

Integracja sensorów analogowych w systemach monitoringu wizyjnego

Andrzej Głowacz, Maciej Burczyk, Marcin Hartung
(e-mail: aglowacz@agh.edu.pl)

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

STRESZCZENIE

Niniejszy artykuł poświęcony jest integracji czujników analogowych w obrębie systemów monitoringu. Do realizacji tego celu opracowano układ służący do pomiaru wielkości fizycznych oraz aplikację operatora systemu wraz z usługą sieciową działającą po stronie serwera. Dzięki proponowanemu rozwiązaniu sensory analogowe mogą być podłączane bezpośrednio do kamer sieciowych, co pozwala na rozszerzenie istniejących instalacji monitoringu. Zaprezentowane podejście pozwala na efektywne przetwarzanie danych pomiarowych przy jednoczesnym zapewnieniu niskich kosztów wdrożenia kompletnego systemu wizyjno-pomiarowego.

Słowa kluczowe: sensory analogowe, kamery IP, systemy monitoringu wizyjnego

ABSTRACT

Integration of Analog Sensors within Visual Surveillance Systems

This paper addresses an issue of integration of analog sensors within modern visual surveillance systems that include network cameras. In order to achieve such integration, a dedicated adapter for quantity measurements, an operator application and a corresponding network service have been developed. In presented approach analog sensors can be connected through the adapter to network camera, what allows for convenient extension of existing surveillance installations. The complete solution clears the way for effective measurements processing and low-cost implementation of the whole system.

Key words: analog sensors, IP cameras, video surveillance systems

1. WSTĘP

Istniejące systemy monitoringu wizyjnego na ogół składają się z analogowych kamer CCTV (*Closed-Circuit TeleVision*) i wdrażane są w jednej wybranej lokalizacji. Takie instalacje są ukierunkowane na podstawowe funkcje związane z nadzorem operatora, a mianowicie obserwację wyświetlanego obrazu (analogowego) i odtwarzanie rejestrowanych sekwencji wideo. Taki system wizyjny może być ponadto połączony z systemem alarmowym, co pozwala na realizację pewnych dodatkowych funkcji, np. alarmu wyzwalanego automatycznie przez kamerę w przypadku wykrycia ruchu obiektów czy reakcję na detekcję w podczerwieni. Zakres funkcjonalny systemu alarmowego może być rozszerzony przy użyciu wspomagających sensorów analogowych, jednak zasięg przekazywania informacji jest zazwyczaj ograniczony do jednej lokalizacji. Instalacje monitoringu, które pozwalają na wymianę danych poprzez protokół IP, składają się m.in. z zaawansowanych kamer sieciowych. Tego typu systemy są używane do połączenia np. placówek przedsiębiorstw lub innych odległych lokalizacji. Dodatkową zaletą w stosunku do systemów analogowych jest w tym przypadku w pełni cyfrowe przetwarzanie danych, pozwalające na uzyskanie wyższej jakości transmitowanego

obrazu, oraz możliwość rejestrowania obrazu bezpośrednio na kartach pamięci do 32 GB [1]. Ponadto kamery sieciowe wyposażone w matryce wykonane w technologii CMOS zapewniają obraz w rozdzielczości 1080p (lub wyższej), jak również zaawansowaną kompresję, np. z użyciem protokołu H.264.

Rozwój rozwiązań, których działanie jest oparte na protokole IP, pozwala na uniwersalną integrację systemów komputerowych [2]. W przypadku zdalnego systemu pomiarowego, podłączenie wielu sensorów do serwera pomiarowego wymaga zazwyczaj dodatkowego okablowania i dostępnych portów wejściowych w serwerze. Szczególnie w przypadku, gdy dane z sensorów muszą być odczytane niezależnie, liczba portów może okazać się niewystarczająca. Aby rozwiązać ten problem, w pracy postawiono za cel zaprojektowanie i wykonanie systemu wizyjno-pomiarowego. W jego ramach możliwe jest podłączenie szerokiej gamy sensorów bezpośrednio do kamery, która pełni w tym przypadku funkcję serwera.

W pozostałej części artykułu przedstawiono: ogólne architektury sensorów w Rozdziale 2, zaproponowany system w Rozdziale 3 i opis zbudowanego urządzenia pomiarowego w Rozdziale 4. Rozdział 5 zawiera przykładowe rezultaty uzyskane w demonstratorze systemu. Na końcu artykułu zawarto wnioski i kierunki przyszłych badań.

