

**Dariusz GUTEK**POLITECHNIKA LUBELSKA,  
ul. Nadbystrzycka 38d, 20-618 Lublin**Model przetwarzania badań w pracowni radiologicznej powiązanej ze strukturą organizacyjną szpitala**

Dr inż. Dariusz GUTEK

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrotechniki na kierunku Inżynierskie Zastosowania Informatyki, Politechniki Lubelskiej. Obecnie pracuje na stanowisku adiunkta Zakładu Programowania, Instytutu Informatyki Politechniki Lubelskiej. Główne zainteresowania autora skupiają się na informatyce medycznej, zagadnieniach wykorzystania baz danych oraz zagadnieniach przetwarzania grafiki komputerowej.



e-mail: darekg@cs.pollub.pl

**Streszczenie**

Artykuł prezentuje opis modelu przetwarzania badań, jakie wykonywane są w pracowniach radiologicznych. Wyniki wykonanych badań w postaci opisów tekstowych – standard HL7 oraz obrazów – standard DICOM powiązane są następnie ze strukturą szpitalnego systemu informacyjnego. Proponowana aplikacja zarządzająca pracowniami radiologicznymi może zostać zaimplementowana w placówce o dowolnej wielkości z wdrożonym systemem informacyjnym oraz z dowolną liczbą aktywnych pracowni obrazowania medycznego. Opracowana aplikacja może być testowana poza obrębem sieci szpitalnej.

**Słowa kluczowe:** model komunikacji, pracownia radiologiczna, szpitalny system informatyczny, radiologia.

**Model of test processing in a radiology laboratory connected with the hospital organizational structure****Abstract**

Applications managing a radiology laboratory organize works performed by the laboratory peripheral systems. Proper communication with other systems used in the laboratory and a hospital IT system is required for realizing this task. The paper presents description of a model of processing the tests performed in radiology laboratories. The test results in the form of text descriptions – HL7 standard and images – DICOM standard are subsequently affiliated with the hospital system structure. The proposed application which manages radiology laboratories may be implemented in the facility of any size with the IT system implemented and with any number of active medical image laboratories. A simulator is also proposed to enable testing applications outside the hospital network. A communication model assumes the usage of HL7 and DICOM standards. Due to different versions of these protocols and large freedom during creating messages, the application uses the protocol which sends the messages in the XML format. The messages are patterned on the HL7 and DICOM equivalents, sending the same information, however encoded in the manner which is unambiguously read out by all elements of the application (Fig. 2). The creation of software which may be implemented in the productive environment requires application of the developed testing process. In the case of medical facilities the process is even longer. The next step is to prepare communication interfaces for HL7 and DICOM protocols. It will allow conducting tests with participation of the software which stimulates events signaled by means of these protocols and will be the next stage for testing the application in a real radiology laboratory.

**Keywords:** communications model, radiology lab, hospital information system, radiology.

**1. Wstęp**

Aplikacje zarządzające pracownią radiologiczną RIS (Radiology Information System), mają za zadanie przyjmowanie zleceń na badania i przyporządkowanie ich do zarządzanych urządzeń. To zadanie jest wykonywane za pomocą kolejki badań, która jest przesyłana do urządzenia akwizycyjnego, na którym jest wyko-

nywane badanie. RIS otrzymuje informacje od urządzeń akwizycyjnych o aktualnie wykonywanych działaniach i informuje o nich pozostałe systemy pracujące w ramach pracowni. Zebrane informacje są wysyłane do systemu PACS (Picture Archiving and Communication System) oraz menadżera raportów. Pozwala to na synchronizację systemów w pracowni [1].

Organizacja pracowni radiologicznej jest zależna od ośrodka, w którym została wdrożona. W przypadku niewielkiej pracowni, która obsługuje jedno lub kilka urządzeń akwizycyjnych, proces rejestracji pacjentów będzie wykonywany przed rozpoczęciem badania. Podobnie kolejka badań do opisu będzie sprowadzała się do kilku zleceń dziennie. W takim ośrodku oprogramowanie może być dostarczone przez jedną firmę, która we własnym zakresie określi zasady komunikacji poszczególnych systemów.

