

Założenia konstrukcyjne układu synchronizacji komponentów systemu wizyjnego służącego do reidentyfikacji osób na podstawie chodu

Streszczenie. Współczesne systemy wizyjne przeznaczone do reidentyfikacji ludzi na podstawie określonych cech biometrycznych składają się z wielu komponentów. W przypadku tak dużej złożoności systemu pojawia się konieczność odpowiedniej synchronizacji wszystkich jego elementów. Podczas rejestracji wejściowego materiału wideo przeznaczonego do dalszej obróbki komponenty systemu wizyjnego pracują cyklicznie z określoną częstotliwością rejestracji liczby klatek na sekundę. Parametry charakterystyczne, związane z budową wewnętrzną podzespołów takich jak kamery lub projektory, odpowiadają za powstawanie niewielkich opóźnień (tzw. jitters) pomiędzy pojawieniem się impulsów wyzwalających, a rzeczywistym zadziałaniem urządzenia. W związku z powyższym konieczna staje się precyzyjna synchronizacja w/w komponentów uwzględniająca te indywidualne cechy, aby możliwe było uruchomienie całego systemu rejestrującego materiał wideo w sposób niezawodny. Niniejszy artykuł opisuje koncepcję budowy układu synchronizacji opartego o mikrokontroler typu ESP8266 oraz zegar czasu rzeczywistego DS3231.

Abstract. Modern vision systems designed for person reidentification which are based on specific biometric features consist of many components. In the case of such a high complexity of the system, it is necessary to properly synchronize all its elements. During the recording of input video material intended for further processing, the components of the vision system work cyclically at a certain frame rate per second. Characteristic parameters related to the internal structure of such subassemblies like cameras or projectors are responsible for the formation of small delays (so-called jitters) between the appearance of trigger pulses and the actual operation of the device. Therefore, precise synchronization of the above-mentioned components becomes necessary taking into account these individual characteristics so that it is possible to run the entire video recording system in a reliable manner. This article describes the concept of building a synchronization system based on an ESP8266 microcontroller and a real-time clock DS3231. **(Requirements and construction of the synchronization circuits for the components of video systems used for person reidentification based on gait).**

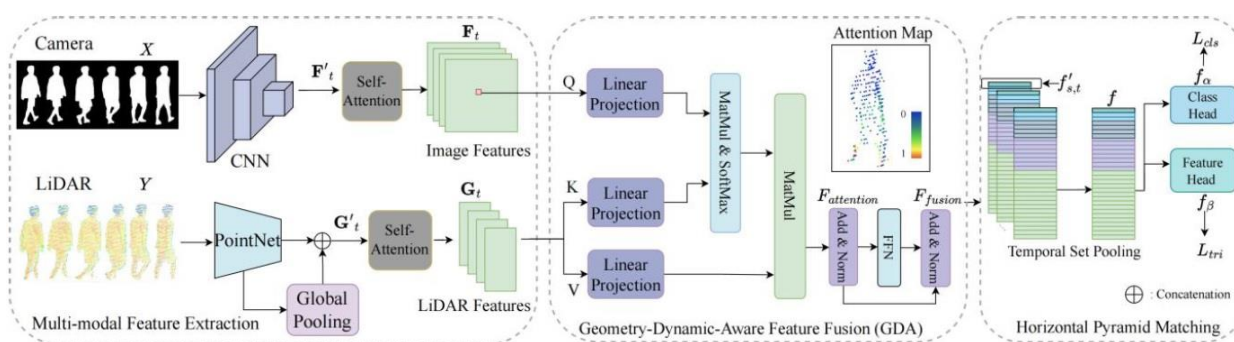
Słowa kluczowe: rozpoznawanie chodu, biometria, śledzenie 3D bez markerów, mikrokontrolery.

Keywords: gait recognition, biometrics markerless 3D tracking, microcontrollers.