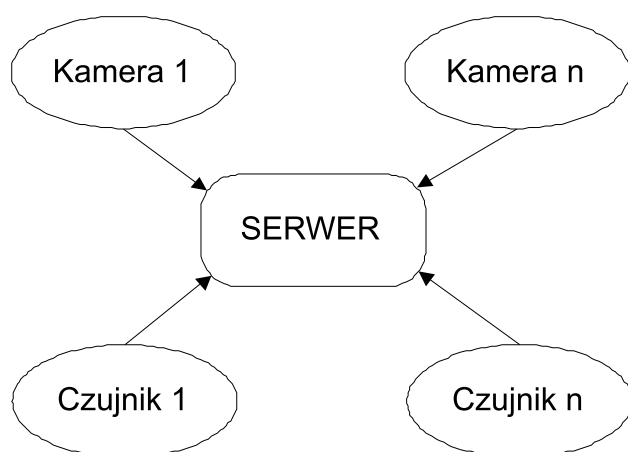
2. ISTNIEJĄCE ARCHITEKTURY SENSORÓW W SYSTEMACH MONITORINGU

W systemie nadzoru często sam obraz wideo nie jest wystarczający i zachodzi potrzeba pomiaru także innych wielkości fizycznych. Sensorami używanymi w tym celu mogą być np. detektory tłuczonego szkła, czujniki ruchu lub tzw. styki informujące o otwarciu drzwi lub okna [3]. Mają one tylko dwa stany, reprezentujące logiczne „0” lub „1” i są proste w użyciu.

Niektóre aplikacje wymagają analizy warunków atmosferycznych, takich jak: temperatura, wilgotność lub ciśnienie. Przykładowo, w Bibliotece Jagiellońskiej w Krakowie specjalne zbiory przechowywane są temperaturze 18–20 °C przy wilgotności powietrza na poziomie 40–50%. Kolejnym przykładem są ogrody botaniczne i szklarnie, które potrzebują utrzymania warunków korzystnych dla wzrostu hodowanych roślin. Zwykle używa się modelu sterowania tych parametrów opartego na termostatach, a pracę systemu nadzoruje operator. Czujniki wymienionych wielkości fizycznych są cyfrowe lub analogowe.

Skuteczny system ochrony powinien wykrywać ulatniające się gazy, takie jak: tlenek węgla, metan czy dym, ponieważ w przypadku tych zagrożeń szybka reakcja może nawet uratować ludzkie życie. Używane są czujniki, które zmieniają rezystancje pod wpływem niebezpiecznego gazu lub czujniki z wyjściem dwuwartościowym.

W tradycyjnej architekturze pomiarowej z analogowymi kamerami używa się schematu połączeń pokazanego na rysunku 1.



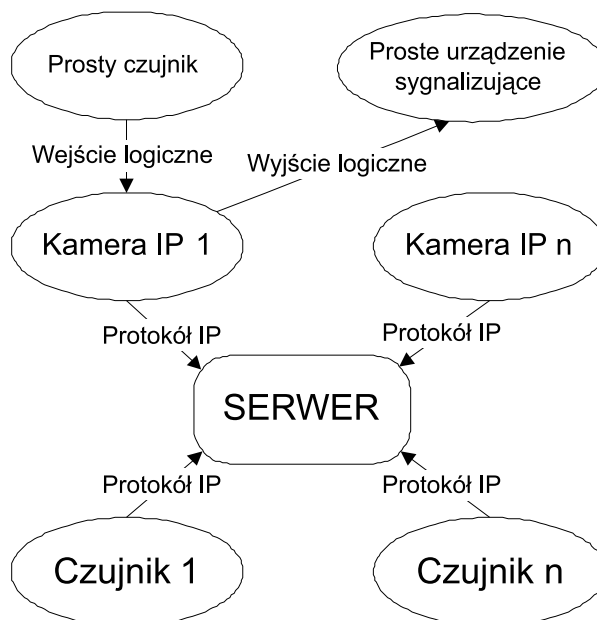
Rys. 1. Tradycyjna architektura czujników

Kamery i czujniki są niezależnie połączone z serwerem, gdzie analizowane są nietypowe sytuacje i alarmy [4]. Głównym problemem jest indywidualne łączenie urządzeń za pomocą sieci Ethernet. Ostatnio w tym ob-

szarze zastosowań produkuje się coraz więcej urządzeń typu serwer HTTP-COM oraz zdalnych, internetowych stacji pomiarowych. Producenci mikrokontrolerów oferują coraz częściej układy ze sprzętową obsługą stosu TCP/IP lub nawet z wbudowaną warstwą fizyczną – gotowe do współpracy w sieci.

