

Mgr inż. Mirosław MAKOWSKI

DOI: 10.17814/mechanik.2015.7.265

Mgr inż. Kamil WACŁAWIK

Dr inż. Konrad SIENICKI

WOJSKOWA AKADEMIA TECHNICZNA

## OPTYMALIZACJA PARAMETRÓW TRANSMISJI OBRAZU NA POTRZEBY SYSTEMU MONITOROWANIA PZR

*Streszczenie: W artykule przedstawiona została metodyka optymalizacji parametrów rejestracji obrazu na potrzeby monitorowania pracy przeciwlotniczego zestawu raketowego w oparciu o wykorzystanie zasobów sieciowych systemu. We wstępie zostały umieszczone podstawowe wymagania postawione systemowi, w kolejnych częściach umieszczony został opis parametrów obrazu, ich dobór oraz ich wpływ na obciążenie sieci systemu.*

## THE IMAGE TRANSMISSION PARAMETERS OPTIMIZATION FOR THE PURPOSE OF SAM MONITORING SYSTEM

*Abstract: The article presents the image acquisition parameters optimization for monitoring anti-aircraft missile system work based on the use of network resources. In the introduction, the basic requirements have been placed, in the following sections image parameter description of their choice and their impact on the network load of the system was placed.*

*Słowa kluczowe: systemy wizyjne, system obiektywnej kontroli*

*Keywords: vision systems, objective control system*

### 1. WPROWADZENIE

System monitorowania Przeciwlotniczego Zestawu Raketowego powinien realizować szereg zadań opisanych jako wymagania taktyczno-techniczne systemu [1]. Wymagania te opisują cechy, które powinien posiadać wykorzystywany rejestrator obrazu. Wybrane funkcje, które system powinien zapewnić, zostały przedstawione poniżej:

- a) kompresja wideo kodekiem H.264 lub MPEG-4 pozwalająca na zapis większej ilości danych wideo przy tej samej objętości dysku twardego;
- b) możliwość ustawienia parametrów nagrywania indywidualnie dla każdego kanału (kamery);
- c) możliwość wyboru dowolnej grupy kamer do podglądu powinna być definiowana z poziomu menu oraz podział ekranu i wyświetlanie obrazu ze wszystkich kamer;
- d) wykrywanie utraty sygnału wideo, detekcja ruchu w predefiniowanych obszarach pola widzenia kamery;

- e) możliwość wyzwalania nagrywania zdarzeniem lub nagrywanie w trybie ciągłym;
- f) możliwość definiowania okresów czuwania urządzenia na pojawienie się sygnału alarmowego;
- g) możliwość zdalnej obsługi, archiwizacji danych, konfiguracji parametrów rejestratora, podglądu stanu urządzenia, zdalne załączanie i wyłączenie nagrywania itp.

Jednym z najważniejszych kryteriów pracy systemu jest obciążenie sieci lokalnej wykorzystywanej do przesyłania obrazu oraz danych z kamer. Koncepcja budowy systemu monitoringu została przedstawiona w [2]. Praca koncentruje się na przedstawieniu zmian obciążenia sieci podczas dostosowywania parametrów obrazu do pracy w PZR. W części drugiej przedstawione zostaną parametry strumienia obrazu podlegające modyfikacjom, w części trzeciej opisany zostanie dobór formatu kodowania wideo, część czwarta przedstawia dobór parametru, przepływności (bitrate). Przedstawione zostaną przebiegi obciążenia sieci przy zmianie różnych ustawień rejestracji obrazu.

## 2. PARAMETRY STRUMIENIA OBRAZU PODLEGAJĄCE MODYFIKACJI

Poniżej omówione zostaną najczęściej spotykane parametry, jakie użytkownik może wybrać oraz regulować.

**Typ strumienia** – w większości rejestratorów do sieci wysyłanych może być kilka niezależnych strumieni. Strumień główny jest utożsamiany z ustawieniami rejestracji lokalnej w urządzeniu.

