach pomiarowo-sterujących. Mogą one rozszerzać funkcjonalność wielu systemów np. o możliwość rejestracji materiału video z wystąpienia zdarzenia alarmowego, co może być potem wykorzystane jako ważny materiał dowodowy.

Przykładem praktycznego wdrożenia rozwiązania bazującego na wykorzystaniu nowoczesnych kamer Video IP może być system SMP-STUDIO nadzorujący pracę stacjonarnych monitorów promieniowania [4]. Tego typu urządzenia mogą być instalowane na przejściach granicznych, lotniskach, w hutach itp. W momencie wykrycia obiektu napromieniowanego przez stacjonarny monitor promieniowania, system uruchamia procedurę alarmu, która wyzwała także zapis materiału video przez kamerę, który jest gromadzony w systemie i wykorzystywany do sporządzenia raportu zawierającego materiał video oraz zdjęcie obiektu napromieniowanego. System opracowano w firmie Relpol S.A. w Zielonej Górze we współpracy z Instytutem Metrologii Elektrycznej Uniwersytetu Zielonogórskiego [5]. System został wdrożony na pięciu lotniskach w Polsce.

7. Literatura

- [1] AXIS Systemy Video IP: <http://www.axis.com>
- [2] ONVIF Otwarte forum producentów urządzeń i oprogramowania Video IP, <http://www.onvif.org>
- [3] The World Wide Web Consortium, <http://www.w3c.org>
- [4] SMP-Studio Systemy stacjonarnych monitorów promieniowania, Relpol S.A., <http://www.repol.pl>
- [5] Michta E., Szulim R.: Ochrona radiologiczna portów lotniczych, Pomiary, Automatyka, Kontrola 2011, Vol. 57, nr 11, s. 1304-1306.

otrzymano / received: 28.06.2012

przyjęto do druku / accepted: 02.08.2012

artykuł recenzowany / revised paper