

ANNA CIERNIEWSKA¹, GRZEGORZ BLIŹNIUK²

Zastosowanie standardu HL7 FHIR w mobilnej aplikacji medycznej

1. Wstęp

Wykorzystanie technologii mobilnych jest widoczne w każdej dziedzinie życia człowieka. Również sektor medyczny nie stanowi w tym przypadku wyjątku. Obecnie bardzo mocno rozwijają się medyczne zastosowania systemów mobilnych, określanych mianem mHealth (ang. *mobile Health*, medycyna mobilna)³. Wytwórcy medycznego oprogramowania mobilnego prześcigają się w wykorzystaniu coraz to nowocześniejszych i bardziej innowacyjnych rozwiązań⁴. Ich celem jest nie tylko edukacja pacjentów, propagowanie zdrowego stylu życia czy umożliwienie umówienia wizyty lekarskiej z dowolnego miejsca na świecie i o dowolnej porze. Istnieje również duża grupa rozwiązań mobilnych używanych do zarządzania informacjami medycznymi w systemach elektronicznego rekordu pacjenta (EHR). Najczęściej są to systemy działające w różnych środowiskach organizacyjnych, prawnych i technologicznych. Dlatego też w celu zapewnienia interoperacyjności wykorzystywane są standardy⁵ oraz klasyfikacje/terminologie medyczne⁶, które umożliwiają wymianę i użycie informacji wymienianej przez różne systemy klasy EHR.

HL7 – Health Level 7 jest organizacją międzynarodową⁷, która opracowuje standardy wykorzystywane w systemach obsługujących różne obszary ochrony zdrowia. Celem tych standardów jest wymiana, integracja, współużytkowanie i wyszukiwanie elektronicznych informacji medycznych. Najnowszym standardem

¹ Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki.

² Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Cybernetyki.

³ S. Adibi, *Mobile Health*, „A Technology Road Map” 2015, vol. 5.

⁴ Zob. np.: Blog dr. n. med. Łukasza Kołtowskiego, <https://koltowski.com/> (5.02.2016).

⁵ Polska Implementacja Krajowa HL7 CDA, *Definicje*, <https://www.csioz.gov.pl/interoperacyjnosc/definicje/> (5.02.2016).

⁶ Polska Implementacja Krajowa HL7 CDA, *Klasyfikacje*, <https://www.csioz.gov.pl/interoperacyjnosc/klasyfikacje/> (5.02.2016).

⁷ Health Level.org, <https://www.hl7.org/> (4.02.2016).

tej organizacji jest HL7 FHIR⁸ (*Fast Healthcare Interoperability Resources*, czytają: HL7 fire). Standard ten stanowi główny obiekt zainteresowania niniejszej publikacji. FHIR wykorzystuje najlepsze elementy wcześniejszych standardów HL7, tj. HL7 ver. 2 i HL7 ver. 3, HL7 CDA oraz najnowsze standardy webowe. Dzięki wsparciu różnych paradygmatów tworzenia systemów informatycznych oraz różnych podejść do modeli ich architektury praktyczna implementacja standardu FHIR nie jest zbyt skomplikowana.

Celem publikacji jest zaprezentowanie przykładu wykorzystania standardu HL7 FHIR w mobilnej aplikacji medycznej. W związku z tym zostały przedstawione najważniejsze zagadnienia związane z tym standardem, omówiono także założenia techniczne aplikacji mobilnej oraz zaprezentowano jej działanie.

2. Kluczowe własności standardu HL7 FHIR

W głównych założeniach FHIR jest zbudowany z komponentów, zwanych „zasobami” (ang. *resources*), które mogą być stosowane w konkretnych sytuacjach obsługiwanych przez systemy informatyczne w medycynie. Mowa tutaj zarówno o procesach klinicznych, jak i o procesach administracyjnych w obszarze służby zdrowia. FHIR uwzględnia również różne architektury przetwarzania danych medycznych, takie jak: aplikacje na urządzenia mobilne, aplikacje z przetwarzaniem w chmurze, systemu bazujące na klasycznych rozwiązaniach EHR oraz komunikację pomiędzy poszczególnymi rozwiązaniami dostarczającymi przez firmy IT do różnych instytucji służby zdrowia. W niniejszej publikacji skupiamy się na zastosowaniu wybranych zasobów FHIR w aplikacji mobilnej.

