

## Koncepcja systemu telemedycznego z komunikacją głosową służącego do przypominania i zdalnej kontroli zażywania leków przez pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych

**Streszczenie.** Artykuł przedstawia koncepcję systemu telemedycznego służącego do przypominania i zdalnej kontroli zażywania leków przez pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych. Motywacją do powstania koncepcji systemu stanowią problemy pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych związane z zapominaniem o regularnym zażywaniu leków. Głosowy sposób komunikacji z pacjentem został wybrany z uwagi na ewentualne trudności takich pacjentów w posługiwaniu się aplikacjami z interfejsem graficznym.

**Abstract.** This article presents a concept architecture of a telemedicine system designed to remind and to remotely control taking medication by geriatric and mental patients. The idea of the system emerged because of the problems of such patients in correct and regular medication taking. Due to possible problems related to using computer graphical interfaces, we have chosen a voice transmission as a method of communication with such patients. (The concept of telemedicine system with voice communication used to remind and remote control of medication for geriatric and psychiatric patients)

**Słowa kluczowe:** system telemedyczny, komunikacja głosowa, geriatryka, psychiatryka

**Keywords:** telemedical system, voice communication, geriatrics, psychiatrics

doi:10.12915/pe.2014.05.27

### Wstęp

Współcześnie liczne przemiany cywilizacyjne a wraz z nimi szybki postęp technologiczny powodują, że e-zdrowie (ang. *e-health*) staje się realną alternatywą, dla medycyny tradycyjnej. Wchodzące w zakres e-zdrowia tele-zdrowie może przyczynić się na przykład do rzeczywistej redukcji kosztów opieki medycznej nad pacjentem przy jednoczesnym polepszeniu jakości opieki i zadowoleniu pacjenta. E-zdrowie są to zazwyczaj narzędzia i rozwiązania obejmujące produkty, systemy i usługi wychodzące poza zakres prostych aplikacji internetowych. E-zdrowie obejmuje: telemedycynę, telezdrowie (zdalną opiekę medyczną), informatykę medyczną, zarządzanie informacjami o zdrowiu, technologie informacyjne w opiece zdrowotnej itp.

Telemedycyna, czyli medycyna na odległość jest najnowszą formą usług medycznych i opieki zdrowotnej łączącą elementy telekomunikacji, informatyki oraz medycyny. Dzięki wykorzystaniu nowych technologii pozwala ona przełamywać geograficzne bariery, pozwalając na wymianę specjalistycznych informacji. Amerykańskie Stowarzyszenie Telemedycyny definiuje telemedycynę jako „korzystanie z informacji medycznych wymienianych z jednego miejsca na inne za pośrednictwem komunikacji elektronicznej w celu poprawy stanu zdrowia pacjentów” [1, 2,3]. Podkreślane jest również ściśle związanie telemedycyny z terminem telezdrowie, który obejmuje zdalną opiekę zdrowotną. Prowadzone wideokonferencje, przesyłanie zdjęć (np. EKG, USG), zdalny monitoring czynności życiowych, kontynuacja nauki medycznej i pielęgniarstwa to również część telemedycyny i telezdrowia.

W ramach e-zdrowia powstają liczne programy informatyczne przygotowujące rozwiązania do prowadzenia np. rehabilitacji w domu, opieki nad chorymi w warunkach domowych, programy aktywizujące seniorów, instrukcje przestrzegania zaleceń terapeutycznych itp. Takim rozwiązaniem może być np. telepielęgniarstwo, czyli wykorzystanie technologii telekomunikacji w pielęgniarstwie w celu poprawy poziomu opieki nad pacjentem [3, 4, 5]. W wielu krajach świata pielęgniarki wykorzystują ten rodzaj komunikacji np. w podstawowej opiece zdrowotnej. Specjalnie przygotowane systemy umożliwiają monitorowanie parametrów fizjologicznych w domu tj. np. pomiar RR, glukozy, monitorowanie funkcjonowania respiratorów, pomiar masy ciała itp. [4, 6].

