Systemy wielokamerowe GigE i USB

Wprowadzenie

Gdy stosuje się kilka kamer rejestrujących obrazy jednocześnie, powstaje możliwość utraty danych w wyniku konfliktu dostępu do interfejsu w momencie chwilowego przeciążenia, gdy po ekspozycji wszystkie jednocześnie próbują przesyłać obrazy.

Spis treści

WPROWADZENIE 1
SYSTEMY WIELOKAMEROWE – JEDNOCZESNE WYZWALANIE I OGRANICZENIA PRZEPUSTOWOŚCI 2
PROBLEM CHWILOWEGO PRZECIĄŻENIA 2
Ograniczenia systemów USB 3
Karty PCIe z wieloma kontrolerami USB 3
Zalety GigE Vision w systemach wielokamerowych 4
Wieloportowe karty GigE 4
SYNCHRONIZACJA WIELU KAMER 5
WNIOSKI 5

© A1Pixel sp z o.o. ul. Krasińskiego 15/3, 87-100Toruń, Polska, www.a1pixel.pl ,

Systemy wielokamerowe – jednoczesne wyzwalanie i ograniczenia przepustowości

W wielu aplikacjach widzenia maszynowego stosuje się kilka kamer rejestrujących obraz jednocześnie. Dotyczy to między innymi:

- kontroli jakości produktów z wielu stron,
- systemów 3D i stereowizji,
- robotyki,
- pomiarów wymiarowych,
- szybkich procesów produkcyjnych wymagających synchronizacji czasowej.

W takich systemach kamery są często wyzwalane wspólnym sygnałem sprzętowym (trigger), by wszystkie wykonały ekspozycję dokładnie w tym samym momencie. Niekorzystnym efektem jest fakt, że również jednocześnie wszystkie kamery będą próbować przesłać obraz.

Problem chwilowego przeciążenia

Przy jednoczesnym wyzwoleniu kilku kamer należy pamiętać że USB nie ma mechanizmu negocjacji dostepu do transmisji, a kamery często nie mają pamięci. Obraz , który nie udąło sie nadać to obraz stracony. W rezultacie należy uwzględnić nie tylko średnią przepustowość transmisji, ale również chwilowe obciążenie interfejsu.

Przykład:

- 4 kamery o rozdzielczości 12 Mpix,
- obraz monochromatyczny 8-bit,
- jedna klatka ≈ 12 MB.

Pojedyncza kamera 12MP , osiaga na USB3.0 około 30fps. (średnio 360 MB/s)

Po wspólnym wyzwoleniu:

4 × 12 MB = 48 MB danych przesyłanych niemal równocześnie.

By przesłać taką ilość danych interfejs musiałby w tym ułamku sekundy być wstanie przesłać dane odpowiadające 4x350MBps = 1400 MBps.

W przypadku szybkich akwizycji może to prowadzić do chwilowego przeciążenia magistrali komunikacyjnej, kontrolera USB lub karty sieciowej.

Ograniczenia systemów USB

W praktyce wiele portów USB znajdujących się na płycie głównej nie oznacza istnienia wielu niezależnych kontrolerów USB.

Typowa architektura komputera wygląda następująco:

- kilka gniazd USB,
- jeden lub dwa kontrolery USB,
- wspólna przepustowość dla wszystkich podłączonych urządzeń.

Oznacza to, że cztery kamery podłączone do czterech różnych gniazd mogą nadal współdzielić ten sam kontroler USB.

W rezultacie mogą pojawić się:

- utrata klatek,
- wzrost opóźnień,
- niestabilność transmisji,
- ograniczenie maksymalnej liczby kamer.

Problem ten staje się szczególnie widoczny przy kamerach o dużej rozdzielczości oraz wysokiej liczbie klatek na sekundę.

Karty PCIe z wieloma kontrolerami USB

W systemach wielokamerowych stosuje się specjalizowane karty PCI Express wyposażone w wiele niezależnych kontrolerów USB.

Najczęściej spotykane są karty z niezależnymi złączami dla 4 do 8 portów. Kluczową cechą takich kart jest architektura „Jeden kontroler USB na jedną kamerę”.

Oznacza to, że każdy port USB posiada własny kontroler i własną ścieżkę transmisji do magistrali PCI Express.

Korzyści:

- pełna przepustowość dla każdej kamery,
- brak współdzielenia pasma pomiędzy kamerami,
- większa stabilność transmisji,
- łatwiejsza diagnostyka problemów.

Rozwiązanie to jest powszechnie stosowane w systemach wykorzystujących 4–8 kamer USB3 Vision pracujących synchronicznie.

Zalety GigE Vision w systemach wielokamerowych

GigE Vision został zaprojektowany z myślą o pracy sieciowej i wielokamerowej.

Kamery mogą być podłączone:

- do jednego przełącznika Ethernet,
- do wielu przełączników,
- do dedykowanych kart wieloportowych GigE.

W przypadku jednoczesnego wyzwalania możliwe jest wykorzystanie mechanizmów:

- Packet Delay,
- Inter-Packet Delay,
- Traffic Shaping.

Pozwalają one rozłożyć transmisję danych w czasie o kilka lub kilkanaście mikrosekund, dzięki czemu pakiety z wielu kamer nie docierają jednocześnie do komputera.

W efekcie zmniejsza się ryzyko:

- przepełnienia buforów,
- utraty pakietów,
- przeciążenia interfejsu sieciowego.

Wieloportowe karty GigE

W zaawansowanych systemach stosowane są karty PCIe wyposażone w 2 do 8 portów GigE.

Każdy port posiada własny kontroler sieciowy i własne bufory transmisyjne.

Przykładowa architektura:

- Kamera 1 → Port 1
- Kamera 2 → Port 2
- Kamera 3 → Port 3
- Kamera 4 → Port 4

lub

- 8 kamer → Switch przemysłowy → Karta 10GigE

Takie rozwiązanie jest często łatwiejsze do skalowania niż system oparty na wielu kontrolerach USB.

Synchronizacja wielu kamer

Zarówno USB3 Vision, jak i GigE Vision umożliwiają sprzętowe wyzwalanie wielu kamer.

Jednak w praktyce GigE Vision oferuje dodatkowe mechanizmy synchronizacji:

- Precision Time Protocol (PTP, IEEE 1588),
- wspólne sygnały trigger,
- synchronizację zegarów kamer.

Pozwala to uzyskać synchronizację rzędu mikrosekund, co ma znaczenie w aplikacjach pomiarowych i systemach 3D.

Wnioski

Dla systemów wykorzystujących 1–2 kamery USB3 Vision często zapewnia najwyższą przepustowość przy najniższym koszcie.

Przy systemach zawierających 4–8 kamer wyzwalanych jednocześnie należy dokładnie przeanalizować architekturę komputera i kontrolerów USB. W wielu przypadkach konieczne jest zastosowanie specjalizowanych kart PCIe z zasadą „jeden kontroler na kamerę”.

W przypadku dużych systemów wielokamerowych, szczególnie w automatyce przemysłowej, GigE Vision często okazuje się rozwiązaniem bardziej skalowalnym i łatwiejszym do rozbudowy dzięki wykorzystaniu standardowej infrastruktury Ethernet, mechanizmów zarządzania ruchem sieciowym oraz zaawansowanej synchronizacji kamer.