**Typ strumienia – Wideo lub Audio i Wideo.** Dzięki tej opcji można limitować wysyłanie dźwięku z rejestratora poprzez infrastrukturę sieci. Opcje ustawień nagrywania dźwięku są dostępne jedynie z poziomu menu lokalnego. Strumień audio jest znikomo mały w porównaniu do potrzeb przepustowości sieci, jakiej wymaga strumień wideo, dlatego tę opcję należy traktować jedynie jako dodatkowe zabezpieczenie przed wysyłaniem niepożądanych danych.

**Rozdzielczość** – ilość pikseli dla jednej klatki obrazu.

**Przepływność (bitrate)** – zmienna lub stała. Rejestrator potrafi wykryć parametry sygnału analogowego z kamer i dopasować stopień kompresji urządzenia (zwiększyć ilość bitów definiujących jedną sekundę nagrania), przez co obraz transmitowany w sieci, a także rejestrowany, jest wysokiej jakości.

**Maksymalna przepływność (maksymalny bitrate)** – określa, jaką maksymalnie ilość bitów na sekundę powinien osiągnąć kompresowany strumień obrazu. Wartość ta, z racji charakteru kompresji H.264, jest szacunkowa i może zostać przekroczona.

**Ilość klatek na sekundę** określa prędkość zapisu. Dla ludzkiego oka obraz płynny to 25 kl./s. Jednak urządzenia mogące zapisać tak płynny obraz z 8 lub 16 kanałów jednocześnie są drogie. Stosowanie ich ma uzasadnienie w przypadku, gdy potencjalne rejestrowane sytuacje charakteryzować się mogą wysoką dynamiką i zmiennością sceny.

**Jakość wideo** to parametr aktywny wówczas, gdy wybrana jest opcja VBR. Im wyższa jakość wideo, tym niższy priorytet zachowania większej kompresji obrazu. W przypadku monitoringu CCTV rejestratory dla opcji VBR automatycznie dostosowują jakość obrazu i nie pozwalają na jej obniżenie poniżej fabrycznie ustawionego progu.

**Typ klatek, odstęp ramek „I”** – ustawienia strumienia. Parametry te odnoszą się do rodzaju strumienia transmitowanego przez sieć z rejestratora do PC. Część rejestratorów pozwala na konfigurację tego parametru. Liczba ramek typu „I” wpływa na jakość wideo, lecz jednocześnie zmienia zapotrzebowanie na moc obliczeniową potrzebną do dekodowania strumienia przez komputer odbiorcy. W większości przypadków ustawienia te są zastrzeżone i strumień jest automatycznie generowany przez urządzenie.

### 3. DOBÓR FORMATU KODOWANIA WIDEO

Jednym z najważniejszych parametrów kamery jest format wideo. W stosowanych w systemie kamerach do wyboru są dwa typy formatu: H.264 oraz MJPEG. Oba formaty wideo zostaną krótko scharakteryzowane:

**H.264** – Obecnie najpopularniejszy i najwydajniejszy standard kompresji. H.264 zawdzięcza swoją wydajność wykorzystaniu metod przewidywania i estymacji wybranych klatek obrazu [3]. Normalny, niezakodowany strumień wideo składa się z klatek obrazu wyświetlanych jedna po drugiej w odpowiedniej sekwencji w czasie (rys. 1).



Rys. 1. Normalny strumień wideo bez kompresji

W H.264 wyróżnić możemy 3 rodzaje ramek: **I** – Intra Coded, **P** – Predictive, **B** – Bi-predictive. Ramki **I** zawierają kompletne informacje o danym obrazie, bez kodowania, ramki **P** niosą w sobie informacje o zmianach pomiędzy sąsiednimi ramkami **P** lub **I**, a właściwy obraz tworzony jest na podstawie tych informacji, ramki **B** są uzupełnieniem informacji o zmianach obrazu w czasie i mają za zadanie upłynnić przejście pomiędzy ramkami **P** i **P**, **I** i **P**. Rozmiar poszczególnych ramek zależy od wielu czynników, lecz przyjąć można, że ramki **P** stanowią około 60% rozmiaru ramek **I**, a ramki **B** mogą mieć nawet tylko 10% ich objętości.