Mimo takich ułatwień rozwiązania wciąż są stosunkowo drogie, a budowa opartych na nich urządzeń – dość skomplikowana i czasochłonna. Kolejnym utrudnieniem jest konieczność instalacji dodatkowej linii przewodów sieciowych oraz obecność urządzenia, które należy umiejscowić i zasilić. Z powodu tych problemów firmy montujące systemy nadzoru często decydują się na wykonanie dwu lub więcej niezależnych podsystemów, np. monitoringu, przeciwpożarowego i pomiarowego.

W systemach zawierających kamery sieciowe architektura wspierana przez producentów ma formę przedstawioną na rysunku 2 [3, 5].



Rys. 2. Rozszerzona architektura czujników

W takim rozwiązaniu można użyć jednego lub kilku prostych czujników z wyjściem logicznym. Zmiana ich stanu wyzwala alarm, który jest analizowany w kamerze i może być użyty do włączenia urządzenia sygnalizującego, np. lampy lub syreny alarmowej.

Rozwiązanie umożliwia podstawową integrację, ale jego funkcjonalność jest bardzo ograniczona – użyte mogą być tylko proste urządzenia. Bardziej złożone pomiary wciąż muszą być przeprowadzane w inny sposób.

Oba prezentowane rozwiązania nie dają możliwości pomiaru dowolnych wartości prostym i niedrogim sposobem. Uniwersalny i w pełni zintegrowany system mógłby okazać się lepszym rozwiązaniem.

3. INTERFEJSY KAMERY SIECIOWEJ

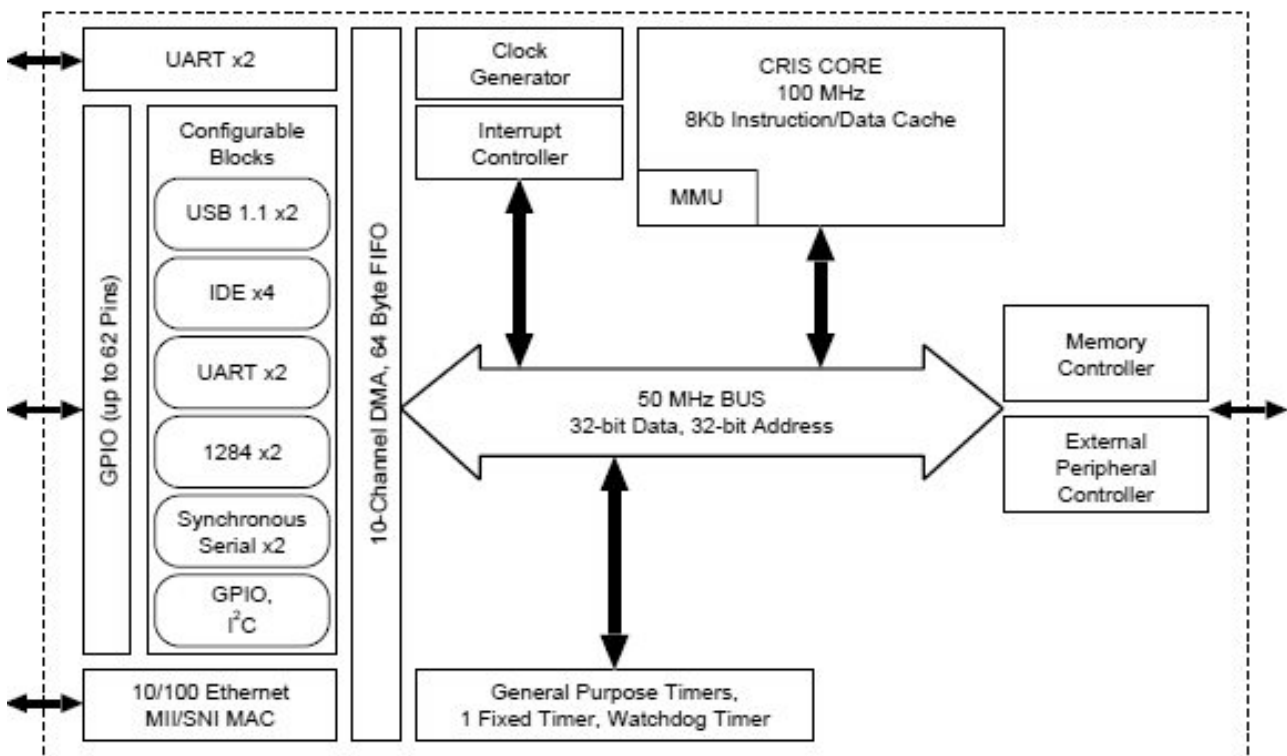
Obecnie kamery sieciowe IP budowane są przy wykorzystaniu zaawansowanych układów scalonych, między innymi *ETRAX 100LX*, *ARTPEC-3* oraz układy oparte na procesorach z rdzeniem *ARM*. Układy te są projektowane dla systemów operacyjnych opartych na jądrze Linux. Możliwość integracji chipu z systemem operacyjnym oraz wyposażenie go w stosunkowo duże zasoby sprzętowe (pamięć RAM ok. 256 MB, pamięć *flash* ok. 128 MB i opcjonalne karty pamięci SD/SDHC do 32 GB) [1], dostarczają obecnie twórcom szerokich możliwości integracji systemów monitoringu.

