

PROSTY WIELOKAMEROWY SYSTEM REJESTRACJI OBRAZU NA POTRZEBY BADAŃ NAD TELEWIZJĄ SWOBODNEGO PUNKTU WIDZENIA

SIMPLE MULTICAMERA VIDEO ACQUISITION SYSTEM FOR RESEARCH ON FREE VIEWPOINT TELEVISION

Streszczenie: Celem pracy było zaprojektowanie taniego i prostego w obsłudze wielokamerowego systemu rejestracji sekwencji wizyjnych, będącego alternatywą dla systemów obecnie stosowanych. W projekcie opracowano moduł kamerowy zbudowany z kamery i mikrokomputera wyposażonego w kartę pamięci. Stworzono także dedykowane oprogramowanie „zarządcy” oraz modułu kamerowego. Opracowany system umożliwia precyzyjną synchronizację dowolnej liczby kamer za pomocą dwóch technik synchronizacji: z użyciem modułu zarządzającego lub z wykorzystaniem zsynchronizowanych zegarów modułów kamerowych.

Abstract: The aim of the work was to design a simple in use and cheap multi-camera video acquisition system as an alternative to systems currently in use. There was developed camera module, built with a camera and a microcomputer equipped with a memory card, and software – manager installed in the management module and program for camera module installed in the microcomputer. The developed system allows for precise synchronization of multiple cameras using two synchronization techniques – using the management module or using synchronized camera modules clocks.

Słowa kluczowe: akwizycja obrazów, system wielokamerowy, telewizja swobodnego punktu widzenia.

Keywords: free viewpoint television, multi-camera systems, video acquisition.

1. WSTĘP

Nieustanny rozwój telewizji oraz rosnące wymagania stawiane przez widzów prowadzą do pojawiania się na rynku coraz nowszych rozwiązań. Obecnie jednym z systemów, nad którymi na całym świecie prowadzi się prace, jest telewizja swobodnego punktu widzenia (ang. Free Viewpoint Television – FTV) [6]. System ten pozwala na zmianę położenia punktu widzenia wokół oglądanej sceny, co daje widzowi wrażenie, jakby znajdował się w centrum akcji.

Choć system oferuje niespotykane wcześniej możliwości, nadal jest on w fazie testów, gdzie pozostaje jeszcze wiele problemów do rozwiązania.

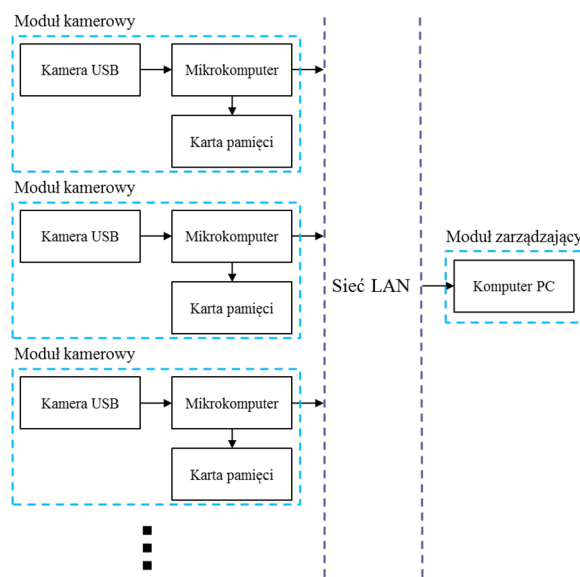
Obecne rozwiązania FTV opierają się na rozmieszczeniu kilku lub kilkunastu kamer wokół pewnej sceny.

Problemem są przede wszystkim gabaryty kamer. Stosowane są duże kamery telewizyjne, które wraz ze sprzętem pomocniczym sprawiają, że system nie jest mobilny – zmiana nagrywanego otoczenia wiąże się z długim czasem przenoszenia sprzętu i ustawienia go w nowym miejscu. Dodatkowo różnice w charakterystyce optycznej poszczególnych kamer wymagają przeprowadzenia kalibracji, co przekłada się na wysoki stopień skomplikowania systemu.

Innym istotnym zagadnieniem jest dokładna synchronizacja wszystkich kamer w systemie, niezbędna do dalszego przetwarzania zarejestrowanych obrazów.

