

Wykonywanie nagrań za pomocą systemu akwizycji ruchu oraz urządzenia mobilnego z synchronizacją wyzwalania nagrań

Karol Walczyna*, Bartosz Jasiński*, Jakub Smółka, Mateusz Miziołek

Politechnika Lubelska, Instytut Informatyki, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Polska

Streszczenie. Głównym problemem podczas przeprowadzania badania z użyciem systemu motion capture wraz z urządzeniem mobilnym jest brak możliwości jednoczesnego startu nagrywania z systemu akwizycji ruchu, jak i z urządzenia przenośnego typu smartfon. Na potrzeby rozwiązania problemu zostały opracowane dwie metody synchronizacji nagrań. Pierwsza z nich to metoda rozpoczynająca nagrywanie po stronie urządzenia mobilnego, natomiast druga to metoda wychwytyjąca rozpoczęcie nagrywania w systemie akwizycji ruchu. Obie metody zostały porównane pod kątem opóźnień oraz korelacji zebranych danych pochodzących z urządzenia mobilnego oraz systemu Vicon Nexus.

Słowa kluczowe: Vicon Nexus; przechwytywanie ruchu; synchronizacja

*Autor do korespondencji.

Adresy e-mail: karolwalczyna@outlook.com*, bartosz.jasinski@outlook.com, jakub.smolka@pollub.pl

Recording using a motion capture system and a mobile device with synchronization of the recording triggering

Karol Walczyna*, Bartosz Jasiński*, Jakub Smółka, Mateusz Miziołek

Institute of Computer Science, Lublin University of Technology, Nadbystrzycka 36B, 20-618 Lublin, Poland

Abstract. The main problem during research with a motion capture system and mobile device is lack of possibility to simultaneously begin recording on the motion capture system and a mobile device. Two methods were developed to solve this problem. In the first method the recording is started on the mobile phone and the motion capture system is notified, in the second method the motion capture system starts recording and notifies the mobile device. Both of them were compared for lags and correlation of data from the mobile device and the motion capture system.

Keywords: Vicon Nexus; motion capture; synchronization

*Corresponding author.

E-mail addresses: karolwalczyna@outlook.com*, bartosz.jasinski@outlook.com, jakub.smolka@pollub.pl

1. Wstęp

Laboratorium Analizy Ruchu i Ergonomii Interfejsów oferuje możliwość przeprowadzania badań pod kątem ruchu człowieka oraz innych obiektów, dzięki umieszczeniu na nich specjalnych markerów. Są one rejestrowane przez system optyczny składający się ze specjalistycznych kamer nagrywających obraz w bliskiej podczerwieni oraz dzięki wykorzystaniu współpracującego oprogramowania Nexus w wersji 2.0 firmy Vicon.

Głównym problemem podczas przeprowadzania badania jest brak możliwości jednoczesnego rozpoczęcia nagrywania z systemu akwizycji ruchu, jak i z urządzenia przenośnego typu smartfon. Przy nagrywaniu z wielu źródeł jest ważna ich synchronizacja.

Problem synchronizacji jest na tyle poważny, że uniemożliwił przeprowadzenie kilku projektów oraz prac naukowo-dydaktycznych w Laboratorium Analizy Ruchu i Ergonomii Interfejsów. Dane pochodzące z tych projektów były mocno stochastyczne. Próby korelacji danych pochodzących z systemu akwizycji ruchu i systemu mobilnego

nie pozwalały na ustalenie, czy dane były przesunięte w czasie, czy były całkowicie niezwiązane.

2. Przegląd istniejących rozwiązań

Podczas wyszukiwania istniejących rozwiązań wybrano trzy rozwiązania synchronizacji związane z systemem motion capture i innymi urządzeniami zewnętrznymi np. instrumenty biomechaniczne, urządzenia mobilne itp.

Pierwsze rozwiązanie prezentuje zastąpienie standardowego systemu akwizycji ruchu poprzez sieć urządzeń mobilnych, które działają jak czujniki pobierające dane [1]. Dane wysyłane są na serwer, który czeka na wszystkie dane pochodzące od wszystkich czujników. Dane są synchronizowane, a następnie wysyłane z powrotem do urządzeń mobilnych w celu przeprowadzenia ich obróbki. Wszystkie urządzenia składające się na sieć urządzeń biorących udział w nagrywaniu muszą zostać uruchomione zdalnie poprzez wyzwalacz. Ręczne uruchamianie jest nieefektywne ze względu na odstępy czasowe uruchomień kolejnych urządzeń. Zdalnym wyzwalaczem w tym przypadku jest usługa sieciowa. Ta usługa wysyła zdarzenia do wszystkich urządzeń jednocześnie, zarówno do rozpoczęcia, jak i zakończenia nagrania. Na potrzeby takiego rozwiązania

