

MODEL APLIKACJI NA URZĄDZENIA MOBILNE Z SYSTEMEM OPERACYJNYM ANDROID DO ZASTOSOWAŃ W MONITORINGU ŚRODOWISKOWYM PACJENTA

Wojciech Surtel, Marcin Maciejewski, Michał Cieślak

Politechnika Lubelska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki, Instytut Elektroniki i Technik Informatycznych

Streszczenie. Zastosowanie urządzeń typu smartfon w telemedycznych systemach nadzorujących stan zdrowia pacjenta wymaga stworzenia odpowiedniej aplikacji pracującej pod kontrolą systemów operacyjnych tych urządzeń. Poniższy artykuł zawiera projekt i wymagania funkcjonalne takiej aplikacji. Powinna ona zapewnić funkcjonalność wystarczającą do wygodnej i prostej obsługi przez monitorowanego pacjenta oraz jednocześnie zbierać, przechowywać, przetwarzać oraz wysyłać dane do serwerowej aplikacji bazodanowej. Aplikacja musi dokonywać pomiarów funkcji życiowych i położenia w odpowiednich odstępach czasu oraz być w stanie zapewnić synchronizację danych z serwerem. Jednocześnie, nie może zbyt obciążać zasilanego baterijnie urządzenia przenośnego. Konieczne jest również zaimplementowanie mechanizmu wymuszonej komunikacji w nagłych przypadkach.

Słowa kluczowe: teledycyna, aplikacja mobilna, OS Android, czujniki, baza danych

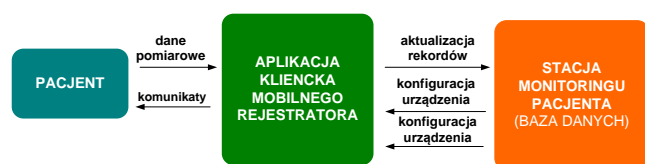
A MODEL OF A MOBILE ANDROID APPLICATION FOR ENVIRONMENTAL PATIENT MONITORING

Abstract. To use a smart phone as a part of a telemedical health monitoring system requires a dedicated application running under control of the device's operating system. This article contains the project and functional requirements of such an application. It should provide necessary functionality by means of a simple user interface for the patient under monitoring and be able to collect, store, process and send the data to the database application running on the central server. It must perform necessary measurements of life parameters and calculate location in appropriate time periods while still maintaining data synchronization with the central server. It must also be able to limit battery use in the portable device. It is also necessary to implement forced communication mechanism in cases of sudden health risks and patient deterioration.

Keywords: telemedicine, mobile application, OS Android, sensor, database

Wstęp

Rozwój technologii mobilnych zapoczątkował nowe podejście do budowy systemów telemedycznych. Dedykowane do zdalnego nadzoru pacjenta systemy te pozwalają na monitorowanie wybranych funkcji życiowych pacjenta oraz w sposób ciągły na jego geolokalizację. W budowie mobilnych rejestratorów funkcji życiowych pacjenta zastosowanie znajdują urządzenia typu smartfon z systemami wbudowanymi opartymi na OS Linux. Mobilny rejestrator składa się z aplikacji mobilnej zainstalowanej na smartfonie oraz szeregu czujników bezprzewodowych współpracujących z aplikacją. W proponowanym rozwiązaniu aplikacja mobilna pobiera dane z czujników i wymienia się nimi z aplikacją serwerową poprzez dedykowany protokół bezpiecznej wymiany danych UWD. Na rysunku 1 przedstawiono model kontekstowy systemu telemedycznego do nadzoru nad pacjentem.



Rys. 1. Model kontekstowy proponowanego systemu

W niniejszej pracy przedstawiono opis aplikacji mobilnej stworzonej na platformie Android na potrzeby monitoringu pacjenta.

1. Opis aplikacji mobilnej

Budowa aplikacji na urządzenie mobilne jest w dużym stopniu spersonalizowana i kierowana do konkretnej grupy odbiorców. Ten brak skalowalności i mobilności jest dużym mankamentem w projektowaniu aplikacji, która musi w sposób ciągły zapewnić obsługę czujników, przetwarzać i archiwizować dane o pacjencie oraz utrzymywać łączność z aplikacją serwerową.