HL7 sklasyfikowało zasoby FHIR w 117 różnych grupach⁹, podzielonych na 7 kategorii. Są to:

- bazowa (ang. *Foundation*),
- podstawowa (ang. *Base*),
- kliniczna (ang. *Clinical*),
- finansowa (ang. *Financial*),
- specjalizowana (ang. *Specialized*).

⁸ *Learn more*, Health Level.org, <https://www.hl7.org/fhir/?ref=learnmore> (3.02.2016).

⁹ Według: *Resource list*, Health Level.org, <https://www.hl7.org/fhir/resourcelist.html> (5.02.2016).

W ramach każdej z kategorii zostały wydzielone specjalizowane dla niej sekcje, w których usytuowano poszczególne zasoby. Każdy z zasobów jest opisany na stronie hl7.org. Podawana jest tutaj: struktura zasobu, jego model UML, zapis XML, JSON, Turtle oraz R2 Diff. Ponadto HL7 zgrupowało zasoby FHIR w stosunku do pięciu poziomów dojrzałości instytucji medycznej, używającej IT – począwszy do poziomu 1 (najbardziej podstawowego), a skończywszy na poziomie 5 (najbardziej dojrzałym). Aby można było łatwiej dobierać poszczególne zasoby dla konkretnych zastosowań, podano również ich kolejną klasyfikację, tzw. „By Committee”¹⁰, w której zgrupowano zasoby w odniesieniu do konkretnych tzw. kontekstów biznesowych. Są to na przykład konteksty dla: zastosowań w systemach wspomaganie decyzji klinicznych (CDSS), zapewnienia jakości informacji klinicznej (CQI), infrastruktury FHIR, urzędzeń medycznych, opieki nad pacjentem, administrowania danymi pacjenta, farmacji, bezpieczeństwa danych itd.

Istotnym elementem HL7 FHIR dla realizacji aplikacji były *zasoby*, które mogą być prezentowane dla obiektów XML lub JSON i zostały przewidziane do przechowywania danych o interesujących obiektach/faktach medycznych oraz do powiązywania tych danych z poszczególnymi dziedzinami medycznymi. Na zasób składają się: *identyfikator*, za pomocą którego można odwołać się do prezentowanego bytu, *typ zasobu*, *ustrukturyzowane dane (invariants)*, *podsumowanie zawartości zasobu* w postaci tekstowej (*narrative*) oraz *rozszerzenia (extensions)*. Zasoby są budowane z typów prostych, np. liczba, data, oraz typów złożonych, np. okres, przedział czasu. Wykorzystanie mechanizmu rozszerzeń pozwala na dodanie nowych atrybutów, które nie zostały domyślnie zawarte w strukturze zasobu. Istnieją również jednokierunkowe zależności pomiędzy zasobami – *odwołanie zewnętrzne* oraz *odwołanie wewnętrzne*. Powiązania te tworzą sieć informacji, która reprezentuje konkretny rekord zdrowotny w systemie EHR.

Komunikacja zdefiniowana w standardzie HL7 FHIR może odbywać się na kilka sposobów. Istnieje możliwość wymiany zasobów w postaci komunikatów lub dokumentów. W czasie wymiany można wykorzystywać zewnętrzne serwisy lub podejście RESTful API.

Wymiana zasobów w postaci komunikatów stanowi analogię do standardu HL7 w wersji 2. Jest ona inicjowana przez wystąpienie określonego zdarzenia, a mechanizm obsługi komunikatów nie jest precyzowany przez standard. Komunikaty dzielą się na *komunikaty żądania (request message)* oraz *komunikaty odpowiedzi (response message)*, które różnią się od siebie strukturą. Do

¹⁰ Według: *Summary, Full Table of Contents*, Health Level.org, <https://www.hl7.org/fhir/summary.html>, <https://www.hl7.org/fhir/toc.html> (5.02.2016).

jednego żądania odbiorca może wysłać jedną lub więcej odpowiedzi. Natomiast wymiana danych o zasobach jest możliwa poprzez wysłanie dokumentu zgodnego ze standardem HL7 FHIR lub z dowolnym innym standardem (tzw. *document reference resource*).