Wstęp

Wizyjne systemy reidentyfikacji ludności wraz z rozwojem technologii optoelektronicznych oraz algorytmów głębokiego uczenia maszynowego przeżywają obecnie dynamiczny rozwój. Aktualnie budowane systemy wizyjne składają się przeważnie z projektorów światła strukturalnego wyświetlających na scenie określony wzór-pattern, kamer kolorowych RGB, kamer monochromatycznych, kamer podczerwieni IR [1] oraz lidarów, czyli optoelektronicznych elementów pozwalających na określenie odległości badanego obiektu

na podstawie analizy odbitej wiązki lasera. Na rysunku 1 w sposób ogólny przedstawiono schemat systemu reidentyfikacji uwzględniający materiał wejściowy rejestrowany za pomocą kamer oraz lidarów. Działanie poszczególnych komponentów musi podlegać ścisłej synchronizacji ze względu na jakość materiału wejściowego, który następnie jest obrabiany cyfrowo m.in. przez sztuczne sieci neuronowe [2, 3, 4] w celu treningu, a następnie uzyskania efektu rozpoznawania określonych cech badanych obiektów.



Rys.1. Schemat przebiegu reidentyfikacji ludzi na podstawie chodu przy zastosowaniu przykładowego systemu wizyjnego [2]

Zjawiskiem utrudniającym synchronizację działania systemu jest przede wszystkim występowanie opóźnień własnych każdego z komponentów charakterystycznych dla każdego z nich. W kartach katalogowych opóźnienia są określane jako minimalny oraz maksymalny czas odpowiedzi, rozumiany jako wysłanie na wyjście kamery pełnej zarejestrowanej klatki obrazu następujące po pojawieniu się na jej wejściu sterującym TRIGGER

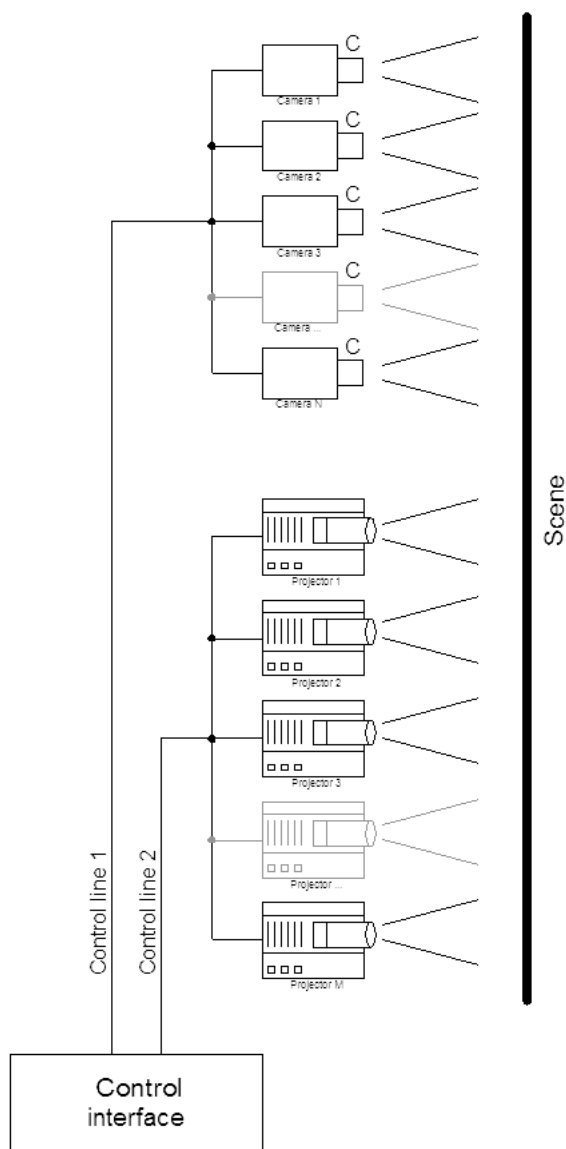
impulsu wyzwalającego. Ze względu na złożoność systemu i występowanie w nim wielu elementów o znacznie różniących się od siebie czasach zadziałania, konieczne staje się opracowanie systemu opartego o zegar czasu rzeczywistego, pozwalającego na cykliczne wyzwalanie poszczególnych komponentów i uwzględniającego te indywidualne opóźnienia. Funkcję tę z powodzeniem może pełnić układ synchronizujący oparty o mikrokontroler typu

ESP8266 wyposażony dodatkowo w zegar czasu rzeczywistego DS3231 o stabilności 2 ppm.