autorzy opracowali protokół do transmisji danych w czasie rzeczywistym poprzez sieć Wi-Fi lub 3G. Opracowany protokół pozwala na szybki i bezstratny transfer danych, które przesyłane są w formie pakietów JSON (ang. JavaScript Object Notation). Problem opóźnień wyzwalania może wystąpić w przypadku braku stabilności oraz odpowiedniej szybkości połączenia internetowego danego urządzenia wykorzystanego w sieci. W celu uzyskania jak najmniejszych opóźnień czasowych zastosowano serwer czasu systemu Android. Podczas uruchomienia każdego z urządzeń czas ustawia się według serwera. Czas rozpoczęcia oraz ukończenia nagrywania jest zapisywany. Dane są dopasowywane na serwerze w zależności od różnicy czasowej pomiędzy wyzwoleniem nagrywania, a momentem rzeczywistego rozpoczęcia nagrywania przez urządzenie.

Kolejne rozwiązanie polega na synchronizacji sprzętowej z systemem akwizycji ruchu firmy Vicon. Tematyką pracy jest badanie chodu człowieka przy wykorzystaniu bezprzewodowego wyzwalacza odbierającego i wysyłającego oraz czujnika Shimmera [2]. Czujnik Shimmera wykrywa aktywność chodu i pobiera parametry z czujników inercyjnych. Dane z czujnika Shimmera, zamontowanego na pięcie badanego, dostarczane są do komputera za pomocą protokołu Bluetooth. Dodatkowo dane zostały pobierane osobno z systemu Vicon. Urządzenia nagrywające były wyzwolane poprzez pojedynczy krok. Zbadane opóźnienie wyniosło 2 ms przy 900 próbach. Korelacja danych pochodzących z systemu Vicon oraz z czujnika Shimmera wyniosła 99%. Świadczy to o bardzo dobrej poprawności tej metody synchronizacji.

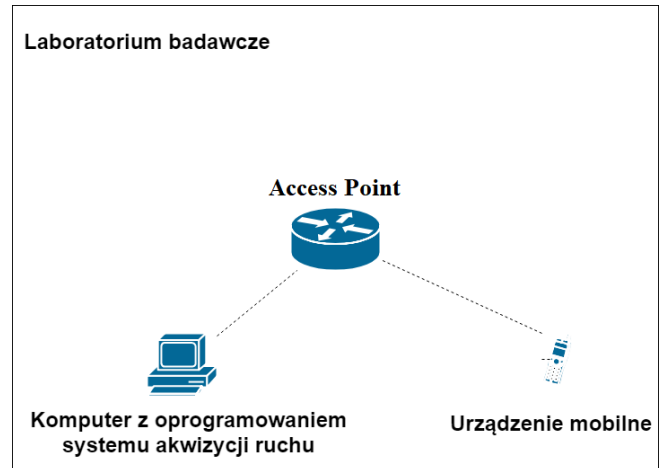
Ostatnie rozwiązanie zawiera metodę synchronizacji danych pomiędzy systemem akwizycji ruchu, a różnymi urządzeniami biomechanicznymi [3]. Metoda oparta jest na sygnałach analogowych. Wykorzystane zostało oprogramowanie QUARC służące do sterowania w czasie rzeczywistym. Jest ono zintegrowane z programem MATLAB. Jako system akwizycji ruchu wykorzystano system Cortex. Dane zbierane są przez program QUARC znajdujący się na głównym komputerze, który również odpowiada za rozpoczęcie oraz kończenie nagrywania. Następnie obróbka danych odbywa się w programie MATLAB. Komputer główny posiada wyjście analogowe, które jest podłączone z wejściem systemu akwizycji ruchu. Badania zostały przeprowadzone na dwóch systemach akwizycji ruchu, jeden znajduje się na oddzielnym komputerze, natomiast drugi jest zlokalizowany na głównym komputerze, na którym jest zainstalowany program QUARC. W przypadku drugiego urządzenia wymagany jest dodatkowy port analogowy. Sygnał analogowy określa dokładny czas zegara programu QUARC w momencie zbierania danych systemu akwizycji ruchu. Opóźnienie przeprowadzonych badań wyniosło 3,5 ms

3. Opracowane metody synchronizacji nagrań

3.1. Metoda kliencka

Istotą działania metody klienckiej jest uruchomienie nagrania na telefonie, który wyzwala nagrywanie w systemie Vicon Nexus. Utworzono prostą sieć bezprzewodową,

w której znajduje się urządzenie mobilne i komputer z oprogramowaniem systemu akwizycji ruchu. Pogląd tej sieci zaprezentowany jest na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat sieci

Przesyłanie informacji odbywa się za pomocą protokołu UDP (ang. User Datagram Protocol). Jest to protokół bezpołączeniowy, który pozwala na szybkie dostarczanie informacji [4]. W ramach tego protokołu nie występuje żadna walidacja, czy dany pakiet został dostarczony lub, czy dane są poprawne. Zastosowanie protokołu TCP/IP spowodowałoby znaczne opóźnienie wyzwalania nagrania.

