Pomiar Glass-To-Glass Latency

Wprowadzenie

Opóźnienie obrazu w systemach robotycznych i wizyjnych to całkowity czas, jaki upływa od fizycznego zdarzenia w świecie rzeczywistym do momentu podjęcia akcji zwrotnej. W układzie z człowiekiem jako operatorem ważne jest by opóźnienie dostarczenia obrazu było poniżej progu percepcji. Przyjmuje się, że wartość graniczna to około 150ms. W robotyce oprócz samego opóźnienia, które do pewnego stopnia można kompensować, ważna jest jego zmienność.

Metoda pomiaru **Glass-to-Glass (G2G) Latency** z wykorzystaniem pulsującej diody LED i pary fotodiod to jedna z najbardziej niezawodnych i precyzyjnych metod laboratoryjnych. Jej największą zaletą jest **niezależność sprzętowa** – pomiar odbywa się całkowicie poza badanym systemem komputerowym, dzięki czemu eliminujemy błędy wynikające z narzutu zegara systemowego czy asynchroniczności oprogramowania.

Spis treści

WPROWADZENIE **1**

METODA POMIARU **2**

Układ pomiarowy **2**

Zalety 3

Przebieg procedury pomiarowej **3**

Metoda pomiaru

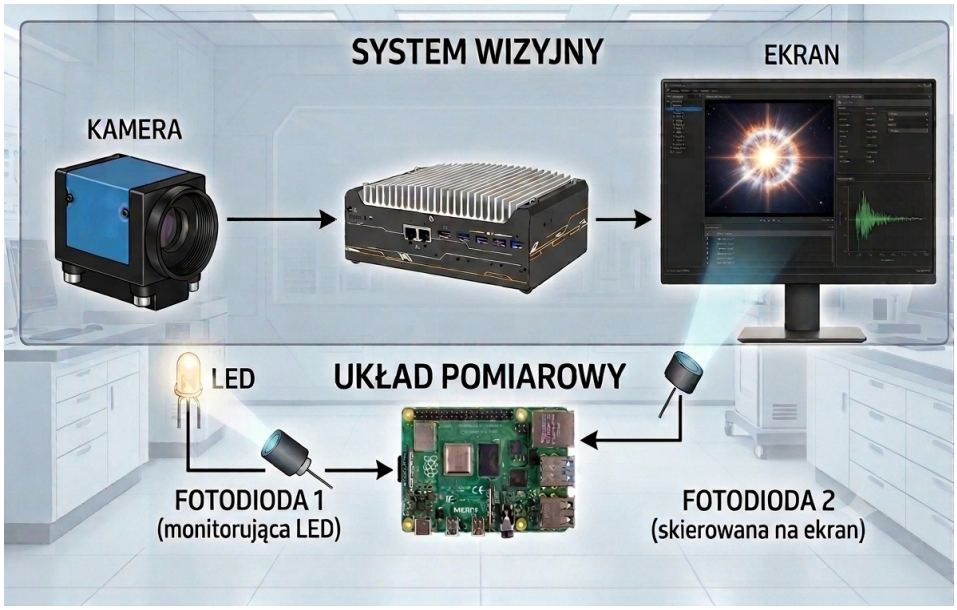
Metoda polega na pomiarze czasu, który upływa od błysku światła przed kamerą do pojawienia się jego obrazu na monitorze.

Układ pomiarowy

Pomiar wykonuje mikrokontroler wyposażony w oscylator kwarcowy, diodę LED generującąimpulsy świetlne w polu widzenia kamery, fotodiodę referencyjną D1 oraz fotodiodę odbiorczą D2.

Fotodioda referencyjna D1 rejestruje czas pojawienia się impulsu LED, a fotodioda D2 rozbłysk na ekranie. Dzięki temu, że oba tory są identyczne, eliminujemy możliwe błędy spowodowane przez opóźnienia w torze zasilania LED między wyjściem logicznym mikroprocesora a rozbłyskiem LED.

(W praktyce to opóźnienie jest minimalne, ale dzięki symetrycznemu układowi fotodiod nawet nie trzeba go rozważać)



Zalety

- **Bezwzględna eliminacja "Ghost Latency":** proste metody, jak np. wyświetlanie na ekranie systemowego timera i robienie mu zdjęcia, mierzą opóźnienie z dokładnością do odświeżania aplikacji. Metoda z dwiema fotodiodami mierzy moment, w którym **foton realnie opuszcza ekran**, uwzględniając ukryte opóźnienia elektroniki monitora (tzw. *Input Lag*).

- **Możliwość badania Jitteru:** Powtarzając ten test automatycznie, mikrokontroler może określić statystyki: opóźnienie średnie, maksymalne oraz co jest bardzo interesujące, jitter (zmienność opóźnienia). W robotyce wysoka stabilność opóźnienia (niski jitter) bywa ważniejsza niż sama niska wartość średnia opóźnienia.

Przebieg procedury pomiarowej

Badanie charakterystyki opóźnienia realizowane jest w trzech krokach:

1. **Rejestracja T0 (START):**

   Mikrokontroler wysyła impuls zasilający diodę LED. Dioda emituje światło. Fotodioda D1 umieszczona blisko diody LED rejestruje światło i uruchamia licznik sprzętowy mikroprocesora, który rejestruje punkt **T0** i rozpoczyna odliczanie z rozdzielczością mikrosekundową.

2. **Przetwarzanie przez badany system wizyjny**

   Błysk światła przechodzi przez tor optyczny kamery, zostaje zdigitalizowany w przetworniku ADC matrycy, a następnie jako pakiet danych przechodzi przez kontroler interfejsu Komputer pobiera dane przez mechanizm DMA, przekazuje je do bufora ramki aplikacji, która wykonuje processing (filtrowanie, detekcję obiektów, odczyt kodów, pomiary), nakłada ewentualne OSD i przesyła klatkę przez kartę graficzną do monitora. Sterownik monitora odświeża matrycę LCD/OLED.

2. **Rejestracja T1 (STOP):**

   W momencie fizycznego zapalenia pikseli i emisji fotonów, fotodioda D2 (przymocowana bezpośrednio do powierzchni ekranu w punkcie projekcji) generuje impuls napięciowy. Sygnał ten zatrzymuje licznik czasu w punkcie **T1**.

Bezwzględne opóźnienie całego systemu obliczane jest wprost z różnicy wskazań licznika mikroprocesora:

$$\text{Latency } L_{G2G} = T1 - T0$$