1.1. Ogólny opis działania aplikacji

Opracowana aplikacja mobilna jest częścią większego systemu działającego w systemie klient-serwer. Pracuje ona na smartfonie z systemem operacyjnym Android [1]. Jej celem jest zbieranie danych geolokalizacyjnych oraz danych o stanie zdrowia

pacjenta pozyskiwanych z inteligentnych czujników funkcji życiowych takich jak: EKG, echo serca, poziom cukru oraz aktywność fizyczna, a następnie wstępne przetwarzanie tych danych według określonych wzorców i transferowanie ich do centralnego serwera. Inteligentne czujniki komunikują się z aplikacją za pomocą technologii Bluetooth [4]. Otrzymane w ten sposób dane poddawane są wstępnej filtracji oraz przetwarzaniu pod kątem wykrycia w nich nieprawidłowości, a następnie zapisywane w lokalnej bazie danych. W określonych interwałach czasowych zdefiniowanych przez administratora systemu telemedycznego wszystkie dane przechowywane w lokalnej bazie danych aplikacji wysyłane są do centralnego serwera w celu synchronizacji ich z centralną bazą danych.



Rys. 2. Schemat obiegu informacji w systemie z uwzględnieniem aplikacji mobilnej

1.2. Wymagania funkcjonalne

Głównym celem aplikacji mobilnej jest wykonanie czterech kluczowych zadań:

- zbieranie danych o geolokalizacji pacjenta,
- komunikacja ze zdalnymi rejestratorami przy wykorzystaniu technologii Bluetooth,
- gromadzenie i przetwarzanie danych pomiarowych,
- komunikacja z aplikacją serwerową.

Aplikacja będzie wyposażona w graficzny interfejs użytkownika, który pozwoli na:

- wyświetlanie danych o statusie rejestratorów,
- aktywację konta w systemie,
- wyświetlanie komunikatów ostrzegających o problemach ze zdrowiem,
- wyświetlanie komunikatów informacyjnych od osób opiekujących się pacjentem.

Monitorowanie stanu pacjenta będzie wykonywane w sposób ciągły, dlatego też tworzony aplikacja działa w tle i uruchamia się wraz z startem systemu w taki sposób aby ograniczyć konieczność obsługi przez pacjenta do minimum.

1.3. Analiza danych GPS

Aplikacja mobilna rejestrować będzie jego położenie geograficzne po przez system GPS. Powodowane jest to tym, że posiadanie choćby przybliżonych informacji o miejscu pobytu osoby, u której wykryto niepokojące objawy spowoduje, że otrzyma ona szybciej fachową pomoc [2]. Ciągłe monitorowanie pozycji użytkownika nie jest możliwe ze względu na duże zużycie energii. Powodowałoby to bardzo szybkie wyczerpanie baterii zasilającej smartfon i znacznie ograniczyłoby mobilność użytkownika ze względu na konieczność częstego ładowania baterii. Należy szukać rozwiązań kompromisowych, które z jednej strony zapewnią w miarę możliwości dokładne i aktualne dane, a z drugiej nie będą zbyt intensywnie korzystać z odbiornika GPS. Wbudowany w smartfon GPS pozwala na uzyskiwanie lokalizacji w rozsądnym czasie, ale z ograniczoną dokładnością [5]. Dodatkowo pacjent może przebywać w budynkach co powoduje silne tłumienie sygnału i uniemożliwia określenie położenia. Zaproponowane rozwiązanie opiera się na wykonywaniu lokalizowania co określony interwał czasowy np. 15 minut. Sam proces lokalizowania zakończy się w jednym z dwóch przypadków:

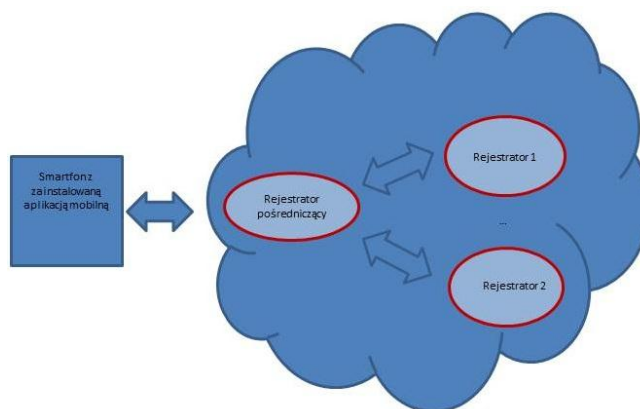
- otrzymana pozycja ma dokładność większą lub równą ustalonej np. lokalizowanie z dokładnością horyzontalną do 100m,
- upłyne czas wykonania lokalizacji np. 2 minuty, który jest kompromisem pomiędzy ustaleniem pozycji na otwartej przestrzeni jak i w budynkach, w przypadku upływu 2 minut za wynik lokalizacji zostanie uznany pomiar z jak najwyższą uzyskaną lokalizacją i zostanie zapisany w bazie danych z flagą „niedokładny”.