Budowa reidentyfikacyjnych systemów wizyjnych

Jak już wcześniej wspomniano systemy wizyjne składają się z wielu różnych komponentów, takich jak kamery rejestrujące różne widma promieniowania elektromagnetycznego, projektory, lidary itp., których parametry różnią się między sobą, niekiedy w sposób bardzo znaczny, w zależności od typu komponentu, jego indywidualnych cech lub ze względu na wpływ warunków środowiskowych, choćby takich jak temperatura otoczenia.

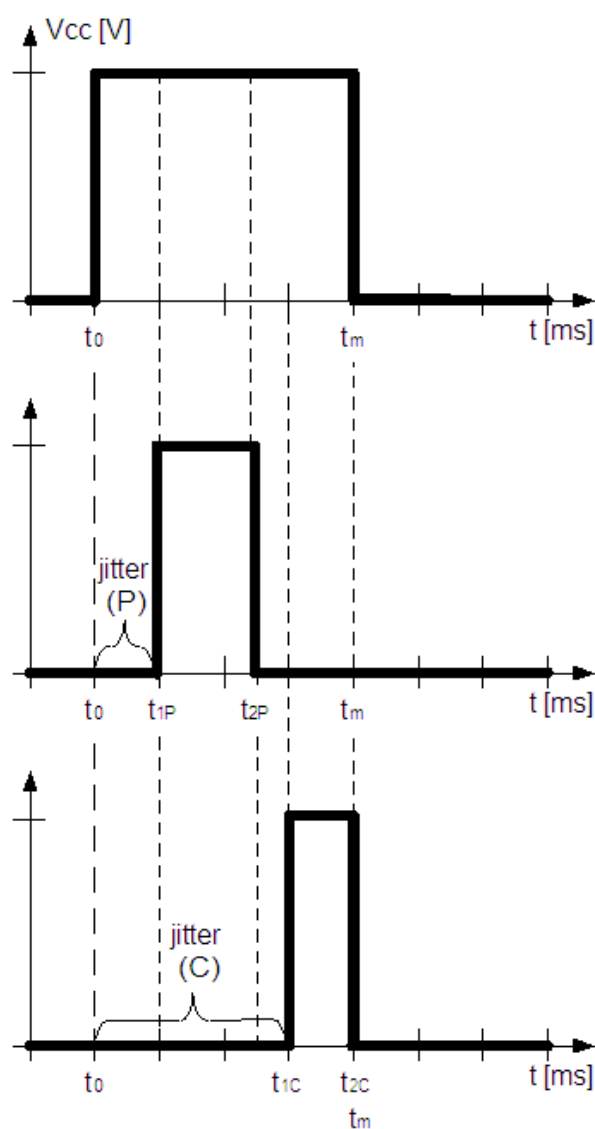
Przykładowy system wizyjny zawierający zestaw kamer oraz zestaw projektorów światła strukturalnego, w którym synchronizacja odbywa się przy pomocy zewnętrznego układu master generującego na poszczególnych liniach sterujących prostokątne sygnały wyzwalające, przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Schemat blokowy układu synchronizacji systemu wizyjnego

Grupa projektorów światła strukturalnego oświetla scenę rzucając na nią pewien określony wzór geometryczny umożliwiający określenie głębi dla obiektów znajdujących się na scenie w celu określenia ich położenia oraz kształtu we wszystkich trzech wymiarach przestrzeni.