### Potrzeba systemu telemedycznego do zdalnej kontroli zażywania leków

Celem projektowanego systemu telemedycznego jest poprawienie jakości życia (ang. *well-being*) pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych. Rewolucja naukowo-techniczna i postęp medycyny wpłynął na wydłużenie się życia ludzkiego, czego efektem jest zwiększenie się liczby osób starszych, przewlekle chorych i niepełnosprawnych. Projektowany system telemedyczny ułatwi pacjentom stały kontakt z lekarzem/pielęgniarką, umożliwi przypominanie pacjentom o konieczności zażywania leków. Ponadto zapewni poczucie wsparcia psychicznego ze strony personelu medycznego [7], ułatwi otrzymanie informacji zwrotnej od pacjenta o jego samopoczuciu fizycznym oraz psychicznym, umożliwi uzyskanie informacji zwrotnej czy pacjent odpowiada (np. czy nie stracił przytomności).

Projektowany system telemedyczny będzie miał znaczenie w promowaniu i uświadamianiu istotnej wagi przestrzegania przyjmowania leków p/psychotycznych u pacjentów ambulatoryjnych z zaburzeniami psychicznymi na przykład schizofrenią. Jak podaje w swoich badaniach L. H. Beebe [8] osoby otrzymujące porady i wskazówki drogą telefoniczną stosowały się bardziej do przyjmowania leków p/psychotycznych w całym okresie trwania badania. Pacjenci z zaburzeniami psychicznymi, nie mając poczucia swojej choroby i na wskutek niekorzystnych objawów ubocznych leków przeciwpsychotycznych (m.in. pogorszenie pamięci, koncentracji) zapominają o konieczności regularnego zażywania leków i z tego powodu często są hospitalizowani. Badania wskazują, że również pacjenci geriatryczni ze względu na postępującą demencję starczą charakteryzującą się m.in. osłabieniem pamięci zapominają o ciągłym przyjmowaniu zleconych leków [9]. Projektowany system telemedyczny ma za zadanie zapobiec temu zjawisku, co powinno w znacznej mierze przyczynić się do poprawy stanu zdrowia pacjentów i zmniejszeniu nakładów finansowych na konieczność częstej i długotrwałej hospitalizacji pacjentów.

W literaturze istnieje niewiele odwołań do systemów telemedycznych projektowanych z przeznaczeniem dla pacjentów geriatrycznych, czy psychiatrycznych. Niemniej jednak, prace tego typu niekiedy powstają [10, 11]. Przykładowo w 2011 roku opublikowano opis wieloagentowego systemu GerMAS [10], którego celem jest polepszanie zdrowia i wspomaganie osób w instytucjach

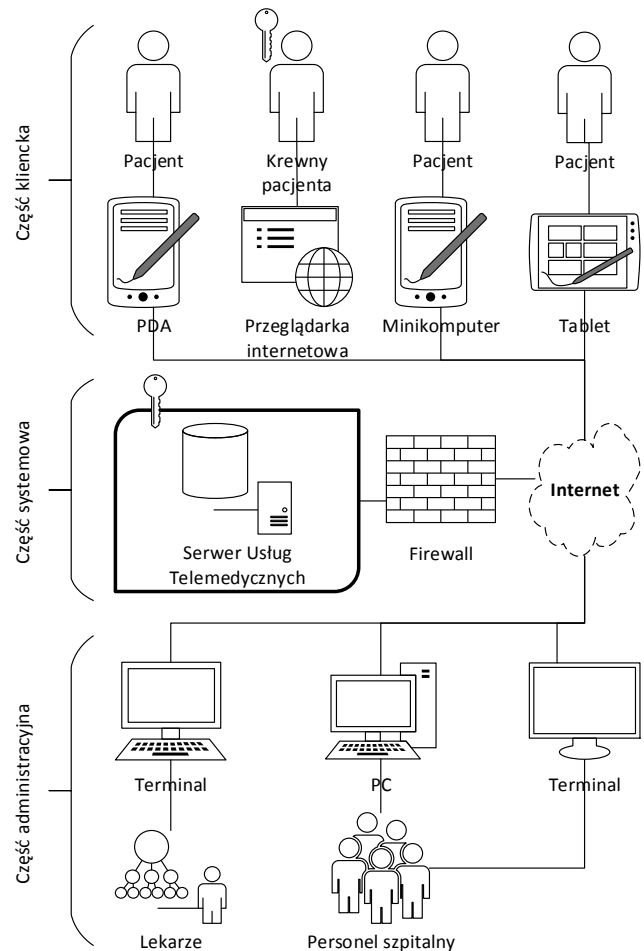
geriatrycznych poprzez wykorzystanie technologii typu RFID (ang. *radio-frequency identification*) i NFC (ang. *near field communication*). W [11] opisano przykładowo, wykorzystanie rozwiązań z dziedziny telemedycyny, raczej do celów diagnostycznych niż do wspierania procesu przyjmowania leków. Dodatkowo, nie spotkaliśmy się z propozycją ani przykładem systemu, który miałby analizować komunikaty zwrotne od pacjenta w celu wykrywania anomalii podczas przyjmowania leków (moduł algorytmów eksploracji danych i współpracujący z nim moduł wykrywania patologii w przyjmowaniu leków). Zatem, idea systemu opisanego w niniejszym artykule, wydaje się być jak najbardziej uzasadniona.

