

Marek Sumiła¹, Zbigniew Kasprzyk²

Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej, Zakład Telekomunikacji w Transporcie

Koncepcja wykorzystania inteligentnych kamer IP do wspomagania nadzoru wizyjnego ITS

1. WPROWADZENIE

Pojęcie kamera IP zostało wprowadzone dla odróżnienia kamer posiadających interfejs umożliwiający bezpośrednie podłączenie do sieci internetowej. Kamery tego typu zostały stworzone na potrzeby systemów nadzoru wizyjnego określanych mianem telewizji przemysłowej lub telewizji w układzie zamkniętym CCTV (*Closed Circuit Television*). CCTV są traktowane, jako systemy specjalnego przeznaczenia, gdyż celem ich stosowania stała się zdalna obserwacja wizyjna obiektów lub procesów, w których człowiek nie jest fizycznie w stanie asystować.

Wraz z rozwojem technologii, wprowadzeniem kolejnych generacji przetworników wizyjnych, jakość uzyskiwanych obrazów za pośrednictwem systemów nadzoru wizyjnego stała się na tyle satysfakcjonująca, a przy tym tania, że zaczęto ją stosować dla potrzeb nadzoru miast, arterii komunikacyjnych oraz procesów transportowych. Wprowadzenie kamer o rozdzielczościach HD oraz głowic obrotowych wyposażonych w magnetyczne układy sterowania umożliwiły operatorom centrów nadzoru wizyjnego szybki i wierny obraz miejsc i odcinków dróg, dając tym samym większą kontrolę nad sytuacją, w przypadku wystąpienia zagrożeń.

Współczesne centra nadzoru wizyjnego mają często dostęp do bardzo dużej ilości kamer umiejscowionych w różnych częściach miast. Do obserwacji takiej ilości źródeł wymagany jest szereg urządzeń krosujących i rejestrujących obrazy wizyjne w celu lepszego wykrywania zdarzeń mających miejsce w polu obserwacji systemu. Pomimo zastosowania wielu nowoczesnych rozwiązań technicznych, jak również operatorów nadzorujących sytuację na drogach, wciąż duża liczba zdarzeń umyka uwadze człowieka i tylko dzięki rejestracji, w procesie postprocessingu zostaje odtworzona i na tej podstawie wnioskowana.

Przyczyną tego stanu rzeczy jest oczywisty nadmiar informacyjny, który negatywnie wpływa na możliwości percepcyjne człowieka. W tej sytuacji należy zwrócić uwagę na możliwości współczesnych kamer IP posiadających wbudowane algorytmy analizy obrazu i ocenić korzyści wynikające z ich zastosowania w nadzorze miast i arterii komunikacyjnych.

2. 2. KAMERY IP NA TLE TECHNIKI CCTV

Kamery stosowane w tradycyjnych systemach nadzoru wizyjnego są wyposażone w układy elektroniczne zapewniające dostosowanie sygnału wizyjnego uzyskiwanego z przetwornika dla potrzeb transmisji w systemie transmisji telewizyjnej PAL lub NTSC. Pomimo tego, iż technologia analogowa została już dobrze opanowana, a dostępność i wielkość asortymentu rozwiązań sprawia, że elementy systemów CCTV dobrze ze sobą współpracują, to jednak technologia ta ma poważne ograniczenia, do których można zaliczyć:

- brak możliwości przekazywania obrazów o wyższych rozdzielczościach,
- problem z transmisją sygnału na duże odległości
- problem z zakłóceniami na drodze przekazu sygnałów,

¹ sumila@it.pw.edu.pl

² zka@it.pw.edu.pl

- problem z rozbudową istniejących systemów,
- problem z nadzorem zdalnym i zapotrzebowaniem na pasmo teletransmisyjne.