Rozważany układ pokazany na rysunku 3 posiada przydatne komponenty. Na płycie oprócz kontrolera Ethernet znajdują się kontrolery obsługujące porty I/O oraz port RS-232 lub RS-485. Oba standardy mają określone elektryczne specyfikacje zgodne z protokołem UART i są obsługiwane poprzez interfejs sterowania API przy użyciu skryptów CGI [6]. Standard RS-232 określa poziomy napięcia odpowiadające logicznej jedynce i logicznemu zeru dla transmisji danych. Był on niegdyś stosowany do połączeń np. komputera z urządzeniami peryferyjnymi, takimi jak klawiatura czy mysz. W tym standardzie można osiągnąć jedynie niski transfer, używając krótkich przewodów (do 10 metrów), co

może okazać się niewystarczające w systemie monitoringu. Standard RS-485 rozwiązuje te problemy. Dzięki wysyłaniu danych poprzez skręconą parę różnicową margines szumu jest zredukowany. W konsekwencji możemy uzyskać prędkości transmisji do 10 Mb/s lub zasięg do 1200 metrów. W praktyce pozwala to na objęcie dużego obszaru za pomocą jednego tylko urządzenia serwerowego.

Wybrane kamery sieciowe posiadają zaimplementowane podstawowe programy do obsługi zdarzeń portów I/O. Zapewnia to łatwe programowanie obsługi elementarnych wyjątków, np. detekcji ruchu. Oprócz podstawowych reguł można tworzyć bardziej skomplikowane zależności (np. automatyczne podejmowanie decyzji na podstawie statusów portów), a dzięki zainstalowanemu systemowi operacyjnemu można zaimplementować je w kamerze sieciowej [8].

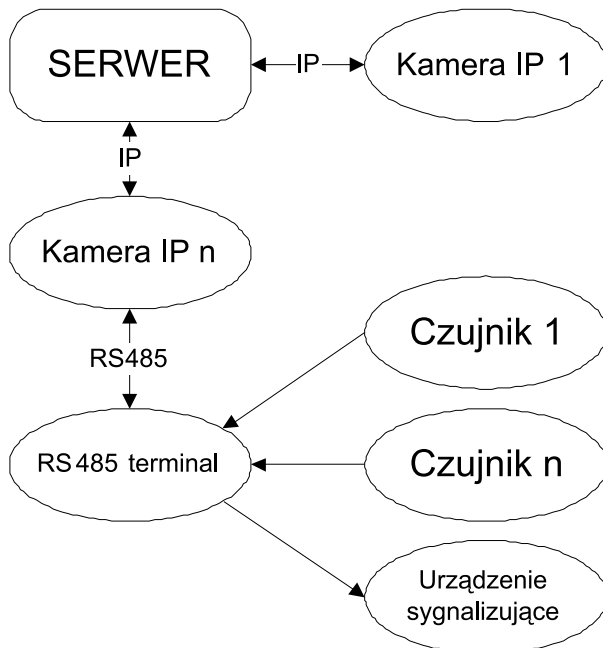
Z kolei, powszechnie stosowane porty szeregowo RS przeznaczone są głównie do obsługi elementów obrotowych PTZ (*Pan-Tilt-Zoom*) poprzez protokół Pelco-D w kamerach, które nie mają wbudowanej funkcjonalności sterowania obiektywem. Ze względu na zastosowaną architekturę układów oraz integrację ze środowiskiem systemu operacyjnego, implementacja programów do obsługi portów jest zbliżona do innych rozwiązań, ponieważ *ETRAX 100LX* bardzo dobrze wspiera języki C i C++ [7]. Problemem mogą okazać się jednak ograniczenia w dostępie do portów narzucone przez producentów kamer.