Rys. 2. Kodowany strumień wideo



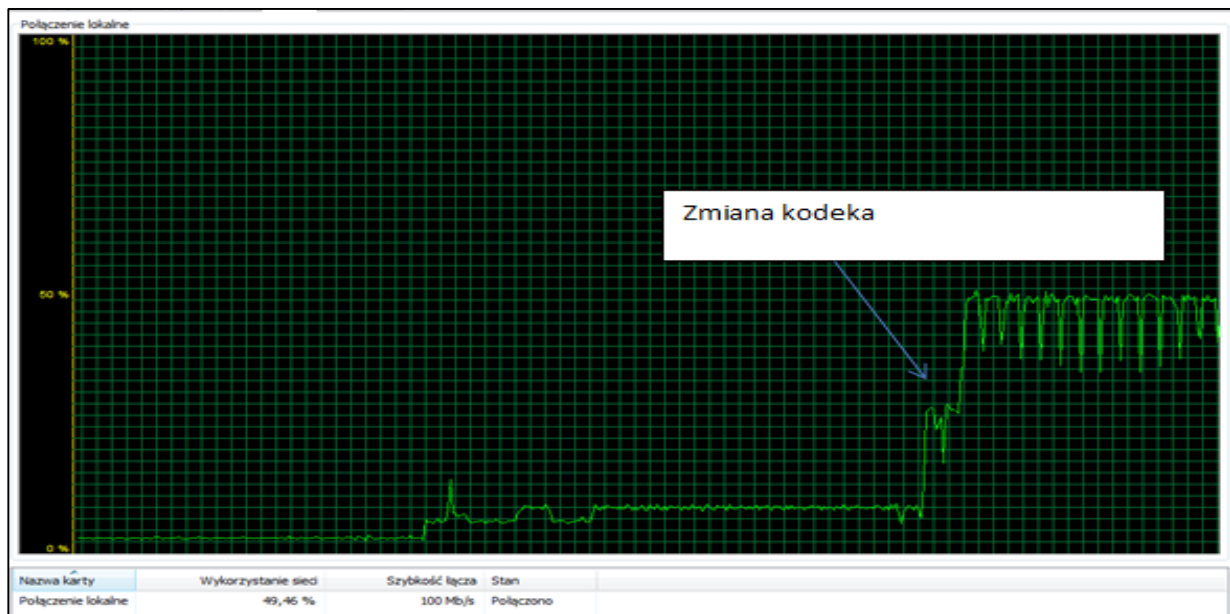
Rys. 3. Dekodowany – wyświetlany strumień wideo

Algorytm H.264 jest skomplikowany. Występuje kilka rodzajów i stopni kompresji, a rozkodowanie strumienia wymaga dość dużej mocy obliczeniowej.

**MJPEG** – w multimediami Motion JPEG (M-JPEG lub MJPEG) to format kompresji wideo, w którym poszczególne klatki wideo skompresowane są oddzielnie jako obrazy JPEG. Jest to metoda kompresji statycznych obrazów rastrowych, przeznaczona głównie do stratnego zapisu obrazów naturalnych (pejzaży, portretów itp.), charakteryzujących się płynnymi przejściami barw oraz brakiem lub małą ilością ostrych krawędzi i drobnych detali. Algorytm kompresji używany przez JPEG jest algorytmem stratnym, tzn. w czasie jego wykonywania tracąca jest bezpowrotnie część pierwotnej informacji.

Użyta transformata powoduje efekty blokowe w przypadku mocno skompresowanych obrazków. Wielką innowacją algorytmu JPEG była możliwość kontroli stopnia kompresji w jej trakcie, co umożliwia dobranie jego stopnia do danego obrazka, tak aby uzyskać jak najmniejszy plik, ale o zadowalającej jakości.