Wdrożenie RIS w szpitalu, który posiada kilka pracowni radiologicznych, często umieszczonych w miejscach oddalonych od siebie, np. w różnych skrzydłach szpitala, wymaga dokładniejszego zarządzania kolejką i procesem przyjmowania pacjentów. Taki ośrodek często posiada aplikację zarządzającą ruchem chorych, która odpowiada za rejestrację pacjentów i zleconych badań. RIS musi posiadać odpowiednie interfejsy komunikacyjne pozwalające na przyjęcie danych pacjenta z zewnętrznej placówki, a następnie przekazanie jej wyników badania. Duża placówka szpitalna jest obsługiwana przez systemy informatyczne różnych dostawców, co oznacza, że muszą one wykorzystywać określony protokół komunikacji.

Wykonanie badania w pracowni radiologicznej rozpoczyna się od podania danych pacjenta oraz sprecyzowaniu, jakiego rodzaju badania mają zostać wykonane. RIS po otrzymaniu tych danych musi przygotować listę procedur i umieścić je w kolejkach przeznaczonych dla odpowiednich urządzeń. Każda z procedur składa się z tzw. kroków procedur, które szczegółowo opisują planowaną czynność. Procedury są wykonywane przez urządzenia akwizycyjne. Technik obsługujący takie urządzenie pobiera z RIS listę zadań i po zweryfikowaniu danych pacjenta rozpoczyna badanie. Urządzenie akwizycyjne komunikuje się z RIS informując go jakie czynności są aktualnie wykonywane i czy zakończyły się one poprawnie. Otrzymane zdjęcia są przekazywane do systemu PACS [2].

RIS tworząc kolejkę badań informuje system PACS i menadżera raportów o planowanych badaniach. Przesyła m.in. informacje o pacjencie i szczegółach badań. Poszczególne systemy muszą potwierdzić gotowość do przyjęcia danych. Jest to ważne ze względu na rozmiar przesyłanych zdjęć. Badanie może składać się z pojedynczego zdjęcia, bądź serii zdjęć w zależności od urządzenia. Magazynowane zdjęcia nie są kompresowane i ich rozmiar może sięgać od kilku megabajtów nawet do gigabajta.

Po zakończeniu badania, informacja jest przekazywana do RIS, który informuje o tym PACS i system zarządzania raportami. PACS zamyka listę zdjęć przeznaczonych dla badania, a system raportowania dodaje do swojej kolejki zadanie opisanie badania. Lekarz radiolog pracujący przy stacji roboczej podłączonej do menadżera raportów, pobiera zadanie wykonania opisu zdjęcia. Następnie pobiera zdjęcia z PACS i wykonuje raport z badania. Raport jest przyporządkowany do wykonanej procedury. Badanie jest uznawane za zakończone po wykonaniu raportu wszystkich procedur przyporządkowanych do tego badania.

**2. Przesyłanie informacji tekstowej – HL7**

HL7 (Health Level Seven) jest standardem wysyłania informacji medycznych. Numer 7 w nazwie wywodzi się z siódmej warstwy modelu OSI:ISO (warstwa aplikacji), na którym funkcjonuje protokół.

Standard jest obecnie używany w wersji 2 i 3. Protokół jest uznawany za standard przez organizację ANSI. HL7 koduje szereg informacji medycznych. Jest używany m.in. do przekazywania informacji o pacjentach, przyjęciach i wypisach z placówek, informacji odnośnie zleconych zabiegów, zamówień leków dla aptek szpitalnych. Protokół HL7 został określony jako działający w warstwie aplikacji. Pozostawiono swobodę wyboru medium transmisyjnego i koncentrując się na przekazywanych informacjach.