2. WIELOKAMEROWY SYSTEM REJESTRACJI OBRAZU

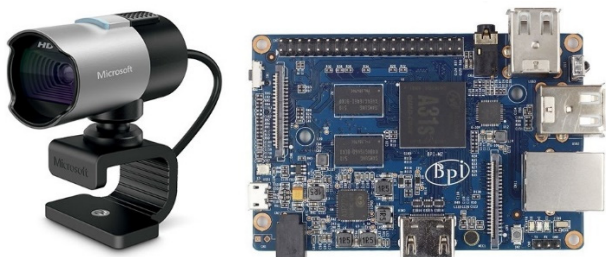
Aby zapewnić rozwój telewizji swobodnego punktu widzenia należy wprowadzić kilka usprawnień. System powinien być możliwie prosty w konstrukcji, tani oraz mobilny. Taki właśnie system jest tematem omawianej pracy.



Rys. 1. Schemat blokowy prostego systemu wielokamerowego

Duża kamera telewizyjna została zastąpiona *modułem kamerowym*, składającym się z wysokiej rozdzielczości kamery internetowej połączonej z mikrokomputerem – rejestratorem obrazu. W celach badawczych opracowano system składający się z sześciu takich samych modułów kamerowych stanowiących część akwizycyjną oraz połączonego z nimi, przez sieć LAN, komputera – *modułu zarządzającego* (rys. 1).

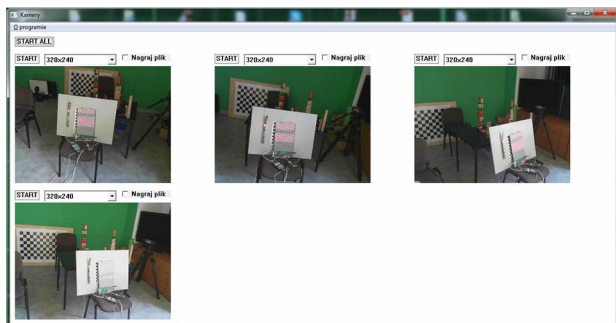
Model użytej kamery to Microsoft LifeCam Studio. Jest to wysokiej jakości sprzęt, wyposażony w matrycę o rozdzielczości 1080p (HD). Szklany obiektyw o wysokiej precyzji zapewnia doskonałą ostrość obrazu. Dodatkowo kamera wykorzystuje technologię TrueColor, dzięki czemu automatycznie reguluje naświetlenie tak, aby umożliwić uzyskanie jasnego i barwnego obrazu [3] (rys. 2).



Rys. 2. Elementy opracowanego modułu kamerowego

Zastosowany mikrokomputer to układ Banana Pi M2 (rys. 2). Posiada on 1 GB pamięci RAM i procesor Allwinner A31S ARM Cortex A7 1GHz quad [4]. W mikrokomputerze zainstalowano linuxowy system operacyjny Debian, wraz z opracowanym oprogramowaniem, implementującym logikę modułu kamerowego. Dodatkowo każdy moduł wyposażony został w zasilanie bateryjne, dzięki czemu cały system jest mobilny.

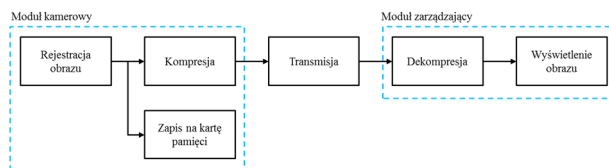
Moduł zarządzający to laptop podłączany do kamer za pomocą sieci LAN. Przygotowane oprogramowanie zarządzające umożliwia jednocześnie sterowanie wszystkim kamerami oraz dodatkowo wyświetla podgląd na żywo ze wszystkich kamer systemu. Oprogramowanie pozwala na ustawienie różnych rozdzielczości rejestrowanego obrazu (od 320x240 do 1920x1080) oraz sterowanie procesem jego nagrywania (rys. 3).



Rys. 3. Panel modułu zarządzającego, z podglądem obrazu z wszystkich kamer systemu w trakcie eksperymentów

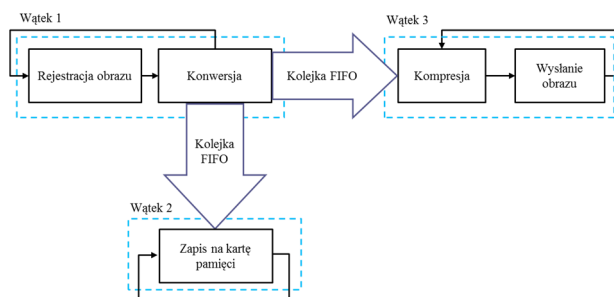
System działa w następujący sposób: moduł kamerowy czeka na komunikat od modułu zarządzającego. Po otrzymaniu polecenia rozpoczęcia rejestracji obrazu, kamera zaczyna nagrywać obraz, który jest zapisywany do

pliku i jednocześnie decymowany, kompresowany i wysyłany do modułu zarządzającego. Moduł zarządzający dekompresuje obraz i wyświetla go na ekranie monitora (rys. 4).