Zewnętrzne serwisy działają na bazie wzorca architektonicznego zorientowanego na usługi – SOA (ang. *Service Oriented Architecture*). Pozwalają one na enkapsulację i dostarczanie funkcji aplikacji, ukrywając przy tym ich elementy składowe. Serwisy działają na zasadzie tzw. czarnej skrzynki. Zwracają one dane na podstawie przyjętych parametrów, a komunikacja odbywa się z wykorzystaniem publicznych interfejsów.

HL7 FHIR definiuje również podejście RESTFul API jako *interakcje*, które można wykonać na zasobach. Interakcje te mogą dotyczyć pojedynczej instancji zasobu (*Instance Level Interactions*), instancji zasobów danego typu zasobu (*Type Level Interactions*) oraz całego systemu (*Whole Level Interactions*). Interakcje wykorzystują operacje protokołu HTTP – GET, POST, READ, DELETE. Operacje te umożliwiają:

- odczytanie aktualnego stanu danego zasobu (interakcja *read*) lub jego dowolnego stanu (interakcja *vread*);
- aktualizację lub utworzenie danego zasobu (interakcja *update*);
- usunięcie danego zasobu (interakcja *delete*);
- uzyskanie informacji dotyczących aktualizacji stanu danego zasobu, zasobu o podanym typie lub wszystkich zasobów (interakcja *history*);
- utworzenie nowego zasobu danego typu (interakcja *create*);
- wyszukiwanie zasobów o danym lub dowolnym typie (interakcja *search*);
- aktualizację, utworzenie lub usunięcie zbioru zasobów (interakcje *batch/transaction*);
- zyskanie zgodności systemu (interakcja *conformance*).

Istnieje również framework operacji, który jest wykorzystywany, gdy serwer musi odegrać aktywną rolę w tworzeniu odpowiedzi na żądanie lub na przykład konieczna jest modyfikacja innego, istniejącego już zasobu jako efekt uboczny. Operacje tworzone z wykorzystaniem tego frameworku muszą być jednoznacznie określone przez nazwę, listę parametrów oraz kontekst żądania. Framework ten ma listę zdefiniowanych operacji, np. walidację (ang. *validate*), ale pozwala również na definiowanie własnych operacji dla dowolnego kontekstu.

Standard HL7 FHIR można wykorzystywać w dowolnych aplikacjach, które są związane z systemami klasy EHR¹¹. Aplikacje te mogą być skierowane

¹¹ T. Benson, G. Grieve, *Principles of Health Interoperability. SNOMED CT, HL7 and FHIR*, 2016.

zarówno do personelu medycznego oraz do urzędzeń medycznych, jak i bezpośrednio do samych pacjentów.

3. Założenia techniczne dla opracowanej aplikacji mobilnej

Mobilna aplikacja medyczna PatientOnFHIRApp miała zaprezentować wykorzystanie standardu HL7 FHIR oraz dostarczyć intuicyjnych interfejsów użytkownika na urządzeniu mobilnym, działającym pod kontrolą systemu operacyjnego Android. Została ona skierowana do personelu medycznego, a jej najważniejszą zaletą jest umożliwienie szybkiego i prostego dostępu do listy zdarzeń klinicznych związanych z danym pacjentem, które występują w obrębie jednej placówki medycznej, oraz wyszukanie i wyświetlenie historii choroby pacjenta dzięki wykorzystaniu serwera zgodnego ze standardem HL7 FHIR.