Aby rozpocząć nagranie, do systemu akwizycji ruchu, należy przesłać odpowiedni XML z następującymi informacjami:

- nazwa nagrania;
- notatki;
- opis;
- miejsce zapisu nagrania;
- możliwe opóźnienie;
- techniczne pole identyfikujące pakiet.

Wymagane jest dodatkowo, aby długość przesłanej wiadomości zawierała minimum 500 znaków. Najlepsze rozwiązanie to wypełnienie spacjami do określonej liczby znaków w dowolnym miejscu, poza definicjami atrybutu tak, aby nie została naruszona poprawność schematu XML. Przykładowy schemat XML rozpoczynający nagranie znajduje się w listingu 1.

Przykład 1. Schemat XML rozpoczynający nagranie

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<CaptureStart>
  <Name VALUE="nazwa nagrania"/>
  <Notes VALUE="aa"/>
  <Description VALUE="bb"/>
  <DatabasePath VALUE="D:\NagraniaVicon"/>
  <Delay VALUE="" />
  <PacketID VALUE="0"/>
</CaptureStart>
```

3.2. Metoda serwerowa

Celem metody serwerowej jest zarejestrowanie zdarzenia rozpoczęcia nagrania przez urządzenie mobilne. Komunikat

o rozpoczęciu nagrania jest wysyłany przez system akwizycji ruchu. Schemat sieci pozostaje taki sam jak na rysunku 1. Tak samo jak w metodzie klienckiej wysyłanie odbywa się z wykorzystaniem protokołu UDP. W momencie kończenia nagrania system Vicon wysyła kolejny komunikat o zakończeniu nagrania. Przykładowy odbierany komunikat znajduje się na listingu 2.

Przykład 2. Odebrany komunikat z systemu akwizycji ruchu

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="no" ?>
<CaptureStart>
  <Name VALUE="nazwa_nagrania"/>
  <Notes VALUE=""/>
  <Description VALUE=""/>
  <DatabasePath VALUE="D:\NagraniaVicona\"/>
  <Delay VALUE=""/>
  <PacketID VALUE="0"/>
</CaptureStart>
```

4. Opis badań

W ramach badań metod synchronizacji przeprowadzone zostały wspólne badania wraz z Mateuszem Miziołkiem tworzącym prace dyplomową o tytule „Badanie dokładności pomiaru kątów za pomocą czujników inercyjnych i systemu akwizycji ruchu”.

Badanie metod synchronizacji odbyło się w laboratorium wyposażonym w niezbędny sprzęt potrzebny do działania systemu akwizycji ruchu. Politechnika Lubelska oferuje w zasobach Laboratorium Analizy Ruchu i Ergonomii Interfejsów wymagany sprzęt i oprogramowanie. System akwizycji ruchu został wyprodukowany przez firmę Vicon.

Do działania metody badania kątów użyto następujących narzędzi:

- statyw 3D WT-3130;
- mysz bezprzewodowa na Bluetooth;
- urządzenie mobilne Huawei P10;
- aparatura Systemu Vicon Nexus 2.0.

System motion capture składa z następujących elementów:

- 8 kamer nagrywających w bliskiej podczerwieni (MX-T40S);
- 2 kamer wideo nagrywających obraz rzeczywisty (Bonita 720C);
- urządzenia kalibracyjne (Active Wand);
- MX Giganet;
- komputera PC z oprogramowaniem Nexus.

Skonstruowana sieć składała się ze switcha i punktu dostępowego. Aby telefon mógł znaleźć się w izolowanej sieci lokalnej korzystającej z Wi-Fi, do switcha został podłączony punkt dostępowy. W celu ułatwienia komunikacji zostały ustawione statyczne adresy IP na urządzeniach. Zdecydowano się na wybranie tego typu rozwiązania z dwóch powodów. Pierwszym z nich jest brak zmiany adresu przy utraceniu połączenia z siecią. Drugim jest utrzymanie stałej konfiguracji aplikacji badawczej.

W celu zbadania metod synchronizacji należało użyć wzorca badawczego. Istotą jego jest zbadanie pewnego

problemu naukowego przy użyciu urządzeń mobilnych i systemu motion capture. Służył on do otrzymania danych, na podstawie, których następnie ustalono opóźnienia charakteryzujące metody synchronizacji.