Rys. 4. Uproszczony schemat pracy systemu

Moduł kamerowy składa się z 3 wątków: rejestrującego obraz, zapisującego obraz i transmitującego podgląd obrazu (rys. 5).



Rys. 5. Schemat działania modułu kamerowego

Wątek 1 – rejestrujący obraz - po rozpoczęciu nagrywania pobiera obraz z kamery w formacie YUV 4:2:2 (YUYV) [1]. Następnie konwertuje każdą ramkę obrazu do przestrzeni RGB oraz dodatkowo generuje obrazy o zmniejszonej rozdzielczości (160x120 punktów) w celu przesłania podglądu. Obie te operacje wykonywane są jednocześnie podczas jednego skanowania obrazu. Wyniki odpowiednich operacji umieszczone są w dwóch kolejkach FIFO (rys. 5).

Wątek 2 – zapisujący obraz - dokonuje kompresji bezstratnej obrazu o oryginalnej rozdzielczości w formacie RGB do formatu PNG i zapisuje go na karcie SD. Powstały plik zawiera na przemian informacje o rozmiarze skompresowanej ramki oraz skompresowane dane obrazu.

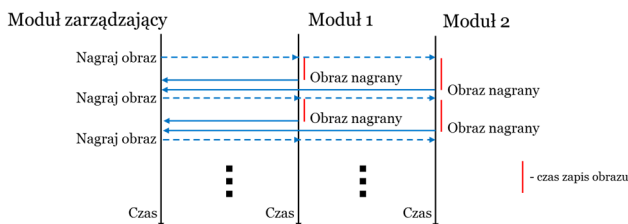
Wątek 3 – transmitujący podgląd – poddaje odebrane obrazy o zmniejszonej rozdzielczości kompresji stratnej techniką JPEG [1, 2], dokonuje podziału skompresowanych danych na mniejsze pakiety i wysyła je do modułu zarządzającego. Dzięki temu, transmisja obrazu (podglądu) nie jest obciążeniem systemu, a w sieci może pracować wiele kamer jednocześnie.

3. SYNCHRONIZACJA

W opracowanym systemie przebadano dwie techniki synchronizacji kamer: *synchronizacja z „zarządcy”* oraz *synchronizacja przez NTP*.

W przypadku tzw. *synchronizacji z „zarządcy”*, moduł zarządzający wysyła, za pomocą sieci LAN, do wszystkich modułów tzw. pakiet rozsiewczy (broadcast) z poleceniem rejestracji pojedynczego obrazu (rys. 6). Każdy z modułów po zarejestrowaniu obrazu przesyła po-

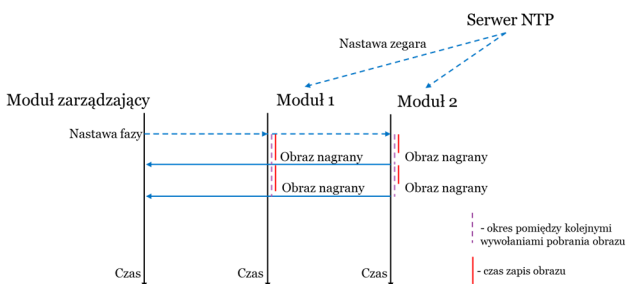
twierdzenie rejestracji obrazu z powrotem do modułu zarządzającego. Moduł zarządzający przesyła polecenie rejestracji kolejnego obrazu dopiero po otrzymaniu potwierdzeń od wszystkich modułów kamerowych.



Rys. 6. Schemat działania synchronizacji z zarządcy

W takim przypadku synchronizacja zapewnia, iż we wszystkich modułach kamerowych będzie ten sam moment rejestracji obrazu. Jednak ze względu na różnice w czasie przetwarzania obrazu przez poszczególne moduły, odstęp czasowy pomiędzy kolejnymi obrazami może się zmieniać.

W przypadku synchronizacji przez NTP (rys. 7), zegary mikrokomputerów modułów kamerowych są zsynchronizowane za pomocą protokołu NTP (Network Time Protocol) [5]. Moduł zarządzający przesyła jedynie informację, kiedy (w którym momencie) rozpocząć rejestrację obrazu i w jakich odstępach czasu rejestrować kolejne obrazy (liczba ramek na sekundę).