Aplikacja PatientOnFHIRApp posiada cztery główne funkcje:

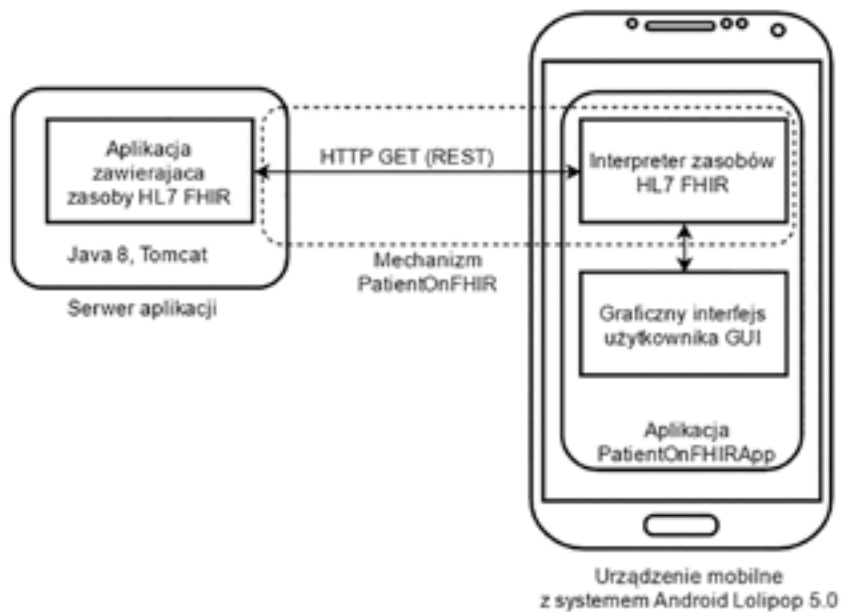
- Wyszukanie rekordu pacjenta – aplikacja pozwala na znalezienie rekordu pacjenta po jego imieniu i nazwisku lub identyfikatorze w systemie. Wyszukiwanie jest możliwe tylko wtedy, gdy zostanie uzupełniony co najmniej jednej parametr wyszukiwania.
- Podgląd rekordu pacjenta – aplikacja umożliwia podgląd podstawowych danych pacjenta, które są zawarte w zasobie *Patient*, określonym w standardzie HL7 FHIR (np. imię, nazwisko, adres, datę urodzenia), oraz listę zasobów jednostek chorobowych dotyczących tego pacjenta.
- Wyświetlenie listy zdarzeń klinicznych związanych z jednostką chorobą pacjenta – aplikacja pozwala na podgląd wszystkich zdarzeń klinicznych, które dotyczą pacjenta, oraz wybranej jednostki chorobowej. Zdarzenia są wyświetlane chronologicznie od najwcześniejszego zdarzenia, z uwzględnionym podziałem na jednostki organizacyjne, w których miały one miejsce.
- Podgląd danych dotyczących zdarzenia klinicznego – aplikacja umożliwia pogląd danych zasobu zdarzenia klinicznego oraz zasobów z nim powiązanych.

Aplikacja została zrealizowana w architekturze klient – serwer. Klient, czyli aplikacja mobilna, komunikuje się z serwerem za pomocą RESTful API, wykorzystując żądania HTTP GET. Serwer natomiast przesyła w odpowiedzi zasoby w postaci JSON (rysunek 1).

Żądanie HTTP GET pozwala na wykorzystanie dwóch interakcji HL7 FHIR:

- *Read* – interakcja dotycząca instancji zasobu, która pozwala na odczytanie jej bieżącego stanu;

- *Search* – interakcja dotycząca instancji zasobów o zadanym typie oraz całego systemu, która pozwala na wyszukanie zasobów spełniających określone kryteria. Wynik operacji jest zwracany w postaci zasobu *Bundle*, który reprezentuje kontener z kolekcją zasobów.



Rysunek 1. Architektura opracowanej aplikacji.

Źródło: A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.

Dla przetwarzania i interpretacji zasobów HL7 FHIR został wykorzystany *mechanizm PatientOnFHIR*. Jego zadaniem jest konwersja otrzymanych danych o zasobach na odpowiadające im klasy, które muszą posiadać wszystkie atrybuty określone przez specyfikację HL7 FHIR. Proces ten składa się z dwóch etapów. Pierwszym krokiem jest *deserializacja* otrzymanego ciągu tekstowego JSON na obiekty klasy reprezentującej obiekt JSON w ogólnej postaci. Następnie zdeserializowany obiekt JSON zostaje przekonwertowany na obiekt klasy, która odpowiada zasobowi HL7 FHIR, co określa się na podstawie wartości atrybutu *resourceType*. Po *utworzeniu instancji klasy* należy uzupełnić wszystkie konieczne atrybuty. Specyfikacja HL7 FHIR dopuszcza stosowanie atrybutów nieobowiązkowych, należy zatem najpierw sprawdzić, czy otrzymany obiekt JSON zawiera dany element. Każdy atrybut ma określony typ danych, w związku z czym należy w odpowiedni sposób przetworzyć jego zawartość.