Na poniższym rysunku (rys. 4) przedstawiono zmianę obciążenia sieci po zmianie formatu wideo z H.264 na MJPEG.



Rys. 4. Obciążenie sieci przy zmianie formatu wideo H.264 na format MJPEG

Zmiana kodeka na MJPEG powoduje duży wzrost obciążenia sieci z 6,3% do ponad 40%, dla następnych parametrów będzie wykorzystywane kodowanie H264, gdyż zużywa ono mniej zasobów.

#### 4. DOBÓR PARAMETRU PRZEPLYWNOŚCI

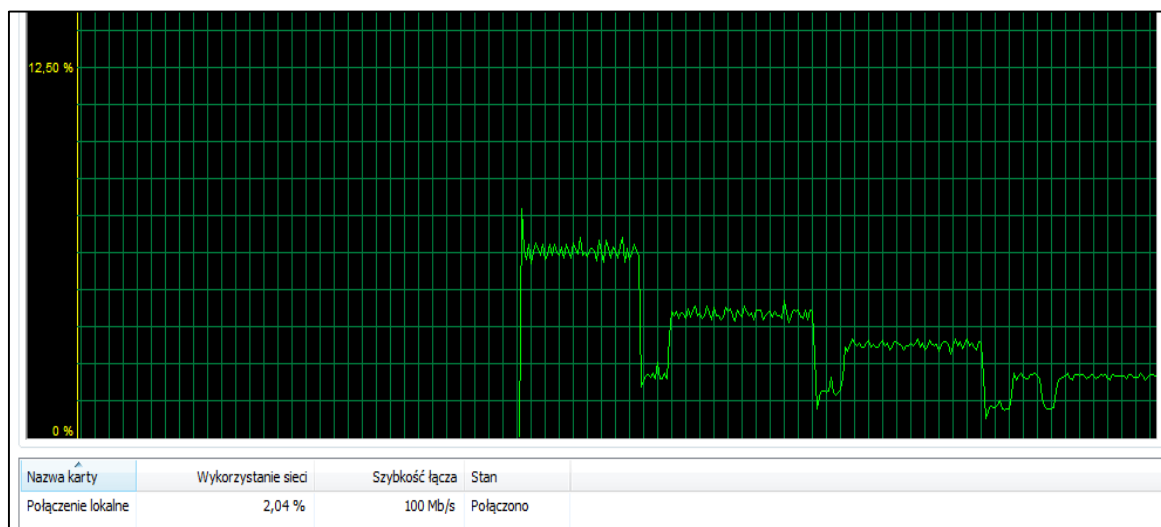
System Monitoringu montowany może być w różnej lokalizacji, dlatego każdorazowo parametry kodowania powinny być ustawiane dla rzeczywistego obrazu. Obraz wyświetlany przez rejestrator „na żywo” nie jest skompresowany, dlatego efekt zmian parametrów

zauważyć można przy transmisji przez sieć lub odtwarzając nagrania. Poniżej rozpatrywane będą dwa kryteria dobru prędkości:

- ustawienia parametrów wideo, aby jakość była jak najlepsza i optymalnie dostosowana do przepustowości sieci;
- wielkość łącza, aby zdalnie móc korzystać z rejestratora.