Scenariusze wzorcowe zostały opracowane przez Mateusza Miziołka.

Każdy scenariusz wzorcowy został przeprowadzony oddzielnie dla każdej metody synchronizacji nagrań. W ramach danego scenariusza przeprowadzono po 3 próby ze względu na możliwe niepowodzenie nagrania zarówno po stronie systemu mobilnego jak i systemu motion capture. Wszystkich scenariuszy wzorcowych jest siedem, łącznie dla obu metod przeprowadzono 42 próby.

Oznakowanie skrótów scenariuszy wygląda w następujący sposób. Pierwsza litera skrótu S oznacza scenariusz. Następny znak to numer scenariusza. Pierwszy scenariusz podzielony został na 3 odrębne scenariusze. Te scenariusze badają konkretną oś obrotu. W tych scenariuszach następna litera oznacza oś wokół, której odbywa się obrót. Litera R oznacza obrót wokół osi y, P oznacza obrót wokół osi x, a Y oznacza obrót wokół osi z. Scenariusz S1R został dodatkowo podzielony na dwie części oznaczone jako CZ1 oraz CZ2

Nazwy scenariuszy oraz badane kąty obrotu wokół osi znajdują się w tabeli 1.

Tabela 1. Scenariusze badawcze

Nazwa scenariusza	Badany obrót wokół osi
S1P	OX
S1Y	OZ
S1RCZ1	OY
S1RCZ2	OY
S2	OX, OY, OZ
S3	OX, OY, OZ
S4	OX, OY, OZ

Wszystkie scenariusze zbadano najpierw dla metody klienckiej, a następnie wszystkie dla metody serwerowej. Nie były badane naprzemiennie lecz po sobie.

5. Obróbka nagrania

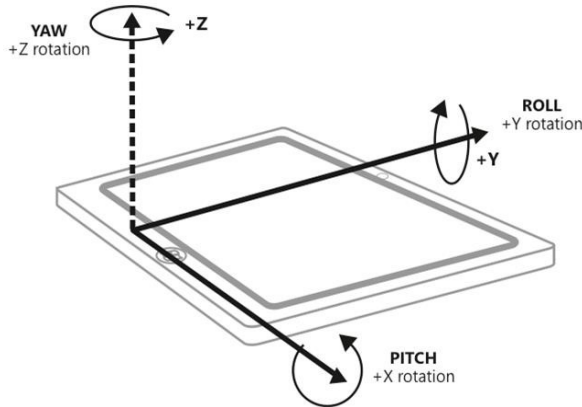
Każde nagranie musiało zostać poddane obróbce polegającej na wykonaniu następujących czynności:

- 1) Wczytanie pliku nagrania do programu Vicon Nexus.
- 2) Stworzenie lub wczytanie obiektu (ang. subject) urządzenia mobilnego.
- 3) Rekonstrukcja trójwymiarowych trajektorii markerów w nagraniu poprzez wybranie opcji Reconstruct.
- 4) Oznaczenie każdego z markerów odpowiednią ustaloną etykietą.
- 5) Utworzenie segmentu na podstawie wszystkich markerów.
- 6) Uzupełnienie luk (ang. gaps) nagrania.
- 7) Eksportowanie wyników.

Wyeksportowany plik wynikowy zawiera pozycje każdego markera w czasie nagrania.

6. Obliczanie kątów na podstawie punktów

Wszystkie współrzędne markerów zamieniono na odpowiadające im kąty. Kąty wyznaczono zgodnie z artykułem doktora Stevena M. LaValle [5]. Utworzono macierz obrotu ze współrzędnych trzech markerów. Wybrano markery o najmniejszej liczbie luk. Macierz obrotu należy odbierać jako złożenie trzech obrotów wokół osi X, Y, Z [6]. Graficzne przedstawienie osi znajduję się na rysunku 2.



Rys. 2. Przedstawienie obrotu wokół osi X, Y i Z względem telefonu [7].

Pierwszy obrót to obrót o kąt γ wokół osi Z. Drugi obrót to obrót o kąt α wokół osi X. Trzeci obrót to obrót o kąt β wokół osi Y. Otrzymana macierz ma postać taką daną wzorem 1.

$$\begin{pmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{pmatrix} \quad (1)$$

gdzie: r_{xy} – jeden z punktów wektora powstałych po utworzeniu macierzy obrotu, x – jeden z trzech wektorów, y – jedna z trzech składowych wektora [8].