### Koncepcja systemu

Projektowany system składa się z głównego serwera oferującego usługi internetowe z którym łączą się stacje klienckie (urządzenia obsługiwane przez pacjentów) oraz administrator (lekarz lub pielęgniarka) poprzez panel administracyjny (aplikacja internetowa, która może być obsługiwana na dowolnym komputerze czy innym urządzeniu). Główny serwer składa się z modułu administracyjnego (aplikacja internetowa), silnika wnioskowania (moduł wykrywania pacjentów, którzy nie przyjmują prawidłowo leków) oraz modułu danych obejmującego serwer bazy danych w której zapisane będą wszystkie dane, moduł synchronizacji z urządzeniami udostępniający odpowiednie usługi internetowe służące do wymiany danych pomiędzy serwerem, a urządzeniem klienta poprzez sieć Internet.

Korzystając z modułu administracyjnego lekarz lub pielęgniarka może zarządzać danymi pacjenta, przypisywać do nich leki i ich dawkowanie, sprawdzać status zażywania leków. Dzięki informacji zwrotnej w postaci statusu zażywania leków administrator (lekarz lub pielęgniarka) może dowiedzieć się czy pacjent w prawidłowy sposób zażywa leki, oraz czy w ogóle istnieje komunikacja z pacjentem (może zdarzyć się że pacjent np. zasnął – wtedy należy podjąć decyzję o tym aby odwiedzić pacjenta w domu lub skontaktować się z nim w inny sposób). Dane z modułu administracyjnego dzięki aplikacji internetowej działającej po stronie serwera będą zapisywane w bazie danych serwera. Na rysunku 1 pokazano poglądowy schemat proponowanego systemu. Na schemacie wyróżniono 3 podstawowe elementy:

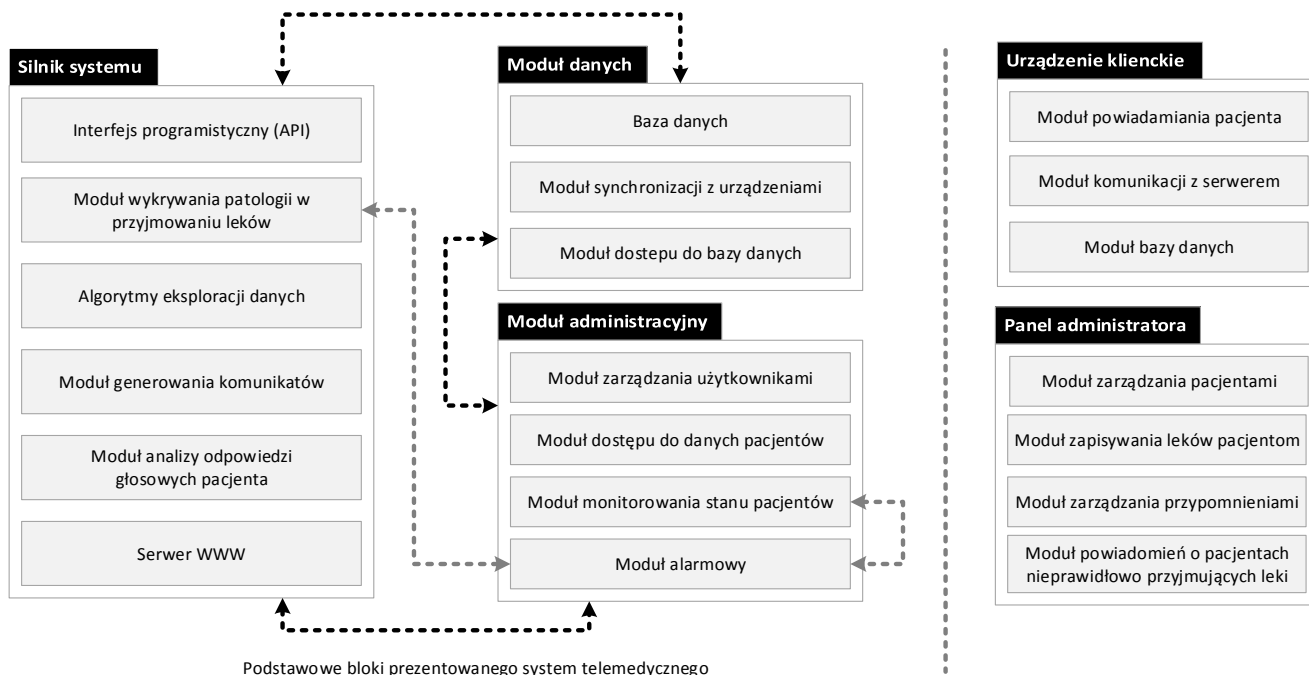
- **Część systemową**, która stanowi trzon proponowanego systemu telemedycznego. Jej celem jest odseparowanie zasadniczych funkcjonalności systemu od urządzeń dedykowanych użytkownikom (zarówno personelowi medycznemu, jak i pacjentom). Odseparowanie pozwoliłoby na lepsze zabezpieczenie danych, które przechowywane byłyby w głównej bazie danych. Część systemowa poprzez interfejs programistyczny (API) będzie udostępniać funkcje, za pomocą których możliwe będzie stworzenie oprogramowania administracyjnego (dla lekarza lub pielęgniarek) i klienckiego (dla pacjentów i ich opiekunów).
- **Część administracyjną**, która zaimplementowana zostanie przy użyciu API udostępnianego przez część systemową. W skład części administracyjnej wchodzić będą aplikacje, które służyć będą do obsługi bazy danych pacjentów i zapisywania im odpowiednich leków. Dodatkowo, za pomocą takich aplikacji, personel medyczny będzie miał dostęp do bieżących informacji dotyczących przyjmowania leków przez pacjentów oraz analiz takich danych (przy użyciu odpowiednich algorytmów), za których pomocą możliwe będzie uzyskanie podpowiedzi o ewentualnych problemach pacjentów związanych z przyjmowaniem leków.



Rys. 1. Poglądowy schemat systemu telemedycznego do kontroli zażywania leków przez pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych

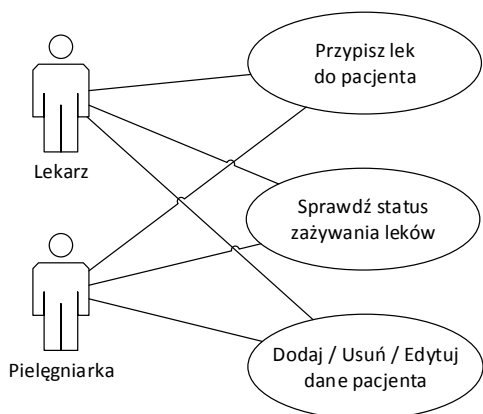
- **Część kliencka** to zestaw aplikacji, które przeznaczone są dla różnych urządzeń. Przewiduje się implementację aplikacji klienckich dla urządzeń takich jak smartfony i tablety działające pod kontrolą różnych systemów operacyjnych (np. Android, Windows Phone, iOS) jak również dedykowane urządzenia typu minikomputer posiadające uproszczony interfejs oparty o komunikację głosową. Celem takich urządzeń będzie po pierwsze informowanie za pomocą głosu pacjentów o konieczności przyjęcia leku zapisanego przez lekarza, po drugie zbieranie informacji zwrotnej – potwierdzenia pacjenta, że zadany lek został przyjęty. Aplikacje zostaną wyposażone w funkcje, które pozwolą na zbieranie danych w taki sposób, aby umożliwić ocenę jakości odpowiedzi pacjenta (w tym wykrywanie odpowiedzi nieprawdziwych).

