

2. Analiza istniejących rozwiązań

W literaturze można znaleźć wiele projektów realizujących interfejs człowiek-komputer przeznaczony dla osób z niepełnosprawnością ruchową, w których komunikacja odbywa się poprzez protokół Bluetooth. Opracowywane są one, aby wspomóc te osoby w codziennym, samodzielnym obsłudze urządzeń, takich jak komputer czy telefon komórkowy. Niejednokrotnie jest to jedyny sposób, by osoby niepełnosprawne mogły z nich korzystać.

Przykładem takiego projektu jest urządzenie skonstruowane przez koreańskich studentów Narodowego Uniwersytetu Seulskiego w ramach projektu grupowego. Stworzyli oni interfejs człowiek-komputer przeznaczony dla osoby ze znaczną niepełnosprawnością ruchową. Stworzony przez nich system składał się z przełącznika służącego do sterowania, dwóch modułów Bluetooth MD-5XR komunikujących się z komputerem oraz telefonem komórkowym, z układu ładowania baterii, mikrofonu, głośnika oraz wyświetlacza. Wszystkie te elementy połączone zostały ze sobą za pomocą układu elektronicznego z mikrokontrolerem Hercules TMS470M firmy Texas Instruments.

Twórcy zdecydowali się na sterowanie interfejsem przy użyciu jednego przełącznika ze względu na wymagania postawione im przez odbiorcę systemu. Był nim profesor wymienionego wcześniej uniwersytetu, który doznał uszkodzenia rdzenia kręgowego w wypadku samochodowym, co spowodowało paraliż czterokończynowy. Tworzone urządzenie musiało być także lekkie oraz nie mogło pobierać dużej ilości energii elektrycznej, ponieważ miało być używane przez osobę poruszającą się na wózku inwalidzkim.

Studenci do obsługi poleceń wykorzystali algorytmy kolejkiowania obsługiwane przez semafor, które czuwały nad odpowiednią synchronizacją poleceń otrzymywanych od użytkownika, które następnie wysyłane były do odpowiedniego urządzenia z wykorzystaniem technologii Bluetooth. Wymogiem działania tego systemu było m. in. zapewnienie braku konieczności parowania połączenia interfejsu z komputerem oraz telefonem komórkowym. Z tego powodu zastosowano dwa moduły Bluetooth, indywidualnie dla każdego urządzenia komunikującego się z interfejsem.

Autorzy w [1] stwierdzili, iż czas 15 tygodni dany studentom na realizację tego projektu był zbyt krótki, aby zrealizować tak duży projekt od zera przez studentów bez odpowiedniego doświadczenia w tworzeniu takich systemów. Jednakże świadome użycie przez nich gotowego układu elektronicznego wspierającego wiele GPIO (general-purpose input/output) spowodowało znaczne skrócenie czasu realizacji projektu. Studenci nauczyli się, iż korzystanie z gotowych rozwiązań (platform) znacznie przyspiesza prace nad projektem. Warto zaznaczyć, że studenci Ci zdobyli wcześniej podstawy wiedzy z zakresu systemów wbudowanych na kursach organizowanych dla nich przez uczelnię. Dało im to możliwość całkowitej realizacji projektu oraz otworzyło wiele ścieżek kariery zawodowej niedostępnych bez odpowiedniej pomocy ze strony uczelni. Studenci Ci za swój projekt otrzymali w 2009 roku nagrodę Ministra Edukacji, Nauki i Technologii Korei Południowej.

Kolejnym przykładem jest interfejs człowiek-komputer oparty na platformie Android oraz wykorzystujący urządzenie jakim jest robot do rehabilitacji dłoni (Hand Rehabilitation Robot). Autorzy w [2] stworzyli system służący do rehabilitacji dłoni, który zbudowany jest z czterech warstw:

- interfejsu użytkownika (aplikacja Android),
- dostępu do danych,
- treningu rehabilitacyjnego w wirtualnej rzeczywistości,
- indywidualnej rehabilitacji.

Aplikacja mobilna może sterować robotem poprzez protokół Bluetooth i wyświetlać parametry procesu rehabilitacji w czasie rzeczywistym w postaci wykresów. Aplikacja ta ma również możliwość stworzenia wirtualnej rzeczywistości, którą jest gra na pianinie. Jej zadaniem jest skłanianie pacjentów do podejmowania treningu rehabilitacyjnego co w efekcie prowadzi do polepszania rezultatów terapii.

Stworzony w ten sposób system wychodzi naprzeciw obecnym technologiom, które opierają swoje działanie na komputerach klasy PC, bądź na wyspecjalizowanych urządzeniach mobilnych, które nie zaspokajają wymagań pacjentów co do wielkości, wagi czy ceny urządzenia. Użycie technologii, jaką jest urządzenie mobilne oparte na systemie Android, pozwoliło pozbyć się ograniczeń co do miejsca przeprowadzania terapii, skutkiem czego jest zadowolenie pacjentów z rehabilitacji.