Rys. 7. Schemat działania synchronizacji za pomocą NTP

4. METODOLOGIA BADAŃ

W celu przeprowadzenia eksperymentów weryfikujących podstawowe założenia systemu użyto cztery moduły kamerowe. Kamery zostały rozstawione w taki sposób, aby ich pola widzenia pokrywały się.

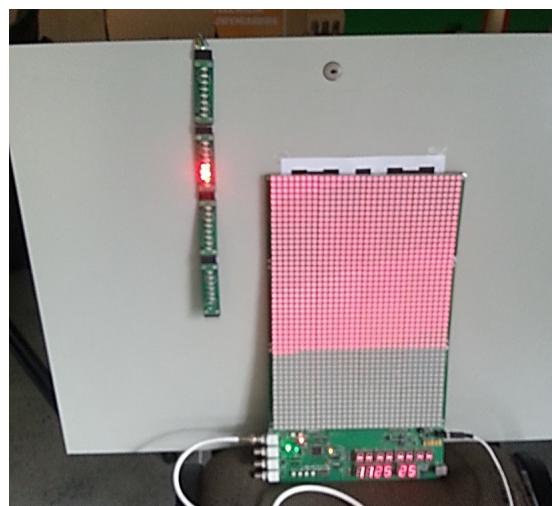


Rys. 8. Moduł kamerowy systemu FTV



Rys. 9. System kamerowy poddany badaniu

Do sprawdzenia synchronizacji modułów wykorzystano tablicę synchronizacyjną, skonstruowaną w Katedrze Telekomunikacji Multimedialnej i Mikroelektroniki Politechniki Poznańskiej (rys. 10). Tablica składała się z dwóch części: płyty wypełnionej diodami LED, mrugająca z częstotliwością 30 Hz oraz paska złożonego z diod LED. Pasek LED składał się z czterech sekcji zawierających po 8 diod, które zapalały się i gasły jedna po drugiej z częstotliwością 30 Hz.



Rys. 10. Tablica synchronizująca

Procedura weryfikująca obejmowała: ustawienie tablicy synchronizującej w polu widzenia wszystkich kamer; nagranie sekwencji obrazów; porównanie nagrań z kamer; zliczenie dla każdej kamery liczby nagranych obrazów (pomiędzy zapaleniem się pierwszej z diod w kolejnych sekcjach paska LED); porównanie liczby nagranych ramek obrazu z każdej kamery; ocenę, czy system działa synchronicznie.

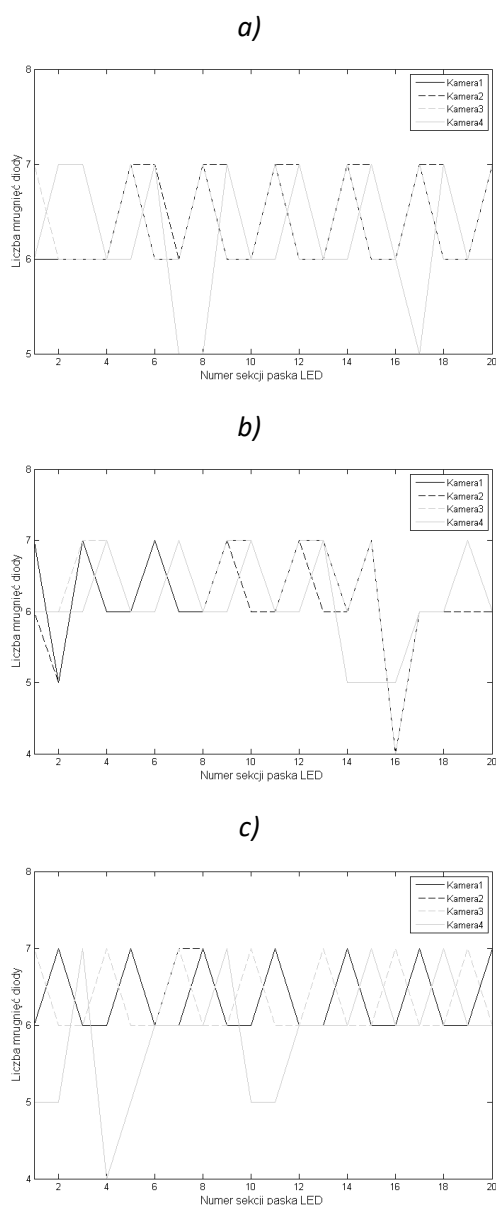
Eksperymenty zostały przeprowadzone dla trzech przypadków: wyłączonej synchronizacji, synchronizacji z „zarządcy” oraz synchronizacji z NTP. W każdym przypadku pomiar został wykonany dla dwóch rozdzielczości: 640x480 punktów oraz 800x600 punktów. Dla wymienionych rozdzielczości kamera Microsoft LifeCam Studio może nagrywać z prędkością odpowiednio 30 i 20 obrazów na sekundę.