Wiadomość kodowana w formacie HL7 w wersji 2 składa się z segmentów. Każdy segment jest podzielony na pola. Segment określa typy i kolejność pól, przez co w ciele wiadomości umieszczone są same wartości. Każde pole ma określony typ, który opisuje w jaki sposób jest kodowana jego wartość. Wiadomość rozpoczyna się segmentem MSH (Message Header Segment), w którym kodowane są wartości określające strukturę komunikatu. Ten segment określa m.in. wykorzystywany zestaw znaków, znak działający jako separator pól, typ wiadomości, wersję wiadomości.

Protokół HL7 w wersji 3 koduje wiadomości w formacie XML i jest oparty o model RIM (Reference Information Model). W HL7 w wersji drugiej znaczną liczbę pól oznacza się jako opcjonalne. Takie podejście pozwala na bardzo swobodne konstruowanie wiadomości, jednak stwarza możliwość powstania dużej liczby błędów podczas komunikacji dwóch systemów różnych dostawców. Ze względu na brak jednoznacznego określenia, jakie części komunikatów są wspierane w ramach implementacji, duży nacisk jest stawiany na testy systemów przed wdrożeniem ich do środowisk produkcyjnych. Koncepcja RIM ma zapobiec powstawaniu takich niejednoznaczności. RIM jest zbiorem określającym jakie informacje powinny być wysyłane w ramach określonych zdarzeń. Przyjęty w wersji trzeciej format XML pozwala na umieszczenie w wiadomości informacji o zamieszczonych typach danych. Odbiorca może określić, jakie informacje są wspierane przez nadawcę.

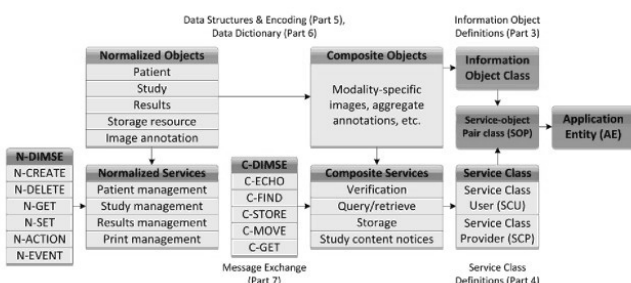
HL7 jest przeznaczony do wymiany informacji tekstowych. Wykorzystują go szpitalne systemy informacyjne do komunikacji z innymi systemami szpitalnymi, takimi jak opisywany RIS.

### 3. Przesyłanie informacji graficznej – DICOM

DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) jest standardem określającym działania wykonywane w ramach transmisji i przechowywania obrazów medycznych. Określa, w jaki sposób są kodowane i przechowywane w postaci plików zdjęcia wykonane za pomocą urządzeń akwizycyjnych.

Dicom jest opracowany przez instytucję NEMA. Jego specyfikacja jest darmowa i można ją pobrać ze strony autora. Jest opisany przez 18 dokumentów, każdy odpowiednio oznaczony jako PS 3.1-18.

W ramach specyfikacji określony jest m.in. sposób konstruowania komunikatów, struktura i kodowanie informacji, metody zapisywania obrazów, zasady działania wykorzystywanych algorytmów kompresji (rys. 1).



Rys. 1. Schemat przedstawiający klasy obiektów i klasy usług DICOM [3]  
Fig. 1. Diagram presenting classes of facilities and services DICOM [3]

Transmisja danych jest podzielona na wymianę tzw. klas SOP (Service Object Pair). Są to podstawowe struktury danych. Model komunikacji DICOM przewiduje rolę nadawcy i odbiorcy w ramach wymiany klasy SOP. Dostawcą usługi jest Service Class Provider – SCP, który odpowiada na zapytania, wysyłane przez Service Class User – SCU. Wymiana informacji jest dokładnie określona w specyfikacji DICOM.