Dane pochodzące z urządzenia mobilnego przyjmują wartości w przedziale od -180 do 180 stopni. Do obliczenia wartości kątów wykorzystana została funkcja atan [9], która zwraca wartość arcus tangens z podanego parametru. Ta funkcja zwraca wartości tylko w zakresie od -90 do 90 stopni. Utrudnia to porównywanie danych z obu źródeł. Aby rozwiązać ten problem, wzory z [5] zostały zmodyfikowane tak, aby użyć funkcji atan2 [10], która przyjmuje wartości z zakresu -180 do 180 stopni. Funkcja atan2 zwraca wartość arcus tangens dla dwóch podanych koordynat. Wspomniane wzory przyjmą następującą postać (równania 2-4).

$$\alpha = \text{atan2}(r_{21}, r_{11}) \quad (2)$$

$$\beta = \text{atan2}(-r_{31}, \sqrt{r_{32}^2 + r_{33}^2}) \quad (3)$$

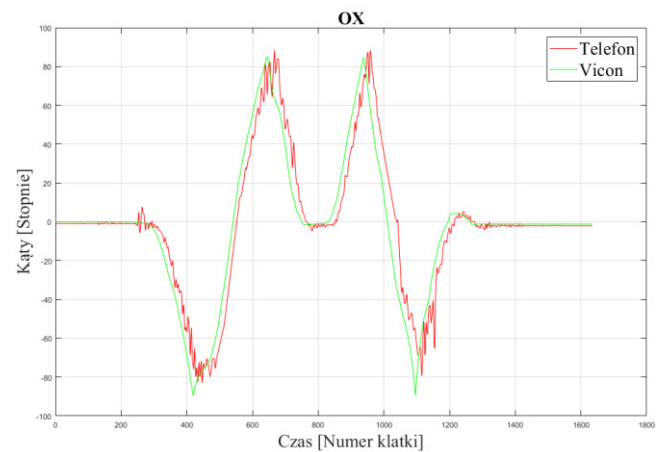
$$\gamma = \text{atan2}(r_{32}, r_{33}) \quad (4)$$

7. Wyniki

Wyniki każdego z badań zostały umieszone w podrozdziałach dla konkretnego scenariusza. Każdy scenariusz posiada tabele z wyliczonymi korelacjami i opóźnieniami dla udanych prób.

7.1. S1P

Na rysunku 3 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OX.



Rys. 3. Przebieg nagrania dla scenariusza S1P.

W tabeli 2 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

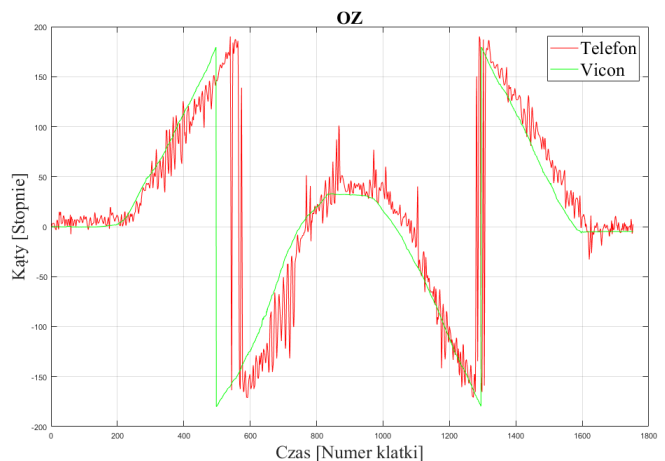
Tabela 2. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S1P.

Metoda	Próba	OX	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	1	260	99,43
	3	230	98,22
2	1	230	99,22
	2	190	99,03
	3	100	97,61

Najmniejsze opóźnienia występują w metodzie serwerowej. Współczynnik korelacji jest na podobnym poziomie.

7.2. S1Y

Na rysunku 4 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OZ.



Rys. 4. Przebieg nagrania dla scenariusza S1Y.

W tabeli 3 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

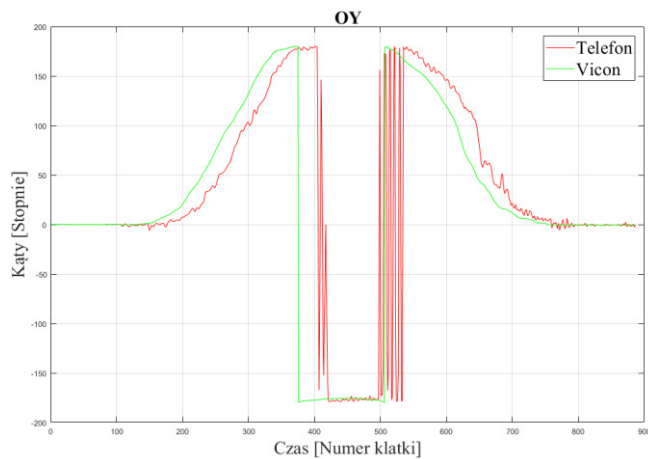
Tabela 3. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S1Y.