Kamery były zsynchronizowane, gdy liczba nagranych mrugnięć diod pomiędzy poszczególnymi sekcjami paska LED była taka sama dla wszystkich kamer.

5. WYNIKI EKSPERYMENTÓW

Na rysunku 11 przedstawiono wyniki uzyskane dla systemu rejestrującego obraz o rozdzielczości 800x600 punktów, pracującego w trzech trybach: bez synchronizacji, synchronizacji z „zarządcy” oraz synchronizacji protokołu NTP.

Analizując wyniki, można zauważyć wpływ synchronizacji na przebieg wykresów. Zarówno przy synchronizacji z „zarządcy” jak i synchronizacji zegarów przebiegi wykresów są niemal jednakowe, niekiedy przesunięte o jedną jednostkę względem osi poziomej. Wyjątek stanowi kamera 4, która podczas nagrywania czasem traciła ramkę obrazu względem pozostałych kamer. Widoczne przesunięcie względem jednej sekcji paska LED wynika z występowania spornej sytuacji z zaobserwowaniem dwóch zapalonych diod, która systematycznie się powtarza.



Rys. 11. Wykres przedstawiający liczbę nagranych mignięć diody w kolejnych sekcjach paska LED dla rozdzielczości 800x600 przy: a) wylężonej synchronizacji, b) synchronizacji z „zarządcy”, c) synchronizacji z NTP

6. PODSUMOWANIE I WNIOSKI KOŃCOWE

Praca dotyczyła zaprojektowania taniego, mobilnego systemu wielokamerowego, mogącego mieć zastosowanie w badaniach nad systemami swobodnej nawigacji FTV. W ramach prac zaprojektowano niewielkie i niedrogi moduły kamerowe, złożone z mikrokomputera Banana Pi M2, kamery Microsoft LifeCam Studio oraz kart pamięci microSD. Dla każdego modułu kamerowego przygotowano oprogramowanie w postaci kodu źródłowego w języku C++. Zadaniem oprogramowania jest pobieranie obrazu z kamery i zapis nieskompresowanego obrazu na kartę pamięci, bez blokowania procesu rejestracji obrazu. Dodatkowo oprogramowanie umożliwia kompresję rejestrowanego obrazu i przesłanie podglądu do operatora systemu, za pomocą opracowanego protokołu transmisji.

Istotnym elementem stworzonego oprogramowania modułu kamerowego jest mechanizm programowej synchronizacji kamer. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów potwierdzają precyzyjne działanie synchronizacji kamer, zarówno w wariancie z wykorzystaniem modułu zarządzającego, jak i w przypadku wykorzystania synchronizacji protokołem NTP zegarów modułów kamerowych. System pozwala na rejestrację nieskompresowanego obrazu w rozdzielczości 800x600 punktów obrazu z prędkością 20 obrazów na sekundę, jednak w przyszłości planowana jest jego modyfikacja w celu przetwarzania obrazu w jakości Full HD. Ulepszenie systemu jest możliwe przez zastosowanie wydajniejszych kamer i mikrokomputerów, bez konieczności jakichkolwiek modyfikacji w przygotowanym oprogramowaniu modułów kamerowych.

INFORMACJA

Praca finansowana ze środków przyznanych przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego na działalność statutową polegającą na prowadzeniu badań naukowych lub prac rozwojowych oraz zadań z nimi związanych, służących rozwojowi młodych naukowców oraz uczestników studiów doktoranckich.

LITERATURA

- [1] Domański Marek. 2010. „Obraz cyfrowy”. WKiŁ.
- [2] ISO/IEC IS 10918-1 / ITU-T Rec. T.81. 1994. Information technology – digital compression and coding of continuous-tone still images: requirements and guideline.
- [3] Kamera LifeCam Studio. Dostęp: 06.2016. <https://www.microsoft.com/hardware/pl-pl/p/life-cam-studio#details>.
- [4] Mikrokomputer Banana Pi M2. Dostęp: 06.2016. <http://www.banana-pi.org/m2.html>.
- [5] Mills D. i inni. 06.2010. Network Time Protocol Version 4: Protocol and Algorithms Specification. RFC 5905. IETF.
- [6] Tanimoto Masayuki. 2009. Overview of FTV (free-viewpoint television). IEEE International Conference on Multimedia and Expo, 2009. ICME 2009: 1552-1553.