1.4. Komunikacja z rejestratorami

W celu pobrania danych o stanie zdrowia pacjenta aplikacja mobilna musi przeprowadzić sesję komunikacyjną ze zdalnymi rejestratorami. W konkretnej chwili może łączyć się tylko z jednym czujnikiem, ale możliwa jest obsługa wielu urządzeń po przez desygnowanie jednego z rejestratorów jako pośrednika w komunikacji z pozostałymi. Odbywa się to na zasadzie utworzenia tzw. piko-sieci jakie mogą tworzyć urządzenia Bluetooth. Za każdym razem kiedy dane mają zostać przesłane aplikacja mobilna nawiązuje połączenie z rejestratorem, następnie wysyła numer urządzenia z którego usług chce skorzystać. Następnie wysyłana jest stosowna seria komend do rejestratora na podstawie której podejmowane są odpowiednie działania. Komendy kodowane są jako znaki ASCII. Najważniejsze komendy to:

- G – żądanie wysłania pojedynczego pomiaru,
- R – żądanie retransmisji ostatnio wysyłanych danych,
- A – żądanie wysłania wszystkich pomiarów zgromadzonych przez rejestrator,
- T – komenda pozwalająca uzyskać informacje na temat aktualnego stanu czujnika.

W przypadku pobierania danych z czujnika przyjmuje się, że czas odebrania wiadomości jest czasem dokonania pomiaru.



Rys. 3. Model komunikacji aplikacji mobilnej ze zdalnymi rejestratorami

1.5. Analiza danych medycznych

Wszystkie dane zebrane ze zdalnych rejestratorów poddawane są wstępnej analizie pod kątem wykrycia w nich nieprawidłowości. W przypadku ich wykrycia użytkownik zostaje o nim powiadomiony po przez notyfikację w której wyjaśniony jest powód komunikatu oraz dalsze instrukcje postępowania. W przypadku nieprawidłowości zagrażających życiu lub zdrowia pacjenta, do pogotowia ratunkowego wysyłany jest SMS zawierający ostatnią znaną lokalizację pacjenta wraz z opisem przyczyny jego wysłania, co pozwoli na natychmiastowe udzielenie pomocy medycznej.

1.6. Lokalna baza danych

Wszystkie dane bez względu na ich wartość zapisywane są w lokalnej bazie danych urządzenia. Umożliwia to przetwarzanie danych z dłuższego okresu czasu. Kiedy aplikacja otrzymuje nowe dane z rejestratorów może je poddać analizie razem ze zapisanymi wcześniej wartościami. Umożliwia to bardziej kompleksową analizę stanu zdrowia pacjenta. Lokalna baza danych pełni również rolę łącznika zapewniającego synchronizację danych. Podczas wysyłania danych do centralnej bazy danych wszystkie do tej pory nie wysłane wartości są wybierane z bazy danych, a następnie przekształcane do postaci akceptowalnej przez aplikację serwerową co pozwoli na ich wysłanie i tym samym zsynchronizowanie obydwóch baz. Niezwykle ważnym jest określenie ilości przetrzymywanych rekordów w bazie. Ponieważ zasoby pamięci smartfonu są ograniczone ważnym jest dobranie na tyle ograniczonej ilości wpisów, aby nie przekroczyć pamięci udostępnianej przez telefon, ale jednocześnie umożliwić kompleksową analizę danych o stanie zdrowia pacjenta.