Rys. 3. Schemat blokowy płyty ETRAX 100LX [7]

4. PROPONOWANY SYSTEM POMIAROWY

Proponowany przez autorów system bazuje na zastosowaniu sieciowych kamer IP oraz analogowych zestawów czujników zintegrowanych w jedną funkcjonalną całość przy użyciu adaptera RS-485. W celu zrealizowania tak określonego zadania, zaproponowano następującą architekturę czujników (rys. 4).



Rys. 4. Proponowana architektura czujników

Stosując powyższy schemat połączenia sensorów można wzbogacić system monitoringu, a na podstawie danych z wielu czujników – podejmować optymalne decyzje. Dzięki możliwościom systemu operacyjnego można tworzyć aplikacje, które systematycznie pobierają i analizują dane, a na tej podstawie wykonują właściwe dla danej sytuacji działania. Dodatkowo administrator systemu otrzymuje zbiorcze dane z sensorów, prezentowane w dedykowanym interfejsie.

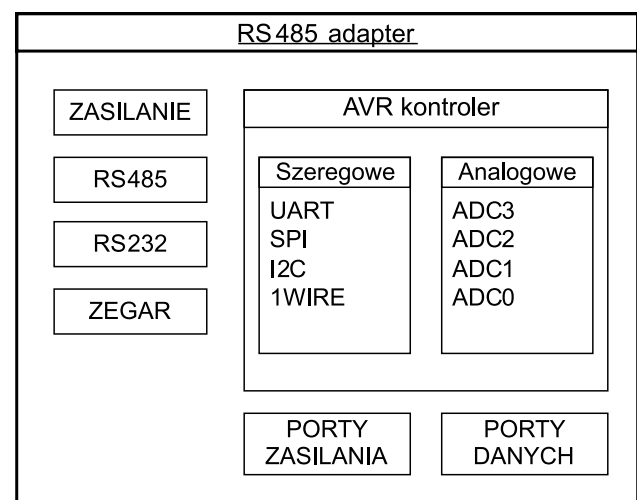
Innowacyjność tego podejścia polega na zastosowaniu kamery jako serwera pomiarowego i jednostki sterującej, a nie tylko jako urządzenia do rejestracji obrazu. Do wymiany danych pomiędzy kamerą a sensorem jest używany port szeregowy. Skorzystano tutaj ze stosunkowo dużych, w zakresie przetwarzania pomiarów, zasobów sprzętowych nowoczesnej kamery. Dzięki temu, jak również dzięki integracji na bazie protokołu IP, koszty przesyłania danych do serwera mogą być niskie, szczególnie przy przetwarzaniu dużego wolumenu danych.

Kolejnym atutem rozwiązania jest integracja transmisji obrazu i informacji z czujników za pomocą jednego urządzenia – kamery IP, która umożliwi transmisję sie-

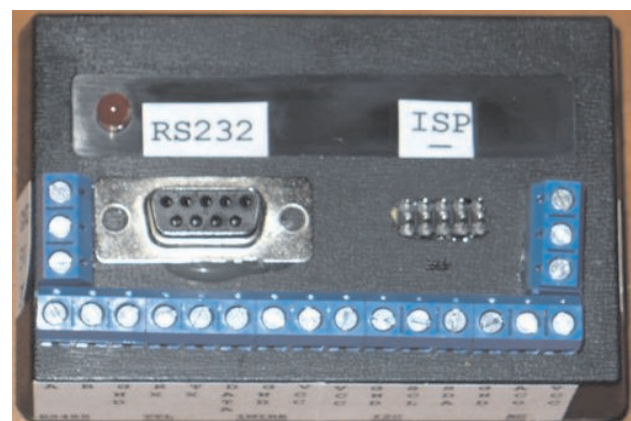
ciową. Dzięki temu rozwiązano problemy architektury z serwerem typu HTTP-COM. Wszystkie dane przesyłane są z użyciem jednego zestawu przewodów (przeznaczonych pierwotnie do transmisji samego obrazu). Nie ma także konieczności stosowania dodatkowego urządzenia do samej transmisji.

5. TERMINAL POMIAROWY

W trakcie prac zbudowano terminal RS-485, który ma za zadanie zbierać wyniki pomiarów, przetworzyć je i wysłać do kamery za pomocą interfejsu RS-485 w trybie *half-duplex*. Dodatkowymi celami były także: uniwersalność urządzenia i niskie koszty wytworzenia. Osiągnięto je poprzez użycie mikrokontrolera z rodziny AVR (rys. 5 i 6).