Metoda	Próba	OZ	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	1	260	87,88
	2	430	67,99
	3	90	66,23
2	1	540	68,43
	2	540	61,33
	3	570	58,57

Tylko w pierwszej próbie metody pierwszej korelacja była wysoka przy zachowaniu dobrego opóźnienia. Ze względu na niską korelację te dane nie były brane pod uwagę do porównania metod.

7.3. S1RCZ1

Na rysunku 5 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OY.



Rys. 5. Przebieg nagrania dla scenariusza S1RCZ1.

W tabeli 4 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

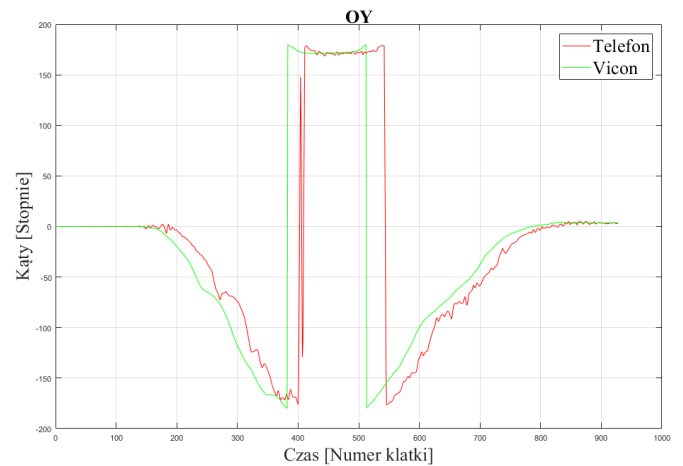
Tabela 4. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S1RCZ1.

Metoda	Próba	OY	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	1	290	61,08
	2	330	71,89
	3	280	87,62
2	1	180	58,13
	2	260	98,91
	3	200	63,11

Korelacje są niskie ze względu na wahania odczytów z urządzenia mobilnego.

7.4. S1RCZ2

Na rysunku 6 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OY.



Rys. 6. Przebieg nagrania dla scenariusza S1RCZ2.

W tabeli 5 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

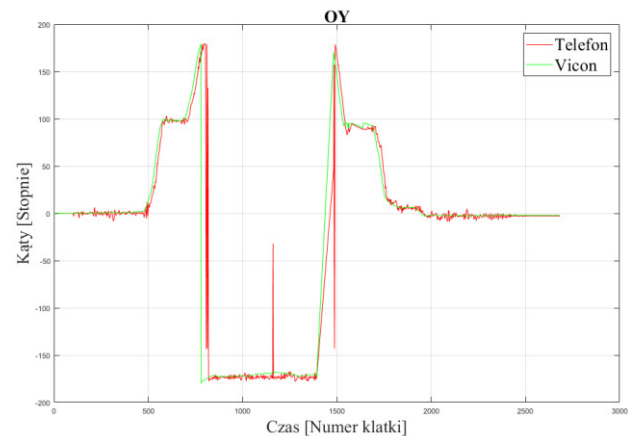
Tabela 5. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S1RCZ2.

Metoda	Próba	OY	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	1	280	92,82
	2	340	85
	3	300	95,78
2	1	220	94,44
	2	230	97,56

We wszystkich przypadkach współczynnik korelacji jest wysoki. Najmniejsze opóźnienia są w metodzie drugiej.

7.5. S2

Na rysunku 7 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OY.



Rys. 7. Przebieg nagrania dla scenariusza S2.

W tabeli 6 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

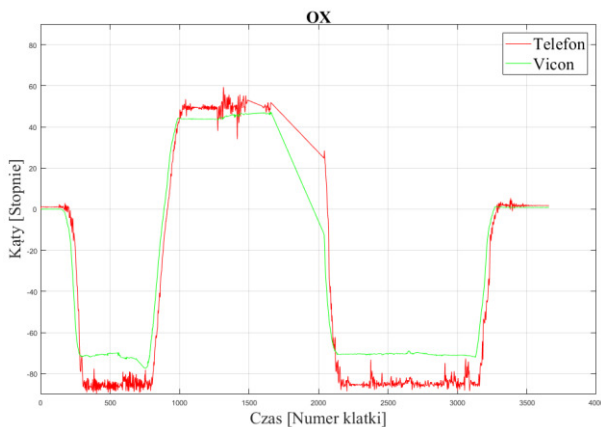
Tabela 6. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S2.

Metoda	Próba	OY	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	2	290	93,38
	3	320	45,65
2	1	210	89,64
	2	250	53,33
	3	240	93,43

W próbie 3 metody pierwszej oraz w próbie 2 metody drugiej jest niższa korelacja ze względu na wahania wartości pomiędzy granicami przedziałów.