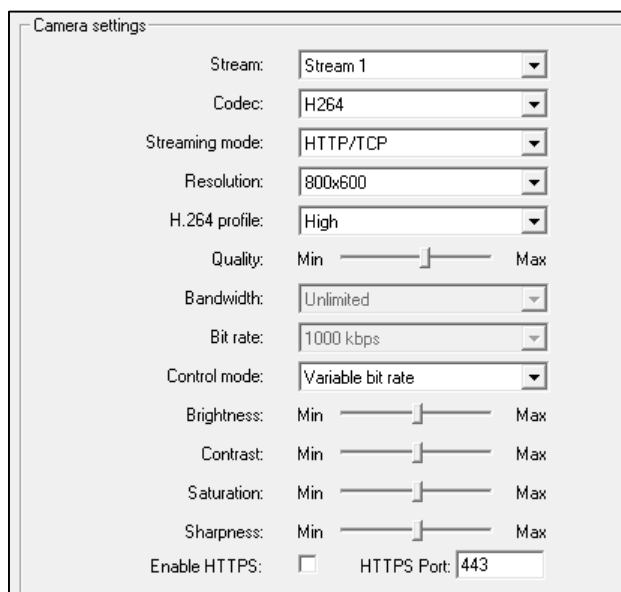
Pierwszym kryterium, jakim należy się kierować przy ustawianiu parametrów rejestratora, jest jakość nagrywanego materiału. System monitoringu ma zapisywać dane, które służyć mają do późniejszej identyfikacji zdarzeń. W drugiej kolejności pod uwagę należy brać ciągły, zdalny nadzór, gdyż do tego celu nie jest konieczna najwyższa jakość wideo. Rozdzielczość powinna być dobrana zależnie od sceny, jaką widzi kamera. Ilość klatek na sekundę, jaką wybrać powinien użytkownik, powinna być uzależniona od szybkości zmian zdarzeń widzianych przez kamerę. Zwykle jest to wartość maksymalna oferowana przez rejestrator przy najwyższej rozdzielczości.

Bitrate oraz ustawienia odstępu ramek typu I są ze sobą ściśle związane. W związku z tym, że obraz w kompresji H.264 składa się z klatek kompresowanych oraz z klatek generowanych na podstawie (między innymi) wektorów przemieszczeń, należy pamiętać, że ustawienia kompresji zależą muszą od dynamiki obrazu. Bitrate odnosi się zarówno do transferu danych przez sieć, jak i do stopnia kompresji zapisywanego lokalnie strumienia wideo. Ustawienia bitrate'u dla tych samych rozdzielczości mogą być inne, jeśli kompresowany obraz jest mniej lub bardziej szczegółowy. Wszystkie operacje regulacji bitrate'u, rozdzielczości i ilości klatek na sekundę są bezpośrednio związane z możliwym czasem archiwizacji przy określonej przestrzeni dyskowej. Poniżej przedstawiono obciążenia sieci przy zmianach bitrate: 3000 kbps, 2000 kbps, 1500 kbps, 1000 kbps:



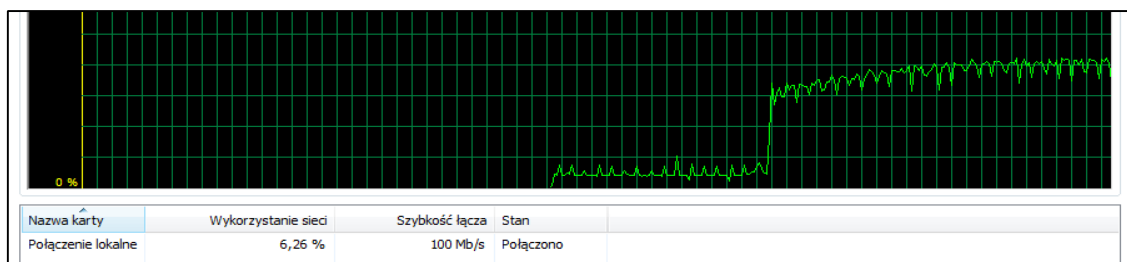
Rys. 5. Zmiany obciążenia sieci dla odpowiadających im wartości Bitrate

Dla wybranych wartości przesyłu bitrate obciążenie sieci jest stałe i wynosi od ok 6,5% do około 2% dla 1000 kbps. Na obciążenie sieci nie wpływają wówczas pozostałe parametry, jak jakość oraz rozdzielczość. Do analizy w poniższych przypadkach wykorzystano zmienną wartość Bitrate – variable Bitrate. Poniżej przedstawiono okno ustawień dla tego parametru:



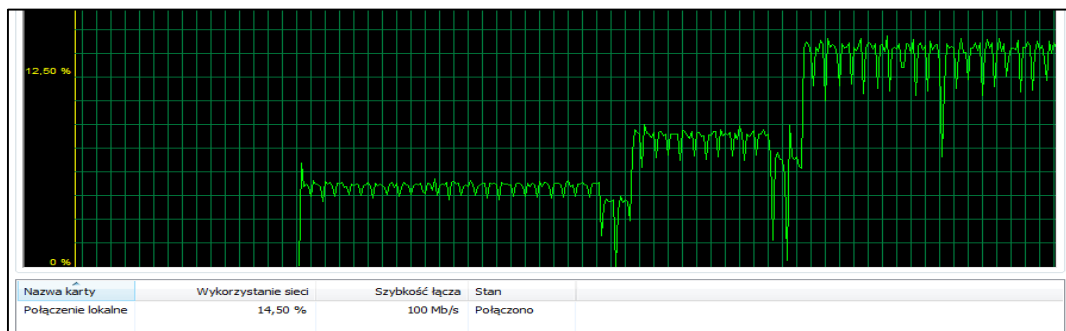
Rys. 6. Ustawienia obrazu dla zmiennej wartości Bitrate

Zwrócono również uwagę na to, że ze względu na rodzaj wybranego formatu wideo (H.264) obciążenie sieci (wielkość ramki) zależy od rodzaju oświetlenia. Przy oświetleniu światłem jarzeniowym – lampa fluorescencyjna, częstotliwość migania światła jest wychwytywana przez kamerę, każda klatka ma inne natężenie oświetlenia, przez co kompresja nie jest tak efektywna. Porównanie obciążenia dla oświetlenia światłem jarzeniowym oraz światła naturalnego przedstawiono na rysunku 7.



Rys. 7. Zmiany obciążenia sieci wywołane zmianą oświetlenia

Dalsze badania przeprowadzono z oświetleniem sztucznym jako bardziej obciążającym sieć. Następnie zbadano obciążenie sieci dla zmiennej wielkości przepływności *Variable bitrate* – dla ustawień: 800 x 600 -> 1024 x 768 -> 1280 x 720, wyniki tych badań przedstawiono poniżej (rys. 8).



Rys. 8. Zmiany obciążenia sieci dla różnych ustawień parametru rozdzielczości

Następnym parametrem podlegającym zmianom był parametr „quality” – jakość. Przy jego zmianie obraz zmienia swoją jakość, dla porównania poniżej przedstawiono dwa obrazy z wysoką jakością oraz niską jakością (rys. 9 i rys. 10).