Jako rozwinięcie wymienionych tu ograniczeń można rozważyć aspekt kabla sygnałowego, którym jest kabel koncentryczny np. RG59/BU [5]. Odległości, dla których możliwe jest przekazywanie sygnału wizyjnego jest ściśle zależne od rozdzielczości kamery wyrażonej w liniach (TVL), a przekładającej się na szerokość pasma teletransmisyjnego potrzebnego na przekazanie informacji wizyjnej. I tak (wg danych uzyskanych od producenta) dla:

- 330 TVL / 3.1 MHz - 209m
- 400 TVL / 3.7 MHz - 188m
- 470 TVL / 4.4 MHz - 178m
- 570 TVL / 5.3 MHz - 159m
- 700 TVL / 6.5 MHz - 144m
- 800 TVL / 7.5 MHz - 135m

Przedstawione powyżej wyniki nie należą do zadowolających szczególnie, gdy miejscem zastosowania nadzoru wizyjnego jest miasto, czy autostrada. W takich wypadkach konieczne staje się zastosowanie konwerterów sygnałów wizyjnych do postaci umożliwiającej transmisję w medium światłowodowym lub drogą radiową.

Pomimo wprowadzonych, stosunkowo niedawno, przetworników DSP umożliwiających uzyskanie wyższej jakości obserwowanego obrazu podczas niekorzystnych warunków oświetleniowych, takich jak oślepienie kamery, bądź „ukrycie obiektu obserwowanego w cieniu”, nie jest możliwe uzyskanie obrazu o wyższej rozdzielczości ze względu na ograniczenie ilości linii opisującej analogowy system PAL, czy NTSC.

Wprowadzenie kamer IP umożliwiło zerwanie ze wieloletnim przywiązaniem to analogowej techniki transmisji obrazu na rzecz techniki cyfrowej kodowania obrazów i transmisji strumieniowej, zgodnej ze standardami znanymi w transmisji obrazów TV cyfrowej i w Internecie. Początkowo były to kodeki MPEG-1 i MPEG-2, z czasem, dzięki szybkim procesorom kodującym obraz z przetwornika (w czasie rzeczywistym), umożliwił wprowadzenie standardów kompresji dużych rozdzielczości MPEG-4 i H.264.

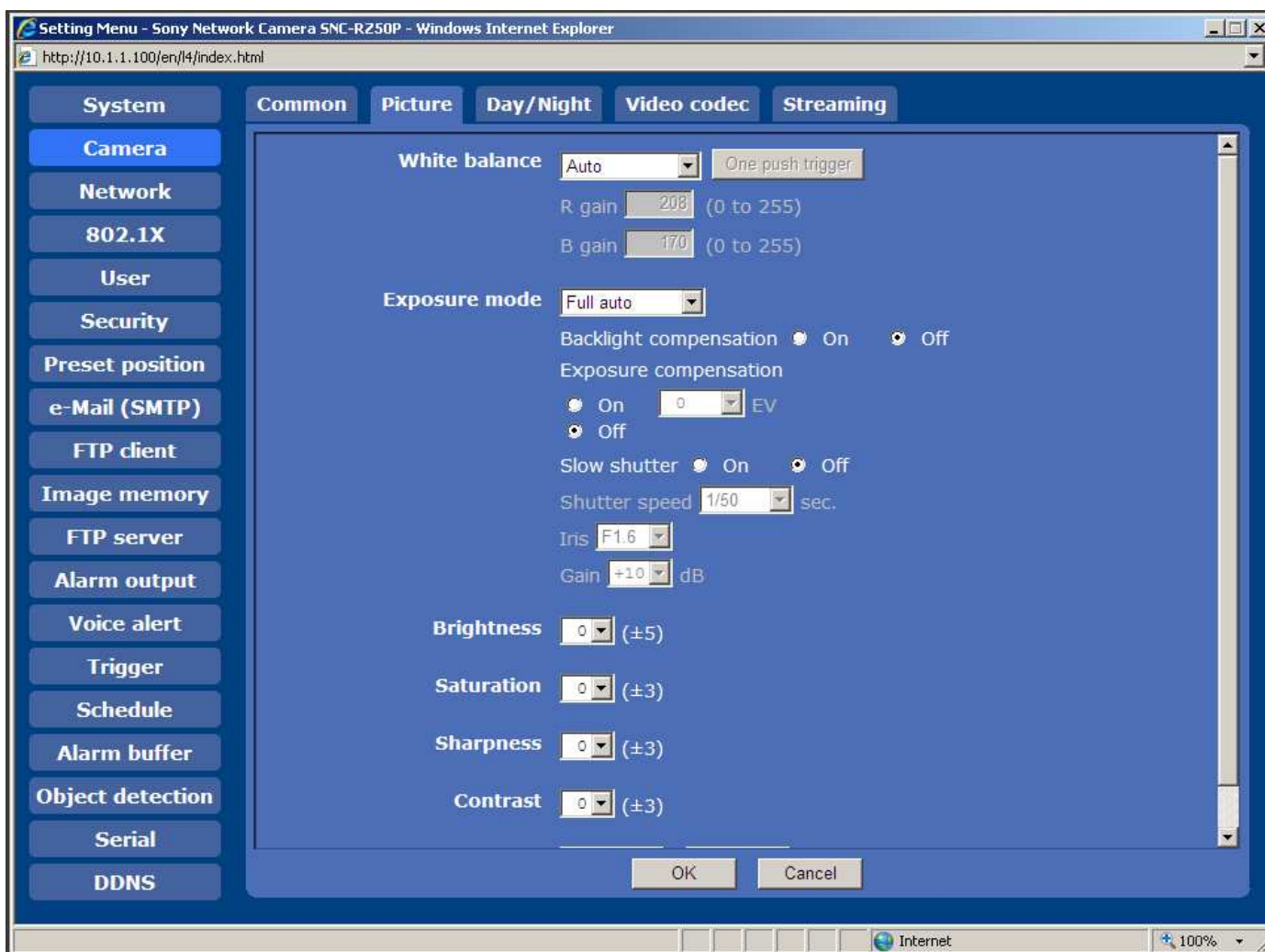
Systemy kamer IP oferują funkcje niedostępne w rozwiązaniach analogowych, do których należy zaliczyć:

- zwiększenie rozdzielczości rejestrowanych i przekazywanych obrazów do niemalże dowolnych rozdzielczości (ograniczeniem jest zastosowany standard kodowania obrazu oraz szerokość pasma transmisji z kamery),
- stałą jakość obrazu, niezależnie od warunków pracy urządzeń i poziomu zakłóceń,
- możliwość transmisji sygnałów na znaczne odległości bez pogorszenia jakości obrazów,
- gwarancję bezstratnej rejestracji materiału wizyjnego i możliwość wielokrotnego kopiowania bez pogorszenia jakości obrazów,
- możliwość wielokrotnego wykorzystania tego samego sygnału wizyjnego w miejscach oddalonych od siebie geograficznie,
- możliwość dwukierunkowej komunikacji z kamerą, nie tylko w sensie konfiguracji, ale także w sensie realizacji funkcji użytkowych,
- możliwość realizacji funkcji detekcji ruchu i funkcji alarmowych z poziomu kamery.
- możliwość buforowania danych w kamerze,
- możliwość dwukierunkowej transmisji dźwięku.

Zastosowanie technologii IP ograniczyło zakres odpowiedzialności za łącze wyłącznie do odcinków pomiędzy kamerą, a stykiem z siecią internetową oraz między siecią internetową, a centrum nadzoru. Dodatkową korzyścią płynącą z zastosowania IP, jako medium komunikacji kamery, stało się proste

zagwarantowanie redundancji połączenia kamery z siecią poprzez łącze kablowe oraz radiowe np. w jednym ze standardów IEEE 802.11, o ile są one wbudowane w urządzenie.

Do podstawowych zmian odróżniających dotychczasową technologię CCTV od IP stała się współpraca i zarządzanie pracą kamer IP. Jest to obecnie środowisko sieci internetowej. W celu zagwarantowania takiej funkcjonalności, każda kamera IP posiada wewnętrzny serwer WWW, który umożliwia zdalny nadzór i zarządzanie funkcjami kamery. Jest to poważne udogodnienie w stosunku do kamer analogowych, w których wszelkie zmiany parametrów wymagały osobistej ingerencji instalatora w urządzenie. Obecnie operator jest w stanie dokonać zmian w ustawieniach automatyki kamery, tj. obiektywu, położenia, dokonać wyboru kodeka, sposobu przekazywania informacji o bieżącej sytuacji lub alarmach (istnieje tu możliwość przysyłania zdjęć na serwer FTP lub wskazaną skrzynkę poczty elektronicznej), zapisywaniu w pamięci wewnętrznej tzw. prealarmów, czyli zdarzeń poprzedzających bezpośrednio wystąpienie alarmu, nadawanie uprawnień dostępu do funkcji kamery, itd.



Rys. 1. Okno zdalnej konfiguracji kamery IP firmy Sony

Źródło: opracowanie własne.