### 4. Model komunikacji

Model komunikacji zakłada wykorzystanie standardów HL7 i DICOM. Ze względu na różne wersje tych protokołów oraz dużą dowolność podczas tworzenia komunikatów aplikacja wykorzystuje protokół wysyłający wiadomości w formacie XML. Wiadomości są wzorowane na odpowiednikach HL7 i DICOM. Przesyłane są te same informacje, jednak zakodowane w sposób jednoznacznie odczytywany przez wszystkie elementy aplikacji. Takie rozwiązanie pozwoliło wykonać symulację wymaganych systemów i spełnić wymagania odnośnie kompatybilności.

Dzięki obiektowej budowie, kod wykonujący kodowanie wiadomości jest odseparowany od logiki biznesowej i może zostać wymieniony na odpowiednik kodujący wiadomości do dowolnego formatu docelowego. To podejście pozostawia możliwość wdrożenia aplikacji do pracowni radiologicznej, bez potrzeby wykonywania dużej liczby zmian w jej kodzie źródłowym.

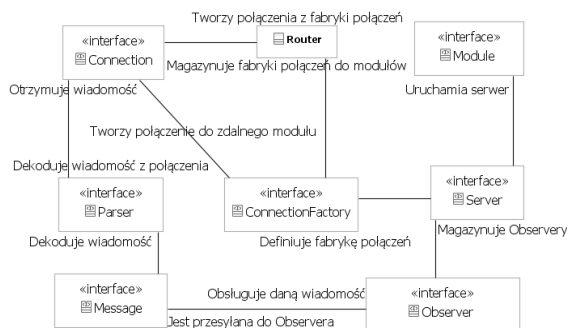
Wykonany RIS jest podzielony na warstwę serwera i warstwę klienta. Warstwa serwera składa się z modułów Order Filler, PACS, Report Manager oraz Frontend. Każdy z nich działa niezależnie i symuluje odpowiednik z opracowania IHE.

Warstwa klienta składa się z modułów ADT (Moduł przychodni), Acquisition Modality (Symulator urządzenia akwizycyjnego), Image Display, Report Creator (Stanowisko raportowania), Administrator. Są to aplikacje okienkowe, pozwalające symulować komunikaty odpowiadające działaniom wykonywanym przez aktorów IHE oraz sterowanie serwerem.

Projektując aplikację dużą uwagę przywiązano do elastycznego mechanizmu wysyłania wiadomości. Treść wiadomości jest kodowana za pomocą publicznych atrybutów klasy, która implementuje interfejs Message. Pozwala to wprowadzić poziom abstrakcji, dzięki czemu programista skupia się na przygotowaniu odpowiednich informacji, a sposób zakodowania i wysłania wiadomości jest mu nieznany. Nawiązywanie połączenia jest wykonane w podobny sposób. Programista wywołuje metodę klasy Router.getConnectionTo() podając nazwę modułu, z którym chce się połączyć, i otrzymuje interfejs Connection. Connection ma metody używane do wysyłania wiadomości takie jak send(Message), receive(), które używają interfejsu wiadomości Message.

Obsługa wiadomości jest wykonywana za pośrednictwem interfejsu Server, który rejestruje interfejsy Observer. Do Observera jest przyporządkowana klasa wiadomości. W momencie otrzymania wiadomości o podanym typie, uruchamiana jest metoda run(Message, Connection) klasy Observer, przekazując w argumentach, otrzymaną wiadomość i interfejs połączenia. Taka obsługa wiadomości pozwala na implementację logiki biznesowej wewnątrz metody run(), klasy Observer, a pozostawienie mechanizmów nawiązywania połączenia oraz sprawdzania poprawności wiadomości dla mechanizmów aplikacji (rys. 2) [4].