7.6. S3

Na rysunku 8 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OX.



Rys. 8. Przebieg nagrania dla scenariusza S3.

W tabeli 7 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

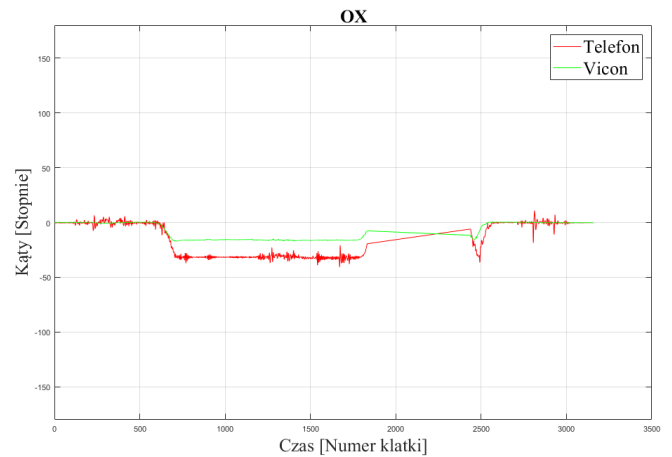
Tabela 7. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S3.

Metoda	Próba	OY	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	3	240	99,72
2	1	190	99,32
	2	180	99,34

Opóźnienia są niskie przy zachowaniu wysokiego współczynnika korelacji.

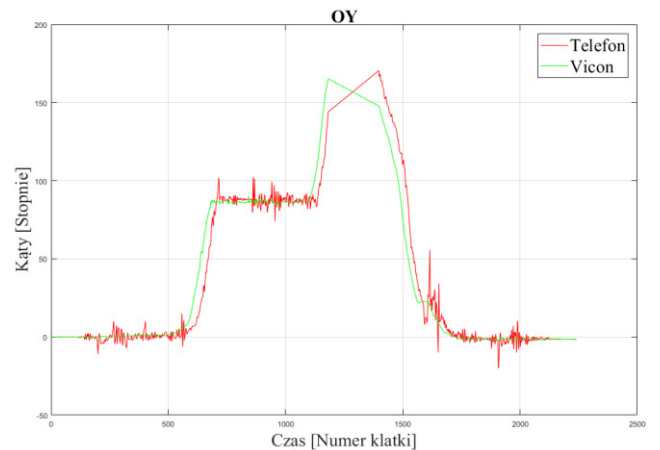
7.7. S4

Na rysunku 9 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OX.



Rys. 9. Przebieg nagrania osi OX dla scenariusza S4.

Na rysunku 10 znajduje się przykładowy przebieg obrotu wokół osi OY.



Rys. 10. Przebieg nagrania osi OY dla scenariusza S4.

W tabeli 8 znajdują się korelacje i opóźnienia dla tego scenariusza.

Tabela 8. Opóźnienie oraz korelacja badanych metod dla scenariusza S4.

Metoda	Próba	OX		OY	
		Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]	Opóźnienie [ms]	Korelacja [%]
1	1	280	96,49	270	99,77
	2	12250	2,98	240	99,33
	3	270	99,24	290	98,72
2	1	180	99,51	260	99,42
	2	30	99,24	0	99,32

W tym scenariuszu zarówno oś X jak i oś Y miały wysoki współczynnik korelacji przy zachowaniu niskiego opóźnienia. W drugiej próbie metody drugiej zerowe opóźnienie świadczy prawdopodobnie o błędzie w nagraniu.

8. Porównanie

Przyjęto następujące kryteria porównawcze opracowanych metod synchronizacji nagrań:

- wygoda użytkowania;

- wykonane próby badania;
- opóźnienia;
- korelacja wyników.

Wygoda użytkownika określa łatwość pracy tzn., czy metoda wymaga dużo pracy przy konfiguracji i przystosowaniu metody. Wykonane próby badania określają efektywność bezawaryjności metody. Im mniej było przeprowadzonych powtórzeń prób tym lepiej. Opóźnienie określa przesunięcie wyników w czasie. Korelacja wyników świadczy o poprawności metody badawczej.

Wygoda użytkownika metody klienckiej polega na tym, że nie trzeba fizycznie rozpoczynać nagrywania przy komputerze zawierającym oprogramowanie Vicon Nexus. Osoba przeprowadzająca badanie może być w tym wypadku również obiektem badaniem. Awaryjność metody klienckiej polegała na tym, że raz na jakiś czas nie rozpoczynało lub nie kończyło się nagrywanie po wciśnięciu przycisku w aplikacji mobilnej.

Metoda serwerowa okazała się również łatwa w użytkowaniu. Ta metoda okazała się metodą bezawaryjną. Wszystkie próby nagrań udały się za pierwszym razem.