W przypadku kamer IP istotną kwestią stał się powszechny dostęp do urządzenia z dowolnego miejsca na świecie. Z tego też względu kamery IP są wyposażone w rozwiązania umożliwiające szyfrowanie transmisji, tunelowanie kanału przekazu treści oraz system zabezpieczenia dostępu hasłem.

Aktualnie wskazuje się trzy generacje kamer IP. Urządzenia pierwszej generacji oferowały swoim nabywcom jakość obrazu zgodną ze standardem motion JPG lub mpeg. Były więc zgodnej z analogowymi systemami CCTV pod względem rozdzielczości obrazu. Dodatkowo, możliwe było sterowanie podstawowymi parametrami motor-zoom oraz głowicy obrotowej, do której była przytwierdzona kamera. Kamery drugiej generacji zostały wzbogacone o dodatkowe standardy kodowania łącznie ze standardem

mpeg-4, jak również komunikację za pośrednictwem PoE. Począwszy od drugiej generacji kamer IP większą wagę zaczęto zwracać na miniaturyzację oraz bezpieczeństwo kamery rozumianej jako security. Trzecia generacja kamer IP to, w dzisiejszym rozumieniu, dojrzałe rozwiązania wyposażone w najnowszy kodek wideo H.264, procesory DSP, pełną automatykę oraz wstępną analizę obrazu.

3. INTELIGENCJA W KAMERACH IP

Termin inteligencja według encyklopedii PWN oznacza „*cechę umysłu warunkującą sprawność czynności poznawczych, takich jak myślenie, rozwiązywanie problemów, (...) znajdowanie najtrafniejszego postępowania w nowej dla niego sytuacji i zadań*” [1].

W przypadku urządzeń, inteligencja jest rozumiana jako element wyposażenia software'owego wykorzystującego zasady heurystyczne, sieci neuronowe, systemy ekspertowe, itp. i na podstawie tych elementów podejmowanie działania.

Termin inteligentne kamery stosowany jest w stosunku do kamer rozbudowanych, wewnętrznie, o dodatkowe układy mikroprocesorowe, których zadaniem jest wstępna analiza rejestrowanego obrazu. Analiza ta jest silnie uzależniona od przyjętych algorytmów filtracji obrazu oraz mocy jednostki obliczeniowej, jednak podstawowym kryterium jest praca w czasie rzeczywistym, czyli z opóźnieniem nieprzekraczającym pojedynczych klatek.

Celem, dla którego wprowadzono inteligentne kamery IP stało się rozpoznawanie potencjalnych zagrożeń i alarmowanie o tym fakcie osoby upoważnione. W założeniu, wpływa to bezpośrednio na zwiększenie jakości nadzoru poprzez automatyczną aktywację alarmów w chwilach występowania zagrożeń. Umożliwia to, osobom pracującym w nadzorze wizyjnym, na skupieniu uwagi na ekranach wyświetlających niepokojące treści.

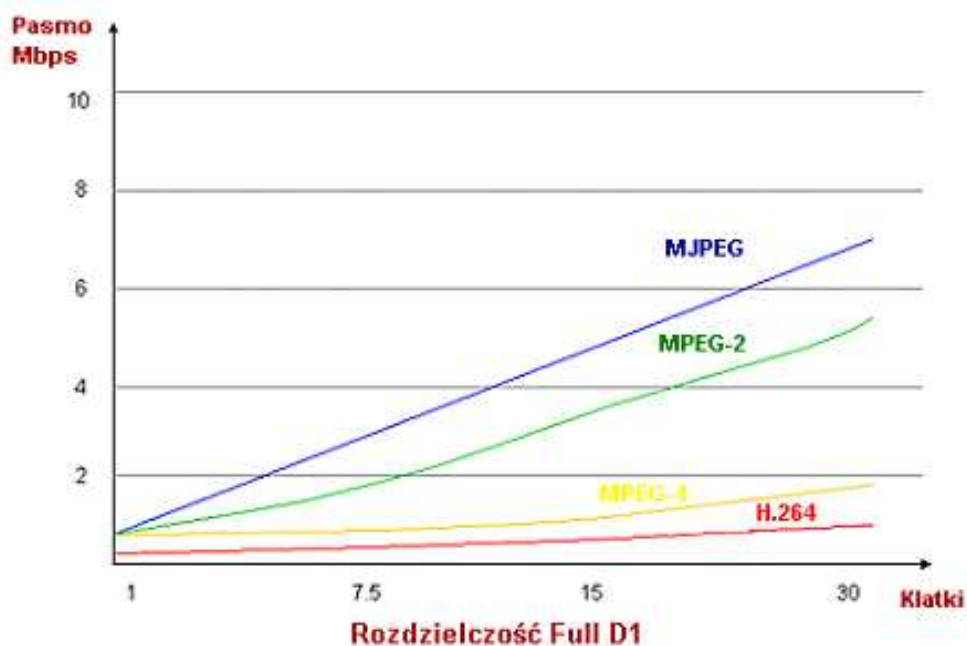
Inteligentne wykrywanie zagrożeń ma również wpływ na oszczędność powierzchni serwerowych przy założeniu, że nagrania w chwilach, w których nie wystąpił alarm są nagrywane z mniejszą rozdzielczością lub z większą kompresją obrazu.