Warstwa dostępu do danych wysyła dane na temat szybkości oraz kąta wykonywanego ruchu palca, bądź dłoni do warstwy interfejsu użytkownika poprzez kanał RFCOMM. Przesłane w ten sposób dane gromadzone są w bazie SQLite, która wbudowana jest w systemie Android. Dane te zostają następnie przetworzone i przekazane do modułu analizy (wykresy), dzięki czemu pacjenci widzą swoje parametry rehabilitacji, co z kolei umożliwia im poprawę swoich wyników. Raz połączony moduł komunikacyjny Bluetooth umożliwia przesyłanie danych w czasie rzeczywistym z/do robota do rehabilitacji dłoni. W celu ustanowienia połączenia Bluetooth użyto wbudowanego w system Android API realizującego adapter Bluetooth, klasę Bluetooth Device, połączenie Bluetooth, itd.

Ważnym aspektem jest również zdalna analiza danych rehabilitacyjnych przez doktora odpowiedzialnego za realizację terapii. W tym celu dane z urządzenia mobilnego wysyłane są do serwera, który przechowuje dane wszystkich pacjentów. Terapeuta ma możliwość podglądu tych danych na aplikacji desktopowej, która łączy się z wyżej wymienionym serwerem w celu pobrania danych. Ponadto terapeuta może także wysłać rekomendacje dotyczące terapii do pacjenta w celu poprawy wyników.

Następnym rozwiązaniem godnym przytoczenia jest urządzenie realizujące interfejs człowiek-komputer w bardzo wymyślny i techniczny sposób. Mianowicie, urządzenie Myo (Gesture Control Armband), bo o nim mowa zostało stworzone przez firmę Thalmic Labs. Jest to kontroler wykorzystujący elektromiografię (electromyography), czyli technikę medycznej diagnozy czynności elektrycznej mięśni oraz dziewięcioosiowy inercyjny układ pomiarowy, który daje informację o trzech osiach z akcelerometru, trzech osiach z żyroskopu oraz trzech osiach magnetycznych. Urządzenie dostarcza dwóch typów danych, przestrzennych oraz gestykulacyjnych.

Dane przestrzenne informują o orientacji oraz ruchu ręki użytkownika, podczas gdy dane gestykulacyjne dają informację o tym, co użytkownik robi ze swoimi dłońmi, które to przyjmują jedną z góry ustalonych form (gestów). Urządzenie komunikuje się z innymi urządzeniami, takimi jak komputer, bądź smartphone za pomocą protokołu Bluetooth [3].

Urządzenie to pozwala na kontrolowanie innych urządzeń poprzez wykonywanie ruchów rąk oraz gestów dłoni. W ten sposób można na przykład sterować pokazem slajdów, zmieniać aktualnie odtwarzany utwór muzyczny w telefonie czy nawet sterować dronem [4].

Kolejnym zastosowaniem tego kontrolera jest możliwość rehabilitacji kończyn górnych, w tym dłoni. Autorzy w [3] pokazali użycie tego urządzenia w rehabilitacji dłoni. Osoba terapeutowana, wykonując odpowiednie gesty, sterowała wirtualną ręką (symulacja stworzona na silniku Unity3D) w celu wykonania zadań treningowych, np. złapania piłki.

Urządzenie na chwilę obecną dostępne jest komercyjnie w cenie 199 USD w wersji kolorystycznej czarnej lub białej. Istnieje również możliwość pobrania aplikacji współpracujących z tym rozwiązaniem, np. MyoMusic, Spotify, Netflix czy VLC.

Ostatnim przytoczonym projektem realizującym rehabilitację dłoni jest nowatorskie urządzenie do kinezyterapii opracowane przez Wydział Elektrotechniki i Elektroniki Uniwersytetu w Cagliari. Urządzenie to jest osadzone w metalowej aktówce w celu zagwarantowania wytrzymałości i możliwości przenoszenia. Jego wnętrze składa się z licznych czujników rezystancyjnych i przyrządów rejestrujących ruchy pacjenta, a dużą zaletą jest to, iż może być wykorzystywane zarówno w przychodniach do oceny funkcjonalnej dłoni poprzez połączenie z komputerem PC, jak i bezpośrednio w domach pacjentów. W ostatnim przypadku urządzenie kieruje pacjentem w trakcie sesji rehabilitacyjnej, a po jej zakończeniu odpowiednie statystyki są wysyłane na serwer TCP/IP z wykorzystaniem połączenia GSM/GPRS.