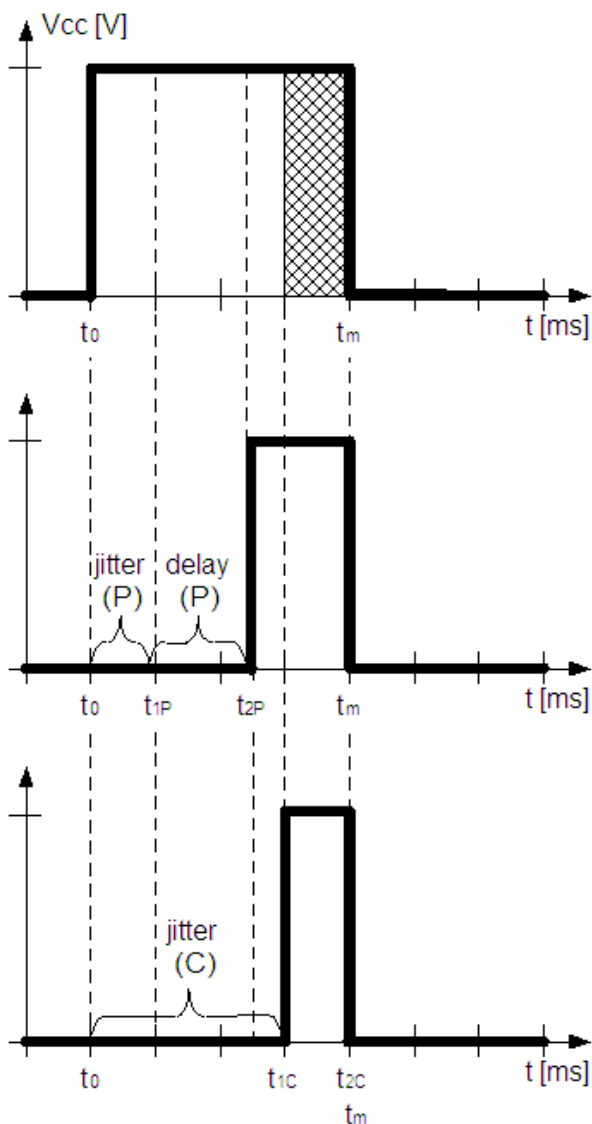
Ze względu na wymagania stawiane natężeniu światła strukturalnego oraz związaną z tym bezpośrednio moc elektryczną potrzebną do ich zasilania, projektory takie wykonuje się jako źródła światła błyskowego, które działają jedynie w krótkim czasie podczas rejestracji każdej z klatek materiału filmowego. Podobnie jak zainicjowanie rejestracji każdej z pojedynczych klatek filmu, załączenie projektora w określonym czasie odbywa się po pojawieniu się na wejściu sterującym GPIO impulsu wyzwalającego. Przebiegi czasowe impulsu wyzwalającego oraz następującą po nim pracę zestawu kamer i zestawu projektorów pokazano na rysunku 3. Jak widać występują tam pewne opóźnienia własne komponentów systemu (ang. jitter), które utrudniają synchroniczną pracę systemu. Poszczególne opóźnienia własne różnią się od siebie pomiędzy poszczególnymi typami urządzeń, a nawet w ramach tego samego modelu i typu urządzenia, producent podaje pewien dopuszczalny zakres opóźnień własnych.



Rys.3. Przebiegi czasowe impulsów synchronizacji oraz zadziałania poszczególnych komponentów systemu

Aby synchronizacja układu działała w sposób prawidłowy, konieczne jest istnienie w każdym cyklu takiego przedziału czasowego, w którym jednocześnie działałyby projektory oraz kamery. Rysunek 3 przedstawia sytuację, w której taka sytuacja nie występuje, ponieważ podczas

trwania stanu wysokiego impulsu synchronizującego, oznaczonego na osi czasu od t_0 do t_m , emisja światła przez projektor w rzeczywistości odbywa się po opóźnieniu jitter (P) w czasie od t_{1P} do t_{2P} . Następnie kamera rozpoczyna rejestrację kolejnej klatki materiału filmowego z opóźnieniem własnym jitter (C), w czasie od t_{1C} do t_{2C} . W tej sytuacji kamera nie jest w stanie zarejestrować obrazu zawierającego raster rzutowany przez projektor światła strukturalnego, przez co ustalenie głębi w materiale filmowym nie będzie możliwe.