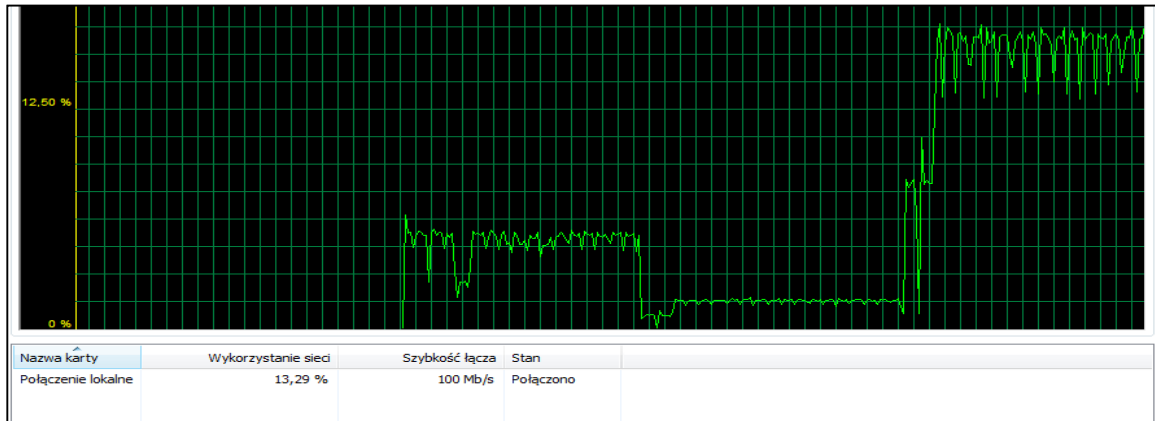


Rys. 9. Niska wartość parametru quality



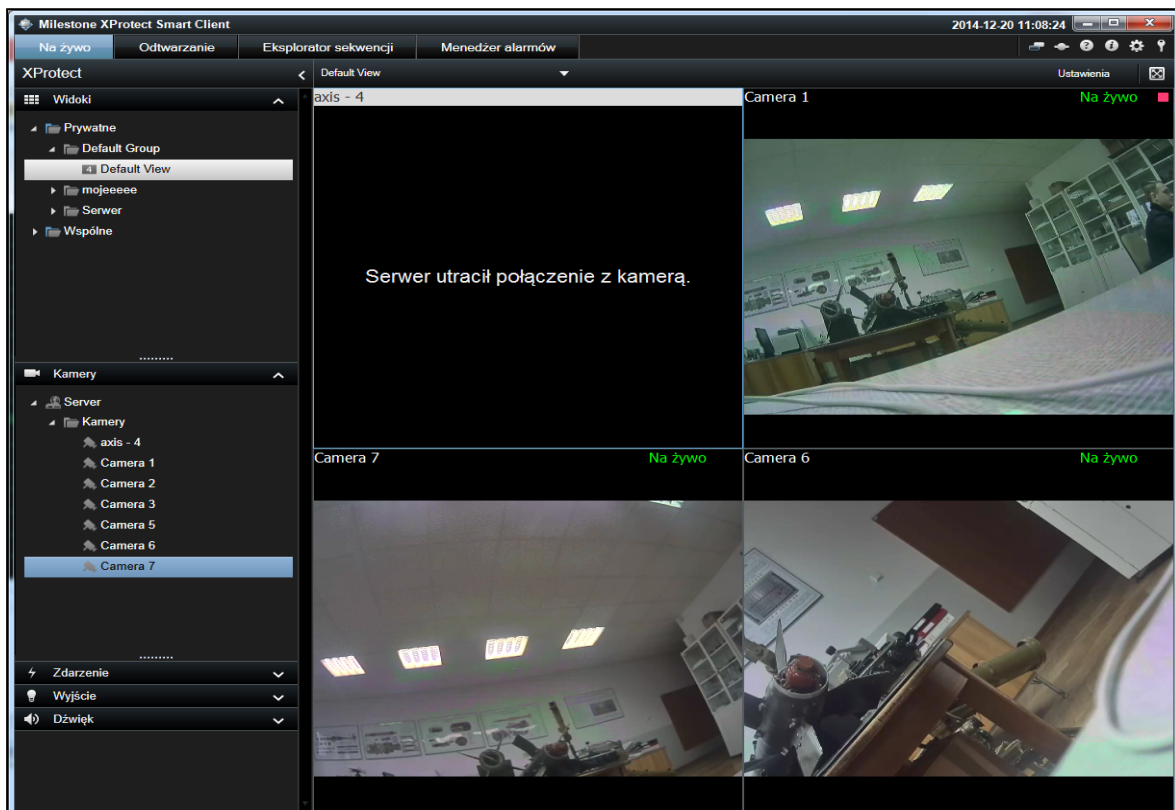
Rys. 10. Wysoka wartość parametru quality

Na rysunku 9 wyraźnie widać spadek jakości względem rysunku 10. Krawędzie stają się mniej wyraźne a sam rysunek mniej czytelny. Zmianom tego parametru odpowiadają zmiany obciążenia sieci jak na rysunku 11.