Interfejs pacjenta jest bardzo prosty, aby bez problemu mógł być obsługiwany przez osoby w każdym wieku. Przeprowadzone badania z udziałem 10 pacjentów z reumatoidalnym zapaleniem stawów oraz 10 z twardziną układową wykazały, iż urządzenie jest skuteczne, bezpieczne i może służyć jako narzędzie wykorzystywane w praktyce klinicznej do oceny niepełnosprawności dłoni oraz monitorowania postępów terapii, nie tylko w przypadku dwóch wymienionych powyżej chorób.

Twórcy tego rozwiązania opracowali siedem różnych zadań, z których każde wymaga wielokrotnego powtarzania tych samych gestów. Wśród nich wyróżnia się następujące ćwiczenia izometryczne:

- ściskanie czujnika palcami,
- chwytanie całą dłonią,
- złączanie kciuka z pozostałymi palcami danej dłoni,
- przekręcanie gałki palcami,

oraz dynamiczne:

- rozszerzanie dłoni,
- szybka manipulacja gałką,
- stukanie palcami (jak na klawiaturze/pianinie).

Ponadto na początku i końcu terapii mierzona jest temperatura w zakresie od 20 do 40 °C do celów porównawczych.

Całym systemem zarządza mikrokontroler o niskim poborze mocy MSP430FG4618 firmy Texas Instruments. Funkcje komunikacyjne są realizowane za pomocą wbudowanego modułu GSM/GPRS połączonego z portem mikrokontrolera USART (Universal Synchronous and Asynchronous Receiver and Transmitter) i zewnętrznym modulem Bluetooth połączonym z interfejsem USCI (Universal Serial Communication Interface). Komunikacja z adapterem Bluetooth w komputerze pozwala na sterowanie urządzeniem. Wybór zewnętrznego modułu Bluetooth jest podyktowany potrzebą zapewnienia takich funkcjonalności tylko terapeutom. W przypadku bezpośredniego połączenia z komputerem wydobyte dane przesyłane są raz na sekundę w czasie rzeczywistym. W przypadku braku połączenia z komputerem moduł Bluetooth nie jest uruchamiany, statystyki są przechowywane do końca sesji i wysyłane na serwer po jej zakończeniu.

System jest zasilany za pomocą baterii, posiada również złącze zasilania (tylko do ładowania). Urządzenie zostało wyposażone w pewne mechanizmy bezpieczeństwa, np. ochrona przed makroszkokami (np. brak możliwości używania urządzenia w trakcie ładowania) i urazami mechanicznymi (miękkie materiały, zaokrąglone krawędzie).

Powyższy system działa w oparciu o architekturę klient – serwer wykonaną przy użyciu języka programowania C++, natomiast jako bazę danych wykorzystano SQLite. Po włączeniu urządzenia następuje połączenie z serwerem TCP/IP, który automatycznie przechodzi w tryb nasłuchu. W chwili rozpoczęcia terapii użytkownik wykonuje serię ćwiczeń, których wyniki otrzymuje się za pomocą licznych sensorów zawartych w urządzeniu. Następnie uzyskane rezultaty wysyłane są na serwer i odbierane przez terapeutę w postaci pliku w formacie CSV (Comma-Separated Values) w momencie uruchomienia aplikacji klienckiej. Pobrane dane zawierają wyniki ostatnich sesji rehabilitacji pacjentów i są wizualizowane w postaci wykresów. Klient może zbudować zapytania do tworzenia zapytań w celu otrzymania interesujących go danych, jednakże w celu ochrony integralności danych nie jest możliwe usunięcie żadnych danych z serwera TCP/IP z aplikacji terapeutycznej.

Prawdopodobna cena urządzenia w przypadku masowej produkcji wyniosłaby około 700 euro [5].

WYKAZ LITERATURY

- [1] K. Younghyun, L. Jooyeon, K. Youngshin i C. Naehyuck, „Bluetooth Wireless Handset for People with Severe Motor Disabilities: Capstone Design Project for Rehabilitation Technology”, Department of EECS/CSE, Seoul National University, Seoul, Korea, 2011.
- [2] Z. Fuhai, W. Xiangyu, Y. Yuan, F. Yili i W. Shuguo, „A Human-machine Interface Software Based on Android System for Hand Rehabilitation Robot”, *2015 IEEE International Conference on Information and Automation*, 2015.
- [3] R. Lipovský i H. A. Ferreira, „Hand therapist: A rehabilitation approach based on wearable technology and video gaming”, *2015 IEEE 4th Portuguese BioEngineering Meeting*, 2015.
- [4] „Witryna Myo firmy Thalmic Labs”, 2016. [Online]. Dostępne na: <https://www.myo.com/>. [Odwiedzono: 27.03.2016].
- [5] D. Pani, G. Barabino, A. Dessi, I. Tradori, M. Piga, A. Mathieu i L. Raffo, „A Device for Local or Remote Monitoring of Hand Rehabilitation Sessions for Rheumatic Patients”, *2014 IEEE Journal of Translational Engineering in Health and Medicine*, 2014.