Inną korzyścią wynikającą z przejścia od technologii analogowej do cyfrowej stała się oszczędność czasu potrzebnego na przeszukiwanie zarejestrowanych materiałów. Zapis materiałów wideo w postaci cyfrowej, podobnie jak w przypadku nowoczesnych magnetowidów poklatkowych VHS, dopisywanie znaczników w miejscach wystąpienia alarmu, jednak tu możliwe stało się również opisywanie, zestawianie w listach, a nade wszystko natychmiastowy dostęp do wybranych zdarzeń, gdyż w przeciwieństwie do tradycyjnych taśm VHS, przeszukiwanie nagrań wymaga odwołania się do odpowiedniego miejsca na dysku twardym rejestratora.

Wymieniając listę korzyści wynikających z zastosowania techniki cyfrowej i technologii internetowych w kamerach IP należy wskazać wreszcie aspekt oszczędności w zapotrzebowaniu na pasmo teletransmisyjne z racji wykorzystania wspomnianych wyżej kodeków uzyskuje się oszczędność pasma dochodząca nawet do 90%. Wyniki badań przedstawiono na rys. 2.

Inteligencja w kamerach IP stanowi poważne wyzwanie dla matematyków i informatyków, gdyż jej skuteczność umożliwia wykrywanie w obrazie ruchomym zdarzeń stanowiących potencjalne zagrożenie.

Podstawowym elementem tych algorytmów jest tzw. *motion detection* określane jako proces, którego celem jest potwierdzenie zmiany położenia obiektu w stosunku do otoczenia lub zmianą otoczenia w stosunku do obiektu. Proces ten osiąga się metodami najczęściej elektrycznymi, choć często w powiązaniu z mechanicznymi. Oprócz podstawowej odpowiedzi na pytanie, czy ruch w obserwowanej scenie miał miejsce, czy też nie, proces *motion detection* może również udzielić odpowiedzi na pytania związane z kierunkiem, prędkością, jak również czynnikiem będący przyczyną powstałego ruchu. Wykrywanie ruchu w kamerach IP zachodzi w procesie analizy obrazu obserwowanego przez kamerę, choć może również być wynikiem współdziałania czujki (np. PIR) systemu alarmowego powiązanej bezpośrednio z kamerą.



Rys. 2. Wpływ zastosowanego kodeka i liczby klatek na sek na zapotrzebowanie na pasmo teletransmisyjne

Źródło: <http://www.kamery.pl/artykuly/optimalizacja-ustawien-kamery-ip.htm> (pobrano 01.04.2012).

Zastosowanie techniki *motion detection* okazało się mało skuteczne w miejscach obserwacji zewnętrznych obiektów. Jako przykłady można wynieść tu zmienne cienie obiektów w zależności od pory dnia, ruch wody, deszcz, poruszanie się korony drzew, czy wreszcie niesione na obraz szумы będące skutkiem niedostatecznego doświetlenia (w przypadku kamer kolorowych) lub automatycznej regulacji wzmocnienia sygnału (AGC), również w przypadku kamer czarno-białych. Skutkiem tego systemy, w których występuje detekcja ruchu generują ogromną ilość fałszywych alarmów, których wielkość dochodzi do 80%.



Rys. 3. Przykłady zdarzeń będących źródłem fałszywych alarmów. Od lewej a) wpływ cieni, b) ruchu korony drzew, c) AGC

Źródło: [2].