Rys. 5. Schemat blokowy zaproponowanego terminala



Rys. 6. Zdjęcie zaproponowanego terminala

Zastosowane urządzenie posiada potrzebne podkłady służące do akwizycji danych z czujników. Może komunikować się z nimi za pomocą najbardziej popularnych protokołów szeregowych: UART, SPI, I2C i 1WIRE.

Standardy te różnią się liczbą linii użytych do transmisji i sposobem komunikacji. Producenci czujników używają ich wszystkich w różnych konfiguracjach, zatem uniwersalny terminal również oferuje wsparcie w tym zakresie. Do dyspozycji są także cztery kanały przetwornika analogowo-cyfrowego dla sensorów z wyjściem napięciowym lub zmienną rezystancją.

Do integracji kamery i terminala użyto protokołu RS-485. Dzięki temu można mierzyć wartości z czujników znajdujących się zarówno przy samej kamerze, jak i oddalonych od niej nawet o 100 metrów. Urządzenie posiada także port RS-232 dla współpracy z pozostałymi rodzajami kamer. Terminal może być indywidualnie dostosowywany do każdego zastosowania dzięki użyciu programowalnego kontrolera. Językiem programowania jest w tym przypadku ANSI C.

Zaletą terminala jest także elastyczność jego budowy. Dostępne wejścia mogą być użyte do sterowania urządzeniami sygnalizującymi lub do zbierania informacji z przełączników lub klawiatur. Dodatkowo, można także sterować zewnętrznymi układami, np. klimatyzacji lub ogrzewania.

Proponowane rozwiązanie całościowe (rys. 4) jest ekonomiczne z uwagi na użycie istniejących kamer do przesyłania danych do serwera. Relatywnie drogie urządzenia komunikacyjne są największą bolączką w stosowaniu poprzednich architektur. Natomiast główną niedogodnością terminala jest konieczność zmiany programu mikrokontrolera w każdej nowej implementacji, ponieważ niemożliwe jest automatyczne wykrycie podpiętych sensorów, gdyż czujniki analogowe zmieniają tylko wartość napięcia wyjściowego i nie wysyłają swoich identyfikatorów. Nie wydaje się to jednak poważnym problemem w sytuacji, gdy przed uruchomie-

niem znane są wymagania projektowe i możliwe jest dostosowanie urządzenia do aktualnych potrzeb.