Urządzenie klienckie (smartfon, tablet lub mikrokomputer – w dzisiejszych czasach dostępne są już komputery wielkości karty kredytowej) z zainstalowaną aplikacją kliencką będzie posiadać mechanizmy pobierania danych o przyjmowanych przez pacjenta lekach i ich dawkowaniu z serwera oraz wysyłać na serwer informacje o przyjętych lekach za pomocą odpowiednich usług internetowych znajdujących się na serwerze. Dane te muszą być oczywiście odpowiednio zabezpieczone przed przechwyceniem przez osoby niepowołane (logowanie klientów oraz szyfrowanie transmisji danych). Głównym zadaniem urządzenia klienckiego jest informowanie pacjenta o potrzebie zażycia leku w sposób głosowy tak długo, aż pacjent potwierdzi że zażył dany lek, co zostało przedstawione na rysunku 5.

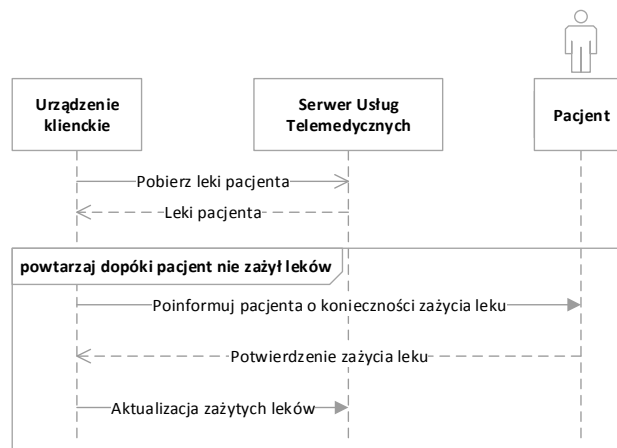


Podstawowe bloki prezentowanego systemu telemedycznego

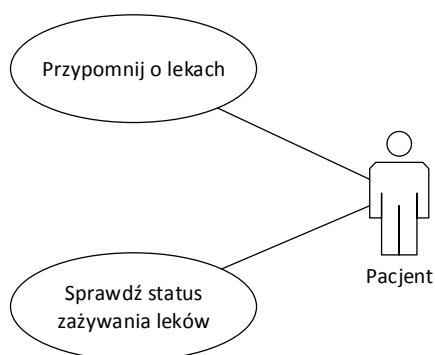
Rys. 2. Schemat blokowy proponowanego systemu telemedycznego, urządzeń klienckich i panelu administracyjnego na stacjach dla personelu medycznego



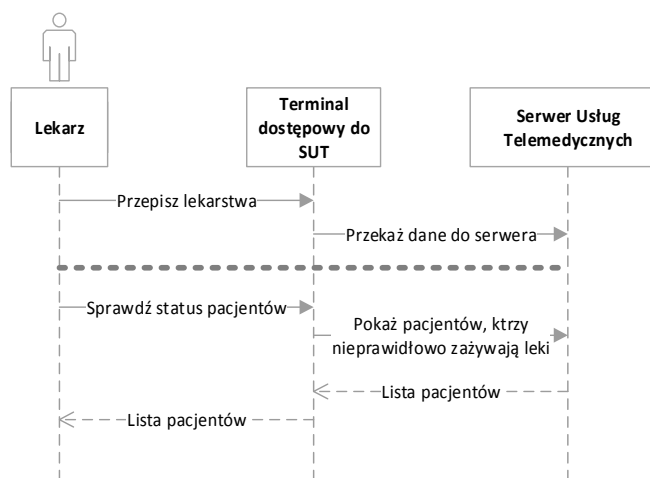
Rys. 3. Podstawowe przypadki użycia proponowanego systemu telemedycznego dla personelu szpitala (lekarza lub pielęgniarek)



Rys. 5. Uproszczony diagram sekwencji prezentujący zakładane podstawowe interakcje urządzenia klienckiego (smartfon, tablet, minikomputer) z użytkownikiem końcowym systemu (pacjent, krewny pacjenta)



Rys. 4. Podstawowe przypadki użycia proponowanego systemu telemedycznego dla pacjenta lub opiekuna pacjenta



Rys. 6. Diagram sekwencji prezentujący podstawowe czynności, które może wykonywać lekarz (ewentualnie personel szpitalny) w prezentowanym systemie telemedycznym.