1.7. Usługi aplikacji serwerowej

Komunikacja aplikacji mobilnej z aplikacją serwerową sprowadza się do skorzystania z dwóch usług które ona oferuje, to jest aktywacja konta oraz sesją komunikacyjną. Po wizycie w specjalistycznej placówce, w której dokonana zostanie rejestracja w systemie, użytkownik musi dokonać zdalnej aktywacji konta za pomocą aplikacji mobilnej [3]. Aktywacja polega na podaniu wprowadzeniu w aplikacji unikalnego loginy i hasła utworzonego podczas rejestracji, a następnie wysłaniu tych danych do serwera. Spowoduje to wymianę serii komunikatów zdefiniowanych przez opracowany protokół komunikacyjny. Wynikiem tej operacji będzie aktywacja konta w systemie oraz odebranie przez aplikację mobilną informacji o:

- nowym hasle dostępowym do usług aplikacji serwerowej,
- czasie kolejnych komunikacji,
- nastawach dla zdalnych rejestratorów,
- ewentualnych dodatkowych informacjach dla użytkownika.

Po aktywacji konta możliwe staje się korzystanie z sesji komunikacyjnej aplikacji serwerowej. Przypomina ona aktywację konta z tą różnicą, że konto nie jest ponownie aktywowane, a aplikacja mobilna wysyła dodatkowo zgromadzone od ostatniej sesji komunikacyjnej dane o stanie zdrowia pacjenta [6].

1.8. Komunikacja aplikacja serwerowa – aplikacja mobilna i aplikacja mobilna - aplikacja serwerowa

Czasami konieczne jest wymuszenie sesji komunikacyjnej przez serwer np. w celu pozyskania większej ilości pomiarów medycznych do analizy, bez czekania na upływanie czasu kolejnej sesji komunikacyjnej. Jest to o tyle trudne, że adres IP urządzenia na którym pracuje aplikacja mobilna nie jest znane. Smartfon może być przemieszczany i być w zasięgu różnych sieci przez co jego zlokalizowanie przez aplikację serwerową nie jest możliwe. Wymusza to opracowanie innego mechanizmu komunikacji aplikacja serwerowa – aplikacja mobilna. W opracowywanym systemie wykorzystano do tego celu wiadomości SMS. Aplikacja mobilna nasłuchuje przychodzących wiadomości SMS. Jeżeli otrzymany zostaje SMS z określonego numeru – zostaje on przechwycony przez aplikację, odczytany i odpowiednio przepracowany. Po tym aplikacja mobilna inicjuje sesję komunikacyjną z aplikacją serwerową [8].

W określonych interwałach czasowych aplikacja mobilna będzie łączyć się z aplikacją serwerową w celu wysłania wyników pomiarów oraz wyników przetwarzania. Na potrzeby tej komunikacji opracowany został protokół komunikacyjny oparty o technologię XML. XML jest technologią niezależną od platformy, co umożliwia łatwą wymianę informacji pomiędzy dwoma systemami. Za pomocą wspomnianego protokołu możliwa jest wymiana danych pomiędzy aplikacją mobilną, a aplikacją serwerową oraz sterowanie działaniem aplikacji mobilnej. Podczas wymiany informacji możliwe jest przesłanie danych m.in. o:

- Czasie kolejnego połączenia pomiędzy aplikacjami. Pozwala to zdalnie ustawić dokładną datę połączenia oraz interwał czasowy definiujący częstość połączeń. Pozwala to dokładnie dostosować czas napływania kolejnych danych o stanie zdrowia pacjenta w zależności od potrzeb oraz sterować obciążeniem serwera. Możliwe jest ustalenie dokładnego harmonogramu napływających połączeń w taki sposób, żeby nie obciążać serwera bardziej niż jest to konieczne.
- Nastaw dla zdalnych rejestratorów. Do nastaw zaliczyć można interwał czasowy pomiędzy wykonywanymi pomiarami oraz wartości progowe których przekroczenie może powodować zagrożenie dla życia lub zdrowia pacjenta. Taka możliwość zdalnego dostosowywania nastaw dla rejestratorów jest niezwykle ważna ponieważ stan zdrowia pacjenta może stale ulegać pogorszeniu bądź poprawieniu co wymusza zupełnie inne traktowanie takiego pacjenta, a co za tym idzie potrzebne są różne metody analizy danych medycznych o takim pacjencie.
- Dane dodatkowe dla pacjenta. Dane dodatkowe pozwalają na zdalną komunikację z pacjentem bez konieczności bezpośredniego zaangażowania personelu medycznego. Dotyczyć one mogą prośby o jak najszybszy kontakt z lekarzem bądź przypominać o opłaceniu abonamentu za aplikację. Dane te są parami opis-url. Opis jest krótkim, tekstowym wyjaśnieniem czego dotyczy powiadomienie. URL jest adresem do strony WWW na której znajdują się szczegółowe informacje i instrukcje dla pacjenta.