Opis części kolejnych procedur wykonywanych podczas wykonywania badań w pracowni radiologicznej zamieszczony został we wcześniejszej publikacji [5]. Ostatnim krokiem wykonywania badania jest opisanie zdjęć. W tym celu tworzony jest raport w menadżerze raportowania, który jest następnie wypełniany przez lekarza specjalistę. Do utworzenia raportu wykorzystywana jest konsola raportowania. Pozwala ona na pobranie zadania z listy przedstawianej przez menadżer raportowania i następnie przesłanie wykonanego raportu. Stacja raportowania jest także wyposażona w przeglądarkę obrazów łączącą się z systemem PACS.



Rys. 2. Schemat interfejsów wykorzystywanych w aplikacji do realizacji komunikacji pomiędzy modułami

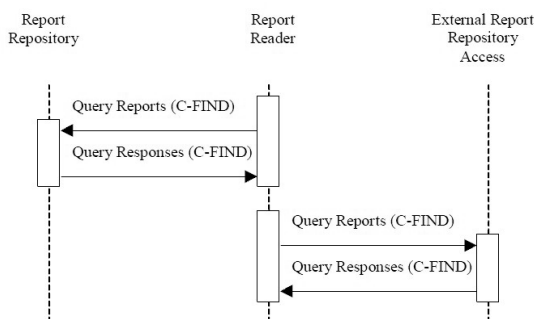
Fig. 2. Diagram of interfaces used in application for realization of communication between the modules

Wykonywanie raportu jest podzielone na kilka etapów opisanych transakcjami IHE. Informacje są przesyłane w formacie DICOM.

Raport jest konstruowany jako tzw. „DICOM Structured Report”. Jest to struktura, która łączy kilka obiektów SOP w opracowany raport z badania. Raport może zawierać odnośniki do wykonanych zdjęć, oznaczenia umieszczone na zdjęciach, diagnozy, przypuszczenia i komentarze, które są tworzone przez specjalistę. Przygotowany raport może zostać pozostawiony do konsultacji przez innego lekarza lub zatwierdzony.

Po zatwierdzeniu raportu nie istnieje możliwość edycji, jedynie utworzenie nowego raportu, który będzie mógł korygować ewentualne błędy. Jest to istotne ze względu na odpowiedzialność, jaka jest związana z późniejszym wykorzystaniem takiego opisu. Zatwierdzenie raportu kończy się przez opatrzenie go podpisem wykonawcy, który jest wykorzystywany do potwierdzenia jego autentyczności.

Proces przesyłu raportu rozpoczyna pobranie listy zadań, czyli raportów, które wymagają opisu. Lista jest przesyłana w ramach transakcji RAD-26 Query Reports. Wiadomość DICOM C-FIND (rys. 3) działa w tym przypadku podobnie jak w przypadku transakcji RAD-5.



Rys. 3. Schemat transakcji RAD-26

Fig. 3. Diagram of the RAD-26 transaction

## 5. Podsumowanie

Aplikacja zarządzająca pracownią radiologiczną organizuje prace wykonywane przez systemy peryferyjne pracowni. Wymogiem jej działania jest poprawna komunikacja z pozostałymi systemami wykorzystywanymi w pracowni oraz szpitalnym systemem informacyjnym. Aplikacja ma na celu usprawnienie działania placówki obsługującej dużą liczbę pacjentów, która wymaga szybkiej obsługi danych z pracowni.

Model zakłada wielokrotne przesyłanie tych samych informacji, w celu utrzymania synchronizacji. Zaprezentowana aplikacja wykorzystuje jedną bazę danych, w związku z czym należało określić, jakie dane są wymagane do przesłania w ramach realiza-

cji transakcji, a jakie należy wskazać jedynie przez podanie identyfikatora. Te decyzje były istotne, z punktu widzenia późniejszego programowania obsługi komunikatów, oraz założenia, że część symulowanych systemów, może inaczej przechowywać dane niż w bazie. Dokładny projekt wymiany danych usprawnił pisanie kodu aplikacji, niemniej jednak największa liczba błędów, wykrytych podczas jej testowania, była związana z błędną interpretacją wiadomości. Wykorzystanie kodowania informacji formatem XML pozwoliło śledzić wymianę danych za pomocą programu śladzącego i weryfikować czy są budowane zgodnie z projektem. Przyjęty mechanizm komunikacji spełnił założenie sprawnej wymiany informacji.