Na rysunku 2 przedstawiono podział proponowanego systemu telemedycznego na bloki funkcjonalne. Przewidywane jest, że zasadnicza część systemu (od strony implementacyjnej) składać będzie się z następujących elementów: Silnik Systemu Telemedycznego (SST) - oferujący podstawowy interfejs programistyczny do analizy i dostępu do danych pacjentów, Moduł Danych (MD), Moduł Administracyjny (MA). W ramach każdego z wymienionych wyżej elementów, zostaną zaimplementowane odpowiednie moduły służące do zapewnienia podstawowych funkcjonalności (np. moduły interakcji systemu z pacjentem) moduły administracyjne (np. moduł obsługi użytkowników i klientów) oraz moduły wspomagające pracę personelu medycznego (np. moduł wykrywania nieprawidłowości w przyjmowaniu leków).

Rysunki 3 i 4 przedstawiają podstawowe przypadki użycia prezentowanego systemu telemedycznego z punktu widzenia lekarza lub pielęgniarki i pacjenta. W związku z tym, że podstawowym celem systemu jest wspomaganie przyjmowania leków przez pacjentów geriatrycznych i psychiatrycznych, zaprezentowane przypadki użycia dotyczą tychże zasadniczych funkcji systemu. W dalszych etapach prac projektowych nad systemem zostaną wyspecyfikowane przypadki użycia związane nie tylko z funkcjami dotyczącymi zapisywania i przyjmowania leków przez pacjentów, ale także z funkcjami administracyjnymi (np. generowanie raportów, analiza poprawności przyjmowania leków, itp.) oraz funkcjami klienckimi (np. przeglądanie historii przyjętych leków).

Rysunki 5 i 6 to przykładowe diagramy sekwencji na poziomie modułów systemu dla aktorów takich jak pacjent (rys. 5) i lekarz (rys. 6). Diagramy te prezentują elementarny sposób komunikacji pomiędzy modułami w zakresie realizacji przedstawionych wcześniej przypadków użycia. I tak, rysunek 5, stanowi uproszczone przedstawienie modelu działania urządzenia klienckiego, które przypomina użytkownikowi (pacjentowi) o konieczności przyjęcia leków na podstawie pobranej z Serwera Usług Telemedycznych (SUT) listy leków przypisanych do pacjenta. Podobnie, za pomocą terminala dostępowego do SUT (rys. 6), lekarz może przeanalizować aktualną sytuację pacjenta, a wspomagając się odpowiednimi modułami wyposażonymi w algorytmy odkrywania wiedzy, może uzyskać ewentualną odpowiedź co do prawidłowości zażywanych leków i komunikatów przesyłanych przez pacjenta.

### Moduł komunikacji głosowej z pacjentem

Moduł komunikacji głosowej z pacjentem zainstalowany na urządzeniu klienckim będzie złożony z dwóch podmodułów. Jednym z nich będzie generator komunikatów dla pacjenta za pomocą odpowiedniego algorytmu syntezy mowy.

Głównym elementem modułu komunikacji głosowej z pacjentem będzie moduł rozpoznawania mowy. Algorytmy rozpoznawania mowy są szeroko opisane w literaturze [12,13]. Pierwszym etapem rozpoznawania poleceń głosowych jest rozpoznawanie fonemów (spółgłoski, samogłoski lub stany przejściowe). Do rozpoznawania fonemów służą różnego rodzaju współczynniki wyodrębnione z sygnału mowy wewnątrz okien czasowych. Jednymi z najbardziej popularnych współczynników służących do rozpoznawania fonemów są współczynniki mel – cepstralne które powstają z cepstrum sygnału przedstawionego w skali melowej. Można do nich dodać również inne współczynniki (np. amplituda sygnału) i nauczyć ich rozpoznawania wybrane narzędzie sztucznej inteligencji (np. sieci neuronowe). Do ostatecznego rozpoznawania całych poleceń nadają się świetnie ukryte modele Markowa.