2. Podsumowanie i wnioski

Na potrzeby weryfikacji opracowanej aplikacji mobilnej wykonano jej testy obejmujące odbiór danych ze zdalnych rejestratorów, ich przetwarzanie oraz komunikację z aplikacją serwerową. Podczas testów aplikacja mobilna wykryła rejestratory oraz nawiązała z nimi połączenie. Następnie wysłana

została seria komend wybierająca rejestrator i rozpoczynająca zbieranie pomiarów. Wszystkie zebrane pomiary zostały prawidłowo odebrane, przeanalizowane i zapisane w lokalnej bazie danych. Również pobranie współrzędnych geolokalizacyjnych przebiegło pomyślnie. Następnie ustanowiona została sesja komunikacyjna z aplikacją serwerową. Podczas której wymienione zostały dane zebrane z rejestratorów oraz informacje dotyczące czasów kolejnych komunikacji z aplikacją serwerową oraz nastaw dla rejestratorów. Komunikacja przebiegła pomyślnie i bez żadnych problemów.

Podziękowania

Ta praca powstała przy wsparciu z grantu 2011-2013 numer N N518 284940 dla Nauki Polskiej.

Literatura

- [1] Hashimi S. et al: Pro Android 2., Apress, New York, 2010.
- [2] Kasiak. K., Surtel W., Maciejewski R.: Telemedycyna w sytuacjach kryzysowych. Ostry dyżur, 4/2012.
- [3] Litwińczuk K., Surtel W.: Model bazy danych w teledystrybucyjnej obsłudze pacjenta, IAPGOS, 2012, nr 4a, 39-41.
- [4] Maciejewski M., Małecka-Massalska T., Surtel W.: New Type of Sensor for Heart Rhythm Monitoring, W: New Trends in Audio and Video, Signal Processing: Algorithms, Architectures, Arrangements and Applications, Łódź, 2012.
- [5] Murphy M. L.: The Busy Coder's Guide to Advanced Android Development, Wyd. CommonsWare, 2009-2010.
- [6] Surtel W.: Remote measurements of selected vital functions, W: 7th International Conference New Electrical and Electronic Technologies and their Industrial Implementation, Zakopane, 2011.
- [7] Valentino L. i inni: Mobile Applications: Architecture, Design and Development, Prentice Hall Professional, Nowy Jork, 2004.
- [8] Xiao Y., Chen H.: Mobile Telemedicine: A Computing and Networking Perspective, CRC Press Auerbach Publications, Floryda, 2008.

Dr inż. Wojciech Surtel
e-mail: w.surtel@pollub.pl

Ukończył studia na Wydziale Elektrycznym Politechniki Lubelskiej. W latach 1989 – 2011 pracownik naukowo-dydaktyczny (asystent, adiunkt) w Katedrze Elektroniki Politechniki Lubelskiej. Tytuł doktora uzyskał w 1999 r. na Wydziale Elektrycznym PL. Temat rozprawy: Cyfrowe przetwarzanie sygnału pomiarowego w wybranych przypadkach dynamicznego ważenia masy. Od roku 2011 starszy wykładowca w Instytucie Elektroniki i Technik Informatycznych. Obszar zainteresowań naukowych i dydaktycznych to: telemedycyna i systemy mobilne.



Mgr inż. Marcin Maciejewski
e-mail: m.maciejewski@pollub.pl

Doktorant na wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej. Zajmuje się przetwarzaniem danych w medycynie, urządzeniami do zastosowania w teledystrybucyjnej, przetwarzaniem obrazu i systemami mikroprocesorowymi. Autor i współautor prac z dziedziny bioinformatyki, teledystrybucyjnej, symulacji komputerowej w biochemii oraz przetwarzania obrazów.



Inż. Michał Cieślak
e-mail: michal.cieslar@pollub.edu.pl

Student II roku studiów stacjonarnych II stopnia na Wydziale Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Lubelskiej na kierunku Informatyka, specjalności Technologia wytwarzania oprogramowania.