W trakcie realizacji projektu zapoznano się ze sposobem funkcjonowania pracowni radiologicznej w jednym z lubelskich szpitali. Konfrontując go z opracowaniem IHE zostały wprowadzone pewne uproszczenia i usprawnienia, które mają zastosowanie praktyczne. Lista planowanych badań jest zorganizowana z uwzględnieniem dobowego podziału czasu eliminując próby kierowania kolejnością wykonywanych procedur. Powodem tej decyzji jest możliwość zaistnienia nieprzewidywalnych sytuacji, których rozwiązanie może być utrudnione przez narzucenie takiej kolejki. Obecnie używane urządzenia akwizycyjne są wyposażone w systemy pobierające listy zadań. Decyzja o kolejności wykonywanych badań powinna być pozostawiona dla operatora.

Obecnie dostępnych jest na rynku kilkanaście interfejsów protokołu HL7. Brak dostępu do specyfikacji oraz niejednoznaczny mechanizm organizowania danych, które są używane w ramach polskich aplikacji szpitalnych, skłoniły do wykorzystania autorskiego protokołu [4]. Prezentowane w pracy rozwiązanie korzysta jedynie z kilku wiadomości opartych na HL7. W pracy zwrócono większą uwagę na informacje, które niosą te wiadomości.

Wybrany protokół został także wykorzystany do kodowania odpowiedników wiadomości DICOM, które przekazywały dane tekstowe lub służyły jako powiadomienia o zdarzeniach.

Oba protokoły przekazują informacje, które muszą być kojarzone podczas wykonywania zadań w pracowni. Odpowiednia organizacja struktury tabel w bazie danych pozwala szybko powiązać ze sobą dane pochodzące z różnych źródeł. Informacje zlecenia badania są powiązane z informacjami pochodzącymi z urządzeń akwizycyjnych oraz z wykonywanym później, raportem. Relacyjna baza danych w odpowiedni sposób rozwiązuje problem powiązania ze sobą informacji.

Wytworzenie oprogramowania, które może zostać wdrożone w środowisku produkcyjnym wymaga rozwiniętego procesu testowania. W przypadku placówek medycznych ten proces jest jeszcze dłuższy. Następnym krokiem jest przygotowanie interfejsów komunikacyjnych dla protokołów HL7 i DICOM. Pozwoli to na testy z udziałem oprogramowania symulującego zdarzenia sygnalizowane za pomocą tych protokołów i będzie kolejnym etapem do przetestowania aplikacji w rzeczywistej pracowni radiologicznej.

## 6. Literatura

- [1] Piętka E.: Zintegrowany system informatyczny w pracy szpitala, PWN, Warszawa, 2004.
- [2] Huang H. K.: PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications, John Wiley and Sons, 2010.
- [3] IHE Radiology Technical Framework Volume II Transactions Revision 9.0. Final Text June 27, 2008, [http://www.ihe.net/Technical\\_Framework/upload/ihe\\_tf\\_rev9-0ft\\_vol2\\_2008-06-26.pdf](http://www.ihe.net/Technical_Framework/upload/ihe_tf_rev9-0ft_vol2_2008-06-26.pdf)
- [4] Adamczyk G., Aleksandrowicz M.: Aplikacja zarządzająca pracownią radiologiczną, Praca inżynierska pod kierunkiem Gutek D., Politechnika Lubelska, Lublin 2011.
- [5] Gutek D.: Symulacja modelu komunikacji w pracowni radiologicznej szpitala oparta na modelu opracowanym przez organizację IHE, Pomiary Automatyka Kontrola, 12 (2011), 1492-1494.