### Podsumowanie

Współcześnie telemedycyna a także powiązane z nią telepielęgniarstwo jest dziedziną szybko rozwijającą się. W Polsce nadal bardzo mało jest rozwiązań i zastosowań telemedycznych, zapewne z powodu bariery technologicznej wśród pacjentów, pielęgniarek i lekarzy starszego pokolenia. Szeroki rozwój telemedycyny (w tym telepielęgniarstwa) należy zatem do przyszłości w krajach rozwijających się takich jak Polska.

Proponowany system jest nowatorskim rozwiązaniem w dziedzinie zdalnej kontroli zażywania leków, ponieważ będzie posiadał interfejs głosowy, co wyróżnia go spośród istniejących dotychczas tego typu systemów. Jest to szczególnie istotne z punktu widzenia tych pacjentów, którzy często nie umieją obsługiwać komputerów i innych urządzeń z interfejsem graficznym lub mają upośledzony narząd wzroku (co zdarza się szczególnie często wśród pacjentów geriatrycznych).

### LITERATURA

- [1] Sorrells-Jones J., Tschirch P., S. Liong M. A., Nursing and Telehealth: Opportunities for Nurse Leaders to Shape the Future, *Nurse Leader* (2006), 42-46.
- [2] Grady J., L. Telenursing in the United States, *Telenursing, Health Informatics, Springer-Verlag London Limited* (2011), 179-190.
- [3] Kumar S, Introduction to Telenursing, *Telenursing, Health Informatics, Springer-Verlag London Limited* (2011), 1-3.
- [4] Kiliańska D., Warsztaty grupy ekspertów Komisji Europejskiej z dziedzin związanych z medycyną i mających zastosowanie w medycynie, *Biuletyn Informacyjny UML, Łódź* (2012), 25-27.
- [5] Telenursing, Information, Videos, News and Images about Telenursing: <http://www.rtbol.net/telenursig>.
- [6] Koch S., Home telehealth-Current state and future trends, *International Journal of Medical-Informatics* 75 (2006), 565-576.
- [7] Głębocka A., Szarzyńska M., Social support and well-being among the elderly, *Gerontologia Polska* 13 (2005), nr. 4, 255-259.
- [8] Beebe L. H., Telenursing intervention increases psychiatric medication adherence in schizofrenia outpatients, *Schizofrenia Resarch* 102/1-3, Suplement 2 (2008), 255.
- [9] Bilikiewicz A., Barcikowska M. i inni, Wczesne rozpoznawanie i leczenie otępień typu Alzheimerera (stanowisko ekspertów rozpoznawania i leczenia otępień (IGERO) wyd. MAKmed (1999)
- [10] Pérez, Jose M., et al., Multi-Agent System (GerMAS) Used to Identify Medicines in Geriatric Residences, *Highlights in Practical Applications of Agents and Multiagent Systems, Springer Berlin Heidelberg* (2011), 299-306.
- [11] Fishkind, Avrim B., and Michael A. Shiekh. Telepsychiatry and e-Mental Health, *Handbook of Community Psychiatry. Springer New York* (2012), 125-140.
- [12] Makowski R., Automatyczne rozpoznawanie mowy : wybrane zagadnienia, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej*, (2011).
- [13] Kasprzak W., Rozpoznawanie obrazów i sygnałów mowy, *Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej* (2009)

**Autorzy:** dr inż. Łukasz Maciura, Uniwersytet Rzeszowski, Katedra Informatyki, ul. prof. Stanisława Pigonia 1, 35 - 310 Rzeszów, E-mail: [lmaciura@ur.edu.pl](mailto:lmaciura@ur.edu.pl); dr inż. Piotr Lasek, Katedra Informatyki, ul. prof. Stanisława Pigonia 1, 35 - 310 Rzeszów, E-mail: [lasek@ur.edu.pl](mailto:lasek@ur.edu.pl); dr Anna Iwanicka – Maciura, Uniwersytet Rzeszowski, Instytut Pielęgniarstwa i Nauk o Zdrowiu, Al. Rejtana 16A, 35-310 Rzeszów, E-mail: [aniai@ur.edu.pl](mailto:aniai@ur.edu.pl)