Typy proste oraz złożone posiadają odpowiadające im klasy, a więc należy ustawić im kolejne wartości atrybutów.

Mechanizm PatientOnFHIR jest przystosowany do obsługi dowolnych zasobów, jednak na potrzeby aplikacji prezentującej historię choroby pacjenta nie ma konieczności użycia wszystkich zasobów określonych przez standard HL7 FHIR. W związku z tym do implementacji wybrano kluczowe zasoby związane z tym zagadnieniem.

Jako najważniejsze zasoby przyjęto:

- *Condition* – zawiera kluczowe informacje dotyczące stanu zdrowia, problemów zdrowotnych lub diagnoz.
- *Encounter* – opisuje interakcję pomiędzy świadczeniobiorcą a świadczeniodawcą usług medycznych.
- *EpisodeOfCare* – stanowi asocjację pomiędzy świadczeniobiorcą a świadczeniodawcą usług medycznych przez pewien okres czasu.
- *Patient* – zawiera administracyjne oraz demograficzne informacje o świadczeniobiorcy usług medycznych.
- *Practitioner* – zawiera informacje dotyczące świadczeniodawcy usług medycznych.

Oprócz tego dla wytworzenia aplikacji istotne okazały się zasoby, które zawierają dane nie o charakterze klinicznym, lecz organizacyjnym. Mowa tutaj o zasobach: *Location*, który zawiera informacje dotyczące fizycznego miejsca, gdzie wykonywane są usługi medyczne, oraz *Organisation*, który reprezentuje m.in. instytucje i ich jednostki organizacyjne świadczące usługi medyczne.

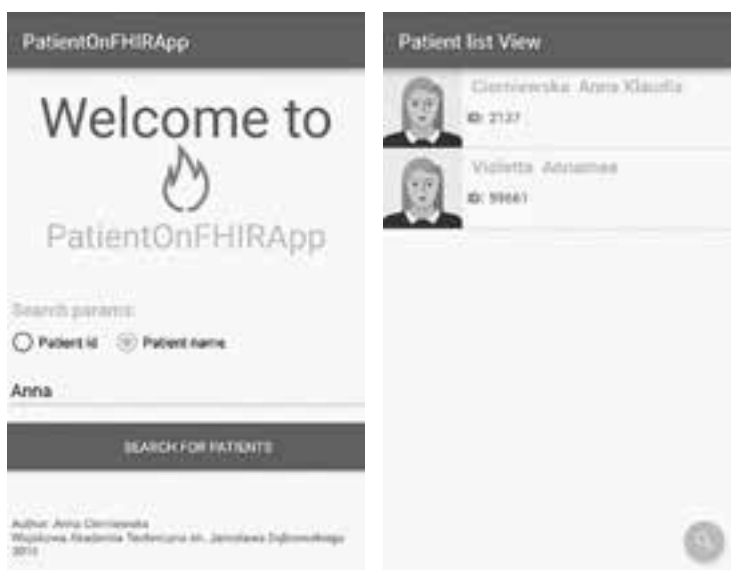
Kolejne, ważne zasoby dotyczą bezpośrednio pacjenta. Należą do nich wszelkie skierowania, zlecenia, pomiary, akcje itd. Przykład stanowi zasób *Observation*, który zawiera informacje dotyczące pomiarów parametrów zdrowotnych pacjenta i wyniki jego obserwacji klinicznej.