Doświadczenia zdobyte we wczesnych latach użytkowania inteligentnych kamer IP z wbudowaną funkcją *motion detection* pozwoliły na stworzenie rozwiązań o większej skuteczności działania. Do najważniejszych cech tych urządzeń należy uznać:

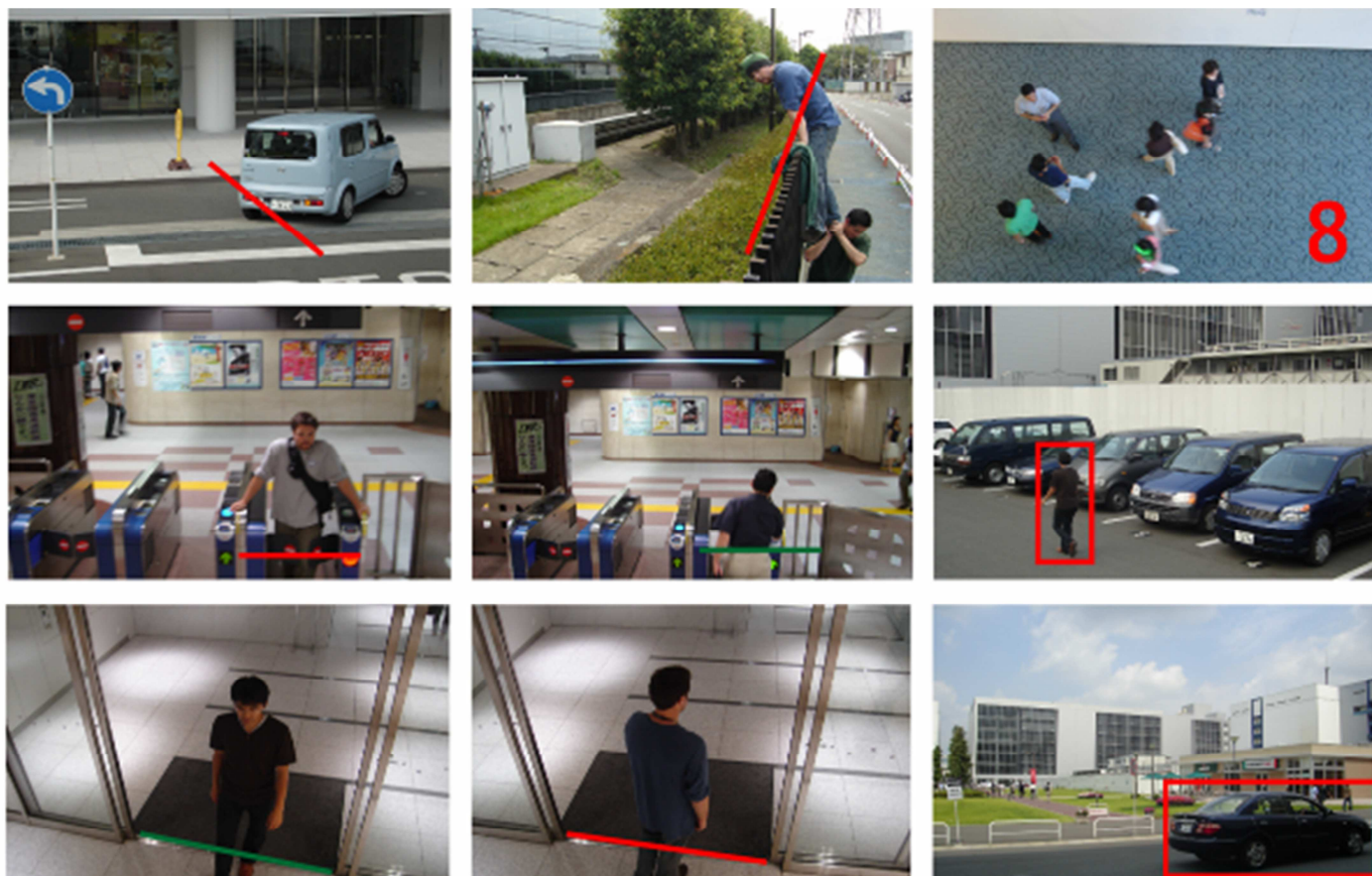
- zaawansowaną analizę danych po stronie kamery,
- inteligentną detekcję przedmiotów pozostawionych i usuniętych z pola obserwacji,
- przejście od pasywnego do aktywnego trybu pracy,
- podejmowanie decyzji o reakcji na bazie większej ilości informacji.