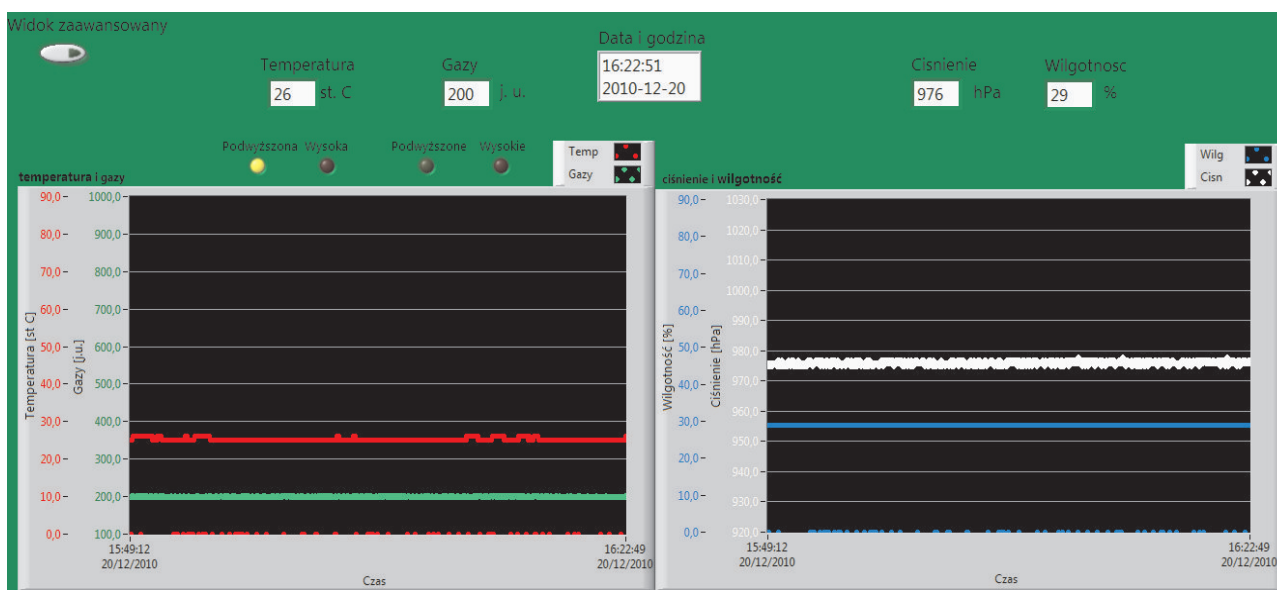
6. TESTY SYSTEMU

W ramach prac przetestowano akwizycję, konwersję i wysyłanie przykładowych danych pomiarowych (atmosferycznych) przez terminal RS-485. Pomiar warunków otoczenia został wykonany przy pomocy następujących czujników:

- cyfrowy termometr protokołu 1WIRE,
- analogowy barometr zmieniający napięcie liniowo wraz ze zmianą ciśnienia,
- analogowy czujnik wilgotności z wyjściem napięciowym,
- analogowy czujnik obecności niebezpiecznych gazów z wyjściem rezystancyjnym.

W celu wizualizacji wyników pomiarów została opracowana aplikacja w środowisku *LabView* (widok panelu operatora systemu przedstawiono na rys. 7). Widoczne są dwa wykresy prezentujące mierzone wartości. Pierwszy zawiera informację na temat temperatury oraz niebezpiecznych gazów, natomiast drugi przedstawia zmiany ciśnienia i wilgotności w czasie. Prezentowane są także chwilowe wartości wymienionych wielkości fizycznych.

Dodatkowo, dla temperatury i gazów, zamieszczone są kontrolki ostrzegawcze w kolorach żółtym i czerwonym, które zapalają się przy przekroczeniu określonych wartości.

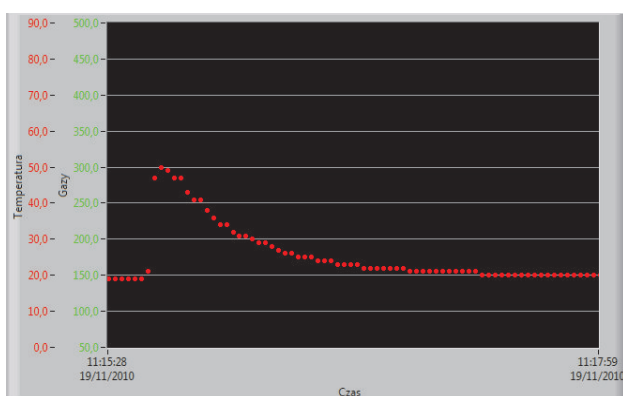


Rys. 7. Panel operatora systemu

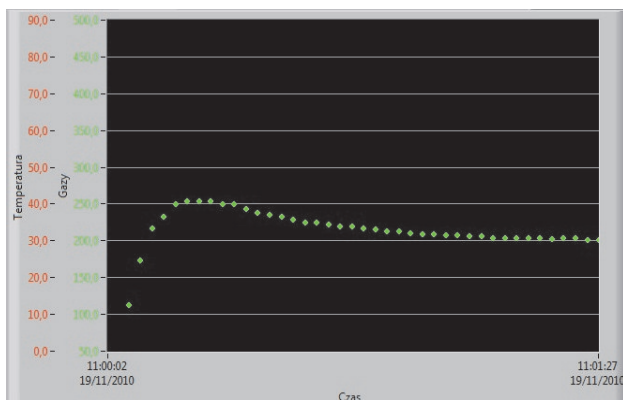
Aplikacja ma za zadanie:

- połączyć się z urządzeniem o podanym adresie przy użyciu protokołu HTTP,
- zażądać pobrania danych z czujników,
- odebrać i zdekodować przesyłane informacje,
- przedstawić wyniki w jasny i czytelny sposób.

Za pomocą systemu pomiarowego zmierzono odpowiedzi czujników na różnorodne pobudzenia. Przykładowo rysunek 8 przedstawia pobudzenie cyfrowego termometru przez nagłe podgrzanie go do wysokiej temperatury. Czujnik posiada bezwładność cieplną wynikającą z rozgrzania obudowy. Powrót do stanu początkowego nastąpił po około 2 minutach.