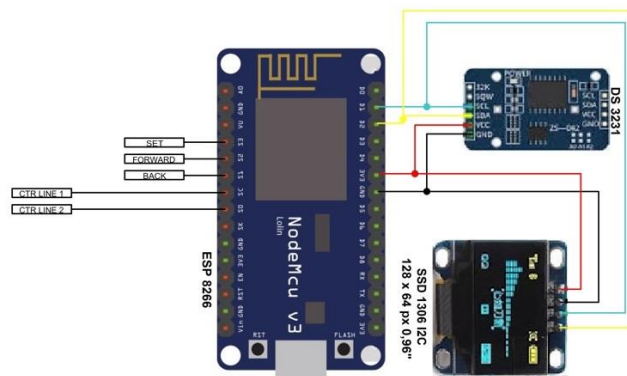
Rys.4. Przebiegi czasowe impulsów synchronizacji oraz zadziałania poszczególnych komponentów systemu wraz z dodatkowym opóźnieniem delay (P) w każdym cyklu

Mając na uwadze opisane powyżej problemy techniczne występujące w układzie synchronizacji, autorzy postanowili kontrolować czasy załączenia kamer oraz projektorów światła strukturalnego wprowadzając dodatkowe opóźnienie delay (P) pomiędzy sygnałami obu linii sterujących, a cały układ sterowania zrealizowany został na bazie mikrokontrolera typu ESP8266 wspomaganego modulem zegara czasu rzeczywistego typu DS3231. Przebiegi czasowe występujące w układzie synchronizacji wraz z dodatkowym regulowanym przez użytkownika opóźnieniem dopasowanym do indywidualnego setupu systemu akwizycji obrazu przedstawione na rysunku 4 umożliwiają niezawodną rejestrację materiału. W rzeczywistych

warunkach, ze względu na istnienie pasożytniczych pojemności wynikających głównie z zastosowania ekranowanych przewodów koncentrycznych pomiędzy komponentami systemu, kształt przebiegów odbiega nieco od kształtu prostokąta i na zboczach sygnału pojawia się charakterystyczne „zaokrąglenie” kształtu zgodnie ze stałą RC obwodu. W praktycznych układach z połączeniami o długościach poniżej 20 m nie stanowi to większego problemu.

Konstrukcja układu sterującego synchronizacji opartego na mikrokontrolerze typu ESP8266

Mikrokontroler typu ESP8266 ze względu na swoje parametry, powszechną dostępność oraz niewygórowaną cenę stanowił bazę do budowy serca systemu synchronizacji kamer oraz projektorów światła strukturalnego. Układ wyposażony został w sterowany przy pomocy wbudowanego rezonatora kwarcowego moduł zegara czasu rzeczywistego DS3231 oraz niewielki wyświetlacz OLED typu SSD1306 o rozdzielczości 128x64 punktów, umożliwiającą wizualizację bieżących parametrów pracy układu. Wewnętrzna komunikacja pomiędzy komponentami układu sterującego odbywa się za pośrednictwem magistrali I2C przy użyciu gotowych bibliotek dedykowanych do współpracujących elementów.