4. Wygląd aplikacji

Jak wcześniej wspomniano, opracowanie aplikacji miało na celu sprawdzenie możliwości zastosowania wybranych elementów HL7 FHIR. Nie jest to jednak aplikacja działająca wyłącznie w warstwie middleware, zadbano bowiem o to, aby miała ona konkretne walory użytkowe. A zatem, pomimo dość ograniczonych możliwości smartfonów, dostarczono w pełni funkcjonalną przeszukiwarkę danych pacjenta, przydatną zarówno dla samego pacjenta, jak i dla

profesjonalistów medycznych. W dalszej części opracowania przedstawiono podstawowe ekrany aplikacji wraz z syntetycznym opisem ich zakresów informacyjnych i funkcjonalnych.

Wytworzona aplikacja^{12,13,14} udostępnia sześć ekranów użytkownika. Na pierwszym ekranie – rysunek 2 – zaprezentowano widok główny aplikacji, na którym wskazuje się parametry wyszukiwania pacjenta. Użytkownik posiada możliwość wyboru opcji odnalezienia pacjenta, używając jego identyfikatora lub określonego ciągu znaków z imienia lub nazwiska pacjenta/pacjentów. Po dotknięciu przycisku „Search for patient” pojawia się drugi ekran aplikacji – rysunek 2 – który zawiera spis pacjentów spełniających dane kryterium. Wyświetlone pozycje spisu są powiązane ze zdjęciem, imionami i nazwiskiem oraz z identyfikatorem pacjenta. Dotykając konkretnej pozycji z listy wyszukanych pacjentów, można przejść do wyświetlania dalszych szczegółów dotyczących konkretnego wyszukiwania.



Rysunek 2. Ekran główny aplikacji

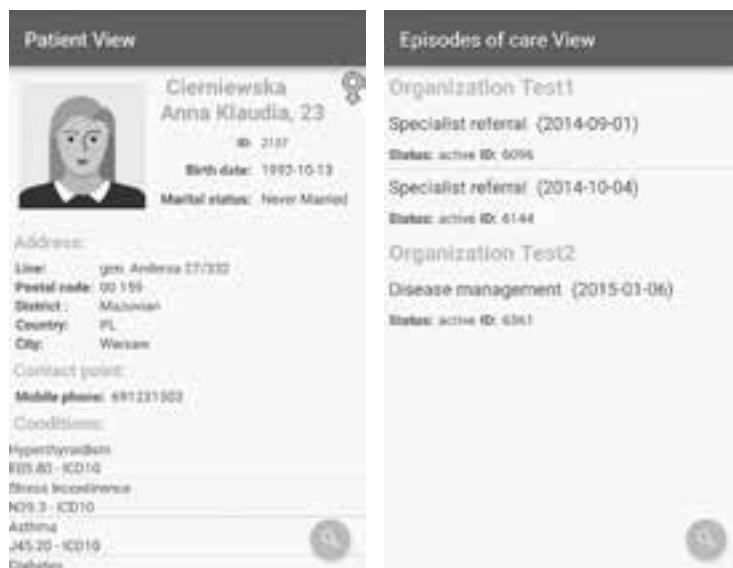
Źródło: A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.

¹² A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych*, praca magisterska, Wydział Cybernetyki, WAT, Warszawa 2016.

¹³ R. Boyer, K. Mew, *Android Application Development Cookbook*, 2nd ed., 2016.

¹⁴ Niektóre standardy interoperacyjności systemów medycznych [https://www.csioz.gov.pl/fileadmin/user_upload/plcda-release-1.1-pl-PL/plcda-html-pl-PL/\(5.02.2016\)](https://www.csioz.gov.pl/fileadmin/user_upload/plcda-release-1.1-pl-PL/plcda-html-pl-PL/(5.02.2016)).

Kolejne ekrany – rysunek 3 – prezentują widok danych wybranego pacjenta (*Patient*) oraz listę chorób z nim powiązanych (*Condition*).



Rysunek 3. Widok danych pacjenta

Źródło: A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.

Reakcją na dotknięcie na ekranie pozycji reprezentującej konkretną jednostkę chorobową analizowanego pacjenta jest wyświetlenie kolejnego ekranu (rysunek 4). Zawiera on listę pogrupowanych zdarzeń związanych z wybraną chorobą (*EpisodeOfCare*). Grupowanie odbywa się według kryterium organizacji, w której miało miejsce leczenie choroby (np. ambulatorium, szpital). Każda grupa zdarzeń jest posortowana rosnąco według daty ich zajścia. Dotknięcie elementu listy powoduje otwarcie kolejnego ekranu, który przedstawia dane wizyty (*Encounter*) powiązanej ze zdarzeniem.