Rys. 8. Nagłe podgrzanie termometru



Rys. 9. Załączenie czujnika gazów

Innym zbadanym scenariuszem było podłączanie czujnika gazów, który wymaga odczekania pewnego czasu po załączeniu zasilania do uzyskania pełnej funkcjonalności. Pomiar tego parametru przedstawia rysunek 9. Mierzona wartość rośnie od zera (bardzo duża rezystancja początkowa) przez przekłamanie pomiaru w górę (intensywne ogrzewanie czujnika przez wbudowaną grzałkę) do poprawnego wyniku (stabilizacja pracy). Czas osiągnięcia rzeczywistych wartości wyniósł 1 minutę.

W trakcie testów nie zauważono wpływu przeprowadzanych pomiarów na jakość i płynność wyświetlanego obrazu. Zadowolające wyniki otrzymano przy aktualizacji danych nawet co 2 sekundy – poniżej tego czasu pojawiały się opóźnienia wynikające ze zbierania próbek przez terminal pomiarowy oraz ograniczenia prędkości przesyłania danych w interfejsie szeregowym. Wynik ten jest wystarczający dla systemu o charakterze informacyjnym. W przypadku zastosowania układu w systemach sterowania należy rozwinąć go pod kątem szybszej pracy oraz niezawodnej transmisji.

W fazie testów wykryto oraz poprawiono błędne działanie mikrokontrolera sterującego terminalem, poprzez odpowiednie dobranie czasu zegara układu nadzoru (*Watchdog*), dzięki czemu możliwa stała się praca systemu w sposób ciągły – z możliwością rejestracji wyników z okresu nawet wielu godzin.

Zaproponowany system posiada zalety techniczne w stosunku do aplikacji, w których zachodzi potrzeba opracowania dedykowanego protokołu komunikacyjnego, i jest od nich bardziej ekonomiczny.

7. PODSUMOWANIE

Przedstawione w artykule prace były ukierunkowane na integrację czujników używanych w systemach monitoringu. Niedogodności istniejących architektur w tym zakresie zostały zidentyfikowane przez autorów jako czynnik utrudniający wdrożenia systemów wizyjno-pomiarowych na szeroką skalę. Dlatego też w pracy zaproponowano usprawnioną architekturę pomiarową, w której zaawansowane kamery sieciowe są integrowane z szeroką gamą sensorów. Dla zapewnienia tak określonej funkcjonalności zbudowano terminal służący do pomiarów wielkości fizycznych oraz przygotowano oprogramowanie systemu. W przyszłych pracach rozwinięta zostanie aplikacja serwera, co pozwoli na wsparcie procesu decyzyjnego i pracy operatora systemu. Rozwinięcia wymaga też protokół transmisyjny w celu zapewnienia szybkości i niezawodności wymiany danych.

Kamery sieciowe są na ogół droższe niż ich analogowe odpowiedniki, ale oferują więcej możliwości. Wykazano, że oprócz wysokiej jakości oraz megapikselowej rozdzielczości obrazu urządzenia te mogą pracować jako lokalne węzły przetwarzające, niezależne serwery pomiarów, jednostki kontrolujące oraz urządzenia I/O. Proponowane rozwiązanie pozwala na optymalne użycie dostępnych zasobów sprzętowych i sieciowych oraz umożliwia dalsze rozszerzenia istniejących instalacji.

Praca współfinansowana przez Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego w ramach projektu INSIGMA nr POIG.01.01.02-00-062/09.

Literatura

- [1] Axis Communications AB: *Product Interface Guide*. 2006, URL: <http://www.axis.com>
 - [2] Microchip Technology Inc.: *Connectivity Solutions for Embedded Design: USB, Ethernet, Wi-Fi, ZigBee, MiWi, CAN, LIN, IrDA and S-485 Protocols*. 2010, URL: <http://www.microchip.com>
 - [3] Vivotek Inc.: *IP Surveillance Handbook*. Tajwan, 2009, URL: <http://www.vivotek.com>
 - [4] Takeo Kanade, Robert Collins, Alan Lipton, Peter Burt, Lambert Wixson: *Advances in Cooperative Multi-Sensor Video Surveillance*. DARPA Image Understanding Workshop, Monterey, USA, 1998
 - [5] Axis Communications AB: *Technical Guide to Network Video*. Lund, Szwecja, 2009, URL: <http://www.axis.com>
 - [6] Axis Communications AB: *Vapix version 3, HTTP API*. 2006, URL: <http://www.axis.com>
 - [7] Axis Communications AB: *Axis ETRAX 100LX Designer's Reference*. Lund, Szwecja, 2006, URL: <http://www.axis.com>
 - [8] Axis Communications AB: *Axis Network Cameras and Video Servers*. Lund, Szwecja, 2007, URL: <http://www.axis.com>
-