Kluczowym elementem w inteligentnej analizie obrazu jest filtr obrazu. Filtr obrazu jest zaawansowanym algorytmem matematycznym, którego celem może być:

- wykrywanie pojawiających się obiektów,

- znikanie obiektów,
- obecność poruszających się obiektów przez dłuższy czas,
- obecność większej niż dopuszczalna liczby obiektów (np. ludzi),
- przekraczanie wirtualnej granicy,
- przemieszczanie się obiektu w niewłaściwym kierunku,
- wykluczanie stref martwych,
- dynamiczna zmiana czułości *motion detection* dla wybranych stref.

Przykłady zastosowania inteligentnych filtrów przeznaczonych dla kamer IP przedstawiono na poniższym rysunku.



Rys. 4. Przykłady zastosowania i działania wybranych filtrów inteligentnych

Źródło: [2].

4. WYKORZYSTANIE FILTRÓW W INTELIGENTNYCH KAMERACH IP DLA POTRZEB ITS

Cechą charakterystyczną ITS jest zastosowanie zaawansowanych rozwiązań telematycznych wykorzystujących technologie informatyczne i telekomunikacyjne w celu poprawy funkcjonowania systemu transportowego. Zastosowanie inteligentnych kamer IP może wpłynąć nie tylko na poprawę bezpieczeństwa rozumianą, jako ochronę obiektów, ale przede wszystkim na większą automatyzację w procesie weryfikacji zdarzeń i właściwego informowania podmiotów odpowiedzialnych.

Dla podanych wcześniej inteligentnych filtrów obrazu podane zostaną przykłady zastosowania dla potrzeb transportu miejskiego.

Przykład filtru wykrywania pojawiających się obiektów. Najbardziej klasycznym przykładem jest pojawienie się przedmiotów nieznanego pochodzenia w miejscach publicznych. Wszelkie walizki, paczki

lub inne przedmioty pozostawione przez dłuższy czas bez opieki są traktowane jako obiekty niebezpieczne, z podejrzeniem ataku terrorystycznego. Jako przykład typowy dla ITS można podać wykrywanie pojazdów w miejscach zakazu parkowania.

Wykrywanie zdarzeń polegających na znikaniu obiektów, jest najczęściej utożsamiane z sytuacjami, w których dochodzi do kradzieży obiektów. W systemach ITS tymi obiektami mogą być elementy infrastruktury, takie jak znaki drogowe, sygnalizatory świetlne, ławeczki, barierki, kosze na śmieci, latarnie, itd. Ponadto, zakres wykorzystania tego typu filtrów można rozszerzyć dokonując detekcji uszkodzonych sygnalizatorów świetlnych, zniszczonych elementów zieleni miast, zbitych szyb, itp.

Wykrywanie obecności poruszających się obiektów w polu widzenia kamery w czasie dłuższym od przyjętego umownie może przyczynić się do wykrywania osób wałęsających się, złodziei, ogólnie osób, które możemy podejrzewać, iż są zainteresowane tym, co jest obserwowane ze względu na znaczenie, również przez obiektyw kamery.

Często spotykanym zdarzeniem w aglomeracjach miejskich jest obecność większej niż dopuszczalna liczby obiektów. Zdarzenia takie mają miejsce najczęściej na przystankach i jest to oznaką zwiększonego zapotrzebowania na środki transportu miejskiego, jednakże omawiany filtr można wykorzystać do wykrywania zatorów na drogach, „sztucznego tłoku” lub początku większego zgromadzenia osób, np. przed ambasadą obcego kraju.

Bardzo skutecznym filtrem jest algorytm przekraczania wirtualnej granicy obserwowanej sceny. W podanym na rysunku 4 przykładzie przedstawiono zdarzenie przekraczanie przez chuligana miejsca ogrodzenia posesji, jednak liczba miejsc, w których można wykorzystać wirtualną granicę dla potrzeb ITS jest znacznie większa. Mogą to być miejsca zakazu wjazdu lub wstępu do miejsc chronionych, a w tym pojazdów przekraczających ciągłą linię pasów jezdni, osób niebezpiecznie zbliżających się do krawędzi peronu, itd.