Na kolejnym ekranie (rysunek 5) przedstawiono referencje do zasobów związanych z wizytą. Ekran ten przedstawia zawartość zasobu referencji, a dane o zasobie są prezentowane w formie tabeli.



Rysunek nr 4. Widok jednostek chorobowych

Źródło: A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.



Rysunek 5. Widok zawartości referencji zasobu

Źródło: A. Cierniewska, *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.

5. Podsumowanie

Konkludując, należy stwierdzić, że standard HL7 FHIR jest dobrze przygotowany do zastosowania w mobilnych aplikacjach medycznych. W porównaniu ze starszymi standardami wydanymi przez organizację HL7, zdecydowaną zaletą FHIR jest łatwość implementacji oraz nacisk na wykorzystanie nowoczesnych technologii interoperacyjności systemów informatycznych. Należy jednak uwzględnić to, że standard ten jest stosunkowo nowym rozwiązaniem, którego wejście na rynek właśnie trwa. Co za tym idzie – być może przedstawiony przykład zastosowania FHIR nie jest zbyt mocno rozbudowany, ponieważ powstał w pierwszej połowie 2016 r., kiedy dostępna była jeszcze wersja „draft” tego standardu.

A zatem standard HL7 FHIR ma zdecydowanie szersze zastosowanie niż pokazane w aplikacji mobilnej PatientOnFHIRApp. Warto jednak zwrócić uwagę, że implementacja mechanizmów interakcji zawartych w specyfikacji standardu FHIR umożliwi wyświetlanie różnych wersji zasobów, ich modyfikacje oraz tworzenie nowych. Dzięki temu praca personelu medycznego może być wspierana bardziej efektywnie, interakcja użytkownika z aplikacją znacznie uproszczona, a zastosowane rozwiązania rozwijane w zależności od potrzeb.

Bibliografia

- Adibi S., *Mobile Health*, “A Technology Road Map” 2015, vol. 5.
- Benson T., Grieve G., *Principles of Health Interoperability, SNOMED CT, HL7 and FHIR*, 2016.
- Boyer R., Mew K., *Android Application Development Cookbook*, 2nd ed., 2016
- Cierniewska A., *Mechanizm prezentacji danych pacjenta dla wybranych systemów mobilnych* (praca magisterska), 2016.

Źródła sieciowe

- Health Level.org, <https://www.hl7.org/> (4.02.2016).
- Polska Implementacja Krajowa HL7 CDA, https://www.csioz.gov.pl/fileadmin/user_upload/plcda-release-1.1-pl-PL/plcda-html-pl-PL/ (5.02.2016).
- Informacje dotyczące standardów dotyczących wymiany danych medycznych, <http://www.ringholm.com/> (4.02.2016).

Baza wiedzy dotycząca standardów interoperacyjności w ochronie zdrowia tworzonych przez organizację HL7, <http://iehr.eu/pl/browse/knowledge/> (5.02.2016).

Blog dr n. med. Łukasza Kołtowskiego, <https://koltowski.com/> (5.02.2016).

Niektóre standardy interoperacyjności systemów medycznych, <https://www.csioz.gov.pl/interoperacyjnosc/definicje/> (5.02.2016).

Klasyfikacje i terminologie medyczne używane/obserwowane w Polsce, <https://www.csioz.gov.pl/interoperacyjnosc/klasyfikacje/> (5.02.2016).

* * *

The Implementation of the HL7 FHIR Standard in the Mobile Medical Application

Abstract

The study presents the most important assumptions of the HL7 FHIR standard which was used to create the original mobile medical application. This application is dedicated to health professionals. It enables quick and easy access to the list of clinical patients-related incidents within one medical care centre. Therefore, it is possible to search and display a patient's medical history with the server which is compatible with HL7 FHIR.

Keywords: HL7 FHIR, HL7 CDA, interoperability, mobile application, EHR