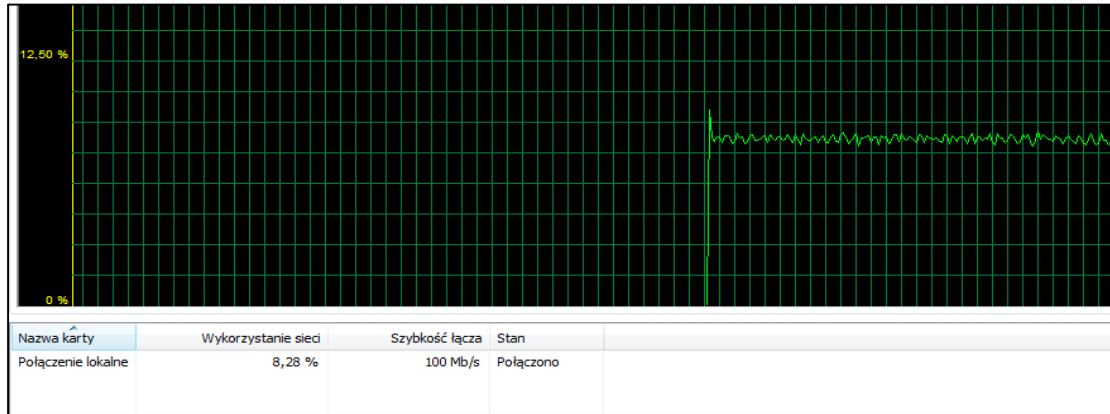
Rys. 11. Zmiany obciążenia sieci przy zmianie wartości parametru jakości

Ostatnim etapem jest przesłanie obrazu z kamer do klienta programu Milestone. Na poniższym rysunku przedstawiono obraz przesyłany z trzech kamer do programu klienckiego oraz obciążenie sieci (rys. 12 i rys. 13).



Rys. 12. Obraz z kamer w programie klienckim Milestone





Rys. 13. Obciążenie sieci przy podłączonych trzech kamerach

## 5. PODSUMOWANIE

W opracowaniu przedstawione i scharakteryzowane zostały podstawowe parametry wpływające na pracę systemu monitoringu przeciwlotniczego zestawu raketowego. Prezentowane wyniki obciążenia sieci pozwalają na dobór parametrów rejestracji w taki sposób, aby spełniała ona założenia przyjęte przez użytkownika systemu. W wyniku przeprowadzonego szeregu badań oraz testów obciążenia dobrano format kodowania wideo H.264 ze względu na jego większą efektywność względem MJPEG (zmiana obciążenia z 12 Mb/s do ponad 40 Mb/s dla MJPEG) oraz dobór rozdzielczości na poziomie 1024 x 768 lub 1280 x 720 (rys. 8) przy wysokiej jakości obrazu (rys. 9 i 10). Dalsze zwiększanie rozdzielczości nie wnosi ze sobą nowej informacji dla użytkownika systemu ze względu na warunki pracy zestawu raketowego, natomiast powoduje znaczne zwiększenie obciążenia sieci informatycznej. Przedstawione zoptymalizowane ustawienia pozwalają na uruchomienie systemu monitoringu na PZR realizujących zadania bojowe na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2012-2015 jako projekt rozwojowy Nr OROB 0049 0302 pt.: *System bezpieczeństwa lądowego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych w Ustce obejmujący wybrane – najważniejsze obiekty/miejsca na poligonie.*

## LITERATURA

- [1] *Założenia taktyczno-techniczne na system bezpieczeństwa lądowego na Centralnym Poligonie Sił Powietrznych.*
- [2] Waclawik K., Sienicki K., Motyl K., Rodzik D.: *Komputerowy system obiektywnej kontroli pracy bojowej zestawów raketowych, z uwzględnieniem specyficznych warunków ergonomii środowiska pracy*, „Mechanik” nr 7/2014, s. 703-712.
- [3] <http://www.dipol.com.pl>