Rozszerzonym filtrem przekraczania wirtualnej granicy jest filtr przemieszczania się obiektu w niewłaściwym kierunku. Dla ITS będą to zdarzenia polegające na wykrywaniu pojazdów jadących pod prąd, osób niewłaściwie przekraczających bramki metra, wejść do muzeów, itd.

Wykluczanie stref martwych należy traktować jako filtr pomocniczy wykorzystywany w celu odseparowania fragmentów obserwowanych scen, w których poruszające obiekty nie mają znaczenia i nie są brane pod uwagę.

Filtr dynamicznej zmiany czułości wykrywania ruchu umożliwia zdefiniowanie stref w obrazie, dla których zmiany w położeniu są dopuszczalne w pewnym zakresie tolerancji. Zastosowanie takiego filtru może ograniczyć liczbę defekowanych alarmów występujących na skutek padającego deszczu, jednak bez wpływu na zdolność detekcji pojawiania się lub znikania obiektów. Można więc uznać, że jest to ważny filtr pomocniczy.

5. PODSUMOWANIE

Zakres wykorzystania i skuteczność współczesnych systemów nadzoru wizyjnego jest coraz większy. Wraz z przejściem systemów CCTV w kierunku techniki IP pojawiła się możliwość wykorzystania kamer wysokich rozdzielczości, wyeliminowało bądź znacznie ograniczyło wpływ zakłóceń w torze teletransmisyjnym i zwiększyło zakres integracji systemów, rozszerzania dotychczasowej struktury i lepszego dostępu do źródeł sygnału. Nie bez znaczenia ma również wysoka jakość rejestracji i czas dostępu do nagrań archiwalnych.

Zastosowanie inteligentnych filtrów w kamerach IP stwarza zupełnie nową jakość w zakresie masowego nadzoru, do którego można zaliczyć monitoring miast, czy autostrad. Wykazany zakres ich wykorzystania stanowi jedynie próbkę możliwości, jakie można osiągnąć poprzez ich właściwe wykorzystanie i łączenie.

Przewagą w wykorzystaniu inteligentnych kamer IP w stosunku do tradycyjnych zastosowań polegających na ochronie mienia, jest możliwość ich integracji z systemami np.: tablic informacyjnych, WEB'owych systemów informacji dla podróżnych, przez co informacje zdobywane drogą obserwacji mogą wpływać na treści przekazywane przez w/w. systemy.

Streszczenie

W artykule zwrócono uwagę na możliwości wykorzystania inteligentnych kamer IP dla potrzeb nadzoru wizyjnego stosowanego w ITS. W kolejnych częściach przedstawiono zakres korzyści wynikających z odejścia od dotychczas promowanej techniki analogowego przekazu obrazów z kamer w systemach CCTV, możliwości funkcjonalne współczesnych kamer IP, wymieniono i scharakteryzowano cyfrowe filtry obrazu bazujące na detekcji ruchu (*motion detection*) oraz przedstawiono możliwości ich wykorzystania na potrzeby ITS w miastach. W ostatniej części artykułu dokonano krótkiego podsumowania omówionych treści.

Słowa kluczowe: ITS, nadzór wizyjny, inteligentne kamery IP, filtry obrazu.

Concept of using smart IP cameras to support ITS video surveillance

Abstract

The article presents the intelligent IP cameras for video surveillance used in intelligent transportation systems (ITS). In the following sections were presented terms and benefits IP technology as a result of resignation of the previously promoted analog CCTV systems. In next sections were presented the image filters based on motion detection and presents opportunities for their use in detection urban's events to improve working of ITS systems. In the final section undertakes a brief summary of the content discussed.

Key words: ITS, surveillance video, smart IP cameras.

LITERATURA

- [1] Encyklopedia PWN. Wersja internetowa <http://encyklopedia.pwn.pl/>.
- [2] Małecka M.: Inteligentne kamery IP. Materiały szkoleniowe Sony IPELA, jesień 2009
- [3] Walczyk A.: Nowe przetworniki, Nowe kamery, Nowe spojrzenie. Magazyn Zabezpieczenia nr 10/2010, Warszawa 2010.
- [4] GUS: Roczniki statystyczne. Warszawa 2009.
- [5] LappKabel Unitronic. Karty katalogowe (<http://www.lappolska.pl/>).