Rys.5. Schemat układu synchronizacji systemu akwizycji obrazu

Moduł zegara czasu rzeczywistego DS3231 charakteryzuje się wysoką stabilnością częstotliwości rzędu 2 ppm, co pozwala na wytwarzanie powtarzalnych i ściśle określonych przebiegów w połączeniu z układem mikrokontrolera. Przy prędkości rejestracji materiału wideo 30 FPS lub 60 FPS (ang. frames per second) osiągnięta dokładność o kilka rzędów przewyższa wymagania określone w specyfikacji projektu dla niedokładności pomiędzy generowanymi zboczami sygnału ($1 \mu s$). W celu separacji galwanicznej opisanego powyżej układu od linii sterujących na wyjściach zastosowano dodatkowo bloki składające się ze wzmacniacza operacyjnego pracującego w układzie nieodwracającym oraz transoptora typu CNY17.

Podsumowanie

Indywidualne parametry każdego z komponentów wchodzących w skład systemów wizyjnych, takich jak: projektory światła strukturalnego, kamery, lidary itp., charakterystyczne dla każdego z modeli, powodują trudności podczas implementacji kompletnego systemu w nowych warunkach. Ponieważ poszczególne opóźnienia dla każdego z komponentów w danych warunkach są stałe, to celowe jest opracowanie indywidualnego harmonogramu pozwalającego na cykliczną pracę przy uwzględnieniu opóźnień własnych. Dzięki zastosowaniu specjalnie w tym celu opracowanego układu synchronizacji opartego o niewielki mikrokontroler typu ESP8266

oraz wysokostabilny zegar czasu rzeczywistego DS3231 możliwe jest sterowanie w sposób niezawodny całym nawet najbardziej złożonym systemem rejestracji sekwencji video, jak również elastyczne dopasowanie go do nowych odmiennych warunków pracy. Synchronizacja całego układu jest możliwa dzięki zastosowaniu kilku linii synchronizujących poszczególne grupy sprzętu. W realizowanym projekcie były to dwie linie przeznaczone dla zestawu kamer oraz zestawu projektorów światła strukturalnego, jednak nic nie stoi na przeszkodzie, aby po modyfikacji oprogramowania kontrolera i niewielkiej rozbudowie hardware sterownika zbudowanego na bazie mikrokontrolera mieć możliwość kontrolowania dodatkowych grup osprzętu pracującego cyklicznie z własnym dodatkowym stałym opóźnieniem.

*Autorzy składają szczególne podziękowania firmie **New Security Systems sp. z o.o.** za udostępnienie materiałów, sprzętu oraz laboratorium do badań w zakresie synchronizacji komponentów systemów przeznaczonych do reidentyfikacji ludzi na podstawie chodu realizowanego w ramach projektu naukowego **BioX**.*

Autorzy: dr inż. Jacek Gumiela, New Security Systems sp. z o.o., Korniańców Południowy 80a, 37-114 Korniańców Południowy, E-mail: jacek.gumiela@newsecuritysystems.pl; dr hab. inż. Dariusz Szafrowski, Politechnika Wrocławska, Katedra Energoelektryki, ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, E-mail: dariusz.szafrowski@pwr.edu.pl.

LITERATURA

- [1] Dat Tien Nguyen, Hyung Gil Hong, Ki Wan Kim, Kang Ryoung Park; Person Recognition System Based on a Combination of Body Images from Visible Light and Thermal Cameras; Dongguk University, Seoul, Korea, Sensors No 17; 2017
- [2] Xiao Han, Peishan Cong, Lan Xu, Jingya Wang, Jingyi Yu, Yuxin Ma, LiCamGait: Gait Recognition in the Wild by Using LiDAR and Camera Multi-modal Visual Sensors, hanxiao2022,mayuexin, ShanghaiTech University, 2022
- [3] Chendao Jiao; Recognition of Human Body Feature Changes in Sports Health Based on Deep Learning; Hindawi Computational and Mathematical Methods in Medicine Article ID 1736350; Harbin Normal University; Heilongjiang; China; 2022
- [4] Mateusz Majewski, Dariusz Pałka; System graficznego rozpoznawania obiektów ruchomych; Zeszyty Naukowe Warszawskiej Wyższej Szkoły Informatyki No 21, Vol. 13; 2019