W tabeli 9 przedstawiono średnią i medianę dla każdej z metod. Uwzględniono tylko próby, w których korelacja wyniosła powyżej 90%. Aby wyeliminować wysokie wartości opóźnienia spowodowane niską jakością danych z telefonu.

Tabela 9. Średnia i mediana opóźnień dla każdej z metod.

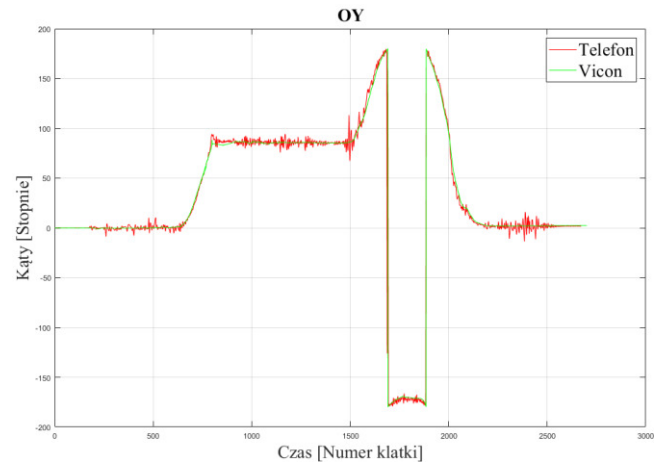
		Kliencka	Serwerowa
Opóźnienie	Średnia[ms]	268	187
	Mediana[ms]	270	180

Na podstawie powyższych kryteriów porównawczych najlepszą opracowaną metodą synchronizacji nagrań okazała się metoda serwerowa. Cechuje się głównie bezawaryjnością działania oraz mniejszym poziomem opóźnień w stosunku do metody klienckiej. Patrząc pod kątem użytkowym lepsza wydają się metoda kliencka głównie ze względu na łatwą obsługę zdalnego rozpoczynania i kończenia nagrań.

9. Wnioski

Metody zostały opracowane i zaimplementowane. Wszystkie metody wykorzystują protokół sieciowy UDP do komunikacji pomiędzy obydwoma systemami. Podstawową różnicą pomiędzy nimi jest podmiot wyzwalający start nagrania. Przeprowadzone badania wykazały, że metody synchronizacji się sprawdziły. Metoda kliencka jest łatwiejsza do implementacji oraz w prowadzeniu badań. W tej metodzie występowały częste awarie startu i stopu nagrywania. Metoda serwerowa przyniosła mniejsze opóźnienie. Zaletą tej metody jest bezawaryjność.

Efektom pracy jest możliwość szybkiego porównania wyników nagrania pochodzących z systemu Vicon Nexus, a innym urządzeniem mobilnym. Znając średnie opóźnienie każdej z metod można zastosować je w pracach i badaniach naukowych np. takich jak przedstawione scenariusze wzorcowe. Przykładowy wygląd dopasowania danych pochodzących z systemu motion capture i urządzenia mobilnego został przedstawiony na rysunku 11.



Rys. 11. Po zastosowaniu dowolnej metody i przesunięciu ze znanym średnim opóźnieniem.

Literatura

- [1] Pascu T., White M., Patoli Z.: Motion capture and activity tracking using smartphone-driven body sensor networks, Third International Conference on Innovative Computing Technology (INTECH 2013), 2013.
- [2] Kugler P., Schlarb H., Blinn J., Picard A., Eskofier B.: A Wireless Trigger for synchronization of Wearable Sensor to External System during Recording of Human Gait, Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc, 2012.
- [3] Komisar V., Novak A.C., Haycock B. A novel method for synchronizing motion capture with other data sources for milliseconds-level precision, Gait Posture, 2017.
- [4] Krzysiak K.: Sieci komputerowe. Kompendium. Wydanie II Helion, 2015.
- [5] LaValle S.: Planning Algorithms, Cambridge University Press, 2006.
- [6] Bułka D., Świder P.: Model pojazdu zastosowany w programie V-SIM do symulacji ruchu i zderzeń pojazdów samochodowych, Zeszyty Naukowe Politechniki Świętokrzyskiej. Mechanika, 2004.
- [7] <https://stackoverflow.com/questions/32466314/apple-watch-cmdevicemotion-is-not-giving-me-good-readings> [18.11.2018]
- [8] Evans P.: Rotations and rotation matrices, Acta Crystallographica Section D Biological Crystallography, 2001.
- [9] <http://www.cplusplus.com/reference/cmath/atan/> [18.11.2018]
- [10] <http://www.cplusplus.com/reference/cmath/atan2/?kw=atan2> [18.11.2018]