

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA

SYSTEMY TELEMEDYCZNE

KOD KURSU: TLEU00102P, TERMIN: CZWARTEK, 15:15-16:55

---

# Teleinformatyczne systemy przywoławcze w placówkach medycznych

---

*Autorzy:*

Łukasz JOKSCH(200963)

Tomasz KOWALIK(200943)

Piotr TAZBIR(201029)

*Opiekun:*

dr. Edward PUCHAŁA

25 października 2016

# Spis treści

<b>1</b>	<b>Wstęp</b>	<b>2</b>
1.1	Systemy przywoławcze, a regulacje prawne . . . . .	2
1.2	Wady i zalety aktualnych rozwiązań . . . . .	3
<b>2</b>	<b>Założenia projektowe</b>	<b>3</b>
2.1	Uniwersalność . . . . .	4
2.2	Modularyzacja . . . . .	4
2.3	Miniaturyzacja . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Koncepcja rozwiązania</b>	<b>5</b>
3.1	Ogólny zarys koncepcyjny . . . . .	5
3.2	Rodzaje przywołań oraz ich oznaczenia . . . . .	6
3.3	Rozwiązania sprzętowe . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Przepływ informacji, model sieci</b>	<b>7</b>
4.1	Zastosowane protokoły . . . . .	7
4.2	Struktura nagłówka generowanego przez terminale . . . . .	7
4.3	Generowany nagłówek HTTP . . . . .	8
4.4	Gromadzenie danych . . . . .	8
4.5	Interpretacja zgromadzonych danych . . . . .	9
4.6	Prezentacja zgromadzonych danych . . . . .	9
<b>5</b>	<b>Zasilanie</b>	<b>9</b>
5.1	Zasilanie awaryjne . . . . .	9

# 1 Wstęp

Celem niniejszego projektu jest opracowanie zaawansowanego systemu przywoławczego dla placówek medycznych, usprawniającego monitorowanie stanu zdrowia pacjenta oraz umożliwienie szybkiej reakcji personelu w przypadkach nadania sygnału przywoławczego przez chorego. Dzięki gromadzeniu informacji parametrach medycznych pacjenta możliwym będzie odwołanie się do tych danych w przyszłości. Wszystko to dąży do poprawy standardów życia oraz jakości opieki nad pacjentami. Jest dedykowany dla każdej jednostki medycznej, w której zachodzi konieczność całodobowego monitorowania stanu zdrowia pacjenta.

Główne założenia tego projektu mogą wydać się rewolucyjne, a wręcz futurystyczne. Należy jednak mieć na uwadze, że to co dziś wydaje się niewykonalnym, za kilka lat może okazać powszechnym standardem.

## 1.1 Systemy przywoławcze, a regulacje prawne

Poruszany temat jest szczególnie istotny, gdyż zgodnie z rozporządzeniem Ministra Zdrowia z dnia 3. Listopada 2011 w sprawie szpitalnego oddziału ratunkowego obliguje się jednostki medyczne związane z segregacją medyczną do implementacji takich systemów. Również w Rozporządzeniu Ministra Polityki Społecznej z 19. Października 2005 w sprawie domów pomocy społecznej (Dz.U. z 2005 r., nr217, poz. 1837) wymaga się stosowania systemów przyzywowych w tego typu placówkach. Szczególnie istotnym aktem prawnym dotyczącym poruszanych zagadnień jest obowiązująca w Polsce norma PN-EN ISO 11073, która zawiera ogólne wytyczne dotyczące sposobu komunikacji między urządzeniami związanymi ze zdrowiem pacjenta. Wspomniana norma, szczególnie zwraca uwagę aby stosowane rozwiązania pozwalały na gromadzenie informacji o akcji takich urządzeń w postaci historii, z uwzględnieniem możliwości identyfikacji każdego urządzenia. Ponadto, każde zdarzenie powinno być dodatkowo precyzyjnie zarchiwizowane, tj. powinno zawierać datę i godzinę wystąpienia akcji. Niezbędnym jest także warunek zachowania interoperacyjności i zgodności systemów, tak aby stosowane rozwiązanie umożliwiało swobodną wymianę danych między różnymi systemami, w tym także z istniejącą już infrastrukturą. Warunek ten może być spełniony przez wykorzystanie międzynarodowych standardów komunikacji przywoławczych, np. POCSAG. Optymalnym rozwiązaniem wydaje się być funkcjonalność polegająca na możliwości implementacji różnych standardów, tudzież protokołów w zależności od wymagań jednostki medycznej. W tym miejscu należy wspomnieć o tym, iż o ile polskie prawo zobowiązuje placówki medyczne do stosowania systemów przywoławczych, co więcej wskazuje metody komunikacji w obrębie takiego systemu, jednak w żaden sposób nie są prezentowane wytyczne co do samego systemu. Fakt ten, sprawia, że projektanci oraz konstruktorzy sprzętu oraz oprogramowania mają sporą dowolność, która może wiązać się z niebezpieczeństwem polegającym na wprowadzaniu na rynek produktów słabej jakości.

## 1.2 Wady i zalety aktualnych rozwiązań

Aktualnie na rynku istnieje wiele rozwiązań wspierających komunikację między pacjentami a personele szpitala. Jednak ze względu ich komercyjny charakter ich główną cechą wspólną jest indywidualność i nowatorstwo. Niezaprzeczalnie, są to ich ogromne zalety, jednak w tym samym momencie stają się także ich poważnymi wadami. Po pierwsze, częstokroć ile razy konieczna będzie rozbudowa systemu, placówka, jest uzależniona od firmy instalującej system. Hermetyczność biznesowa powoduje, że konkurencyjni dostawcy usług niechętnie dzielą się swoimi rozwiązaniami, wiedzą. Takie zjawisko sprzyja monopolizacji rynku, co nie jest korzystnym dla rozwoju gospodarki i tworzeniu nowych technologii. Poza czynnikami stricte biznesowymi i politycznymi, ważnym obszarem jest podejście technologiczne oraz rozwiązania techniczne. Do głównych wad, większości aktualnych systemów możemy zaliczyć:

1. Stosowanie wielu różnych systemów i języków programowania;
2. Zamknięte oprogramowanie;
3. Ogromne wymagania zasobów sprzętowych;
4. Duże zapotrzebowanie na energię elektryczną;
5. Uzależnienie działania od funkcjonowania; infrastruktury energii elektrycznej (dostarczanej z sieci);
6. Podatność na zakłócenia - utrata integralności i niezawodności pracy;
7. Duże koszty produkcji i utrzymania;
8. Problematiczne aktualizacje;
9. Zamknięte grono osób posiadających wiedzę o systemie.

W związku z występowaniem wielu wad takowych systemów na, bądź co bądź, dość ogólnym poziomie analizy jednym z celów tego projektu będzie próba przedstawienia rozwiązań eliminujących zidentyfikowane problemy.

## 2 Założenia projektowe

W tym rozdziale przedstawione zostaną główne założenia projektowe. Należy jednak zauważyć, iż poruszanie zagadnienia jest problemem wielopoziomowym, ale też interdyscyplinarnym. Dotyka bowiem wielu obszarów, które z pozoru nie są ze sobą ściśle skorelowane. Jednak po przemyślanej analizie i usystematyzowaniu wymagań i potrzeb wynikających z istnienia ich wszystkich finalnie może powstać sprawnie działający system.

## 2.1 Uniwersalność

Chcąc, choćby częściowo, stworzyć system otwarty ale także taki, dzięki któremu przedsiębiorcy nadal będą mogli zarabiać pieniądze należy stworzyć odpowiedni, optymalny model systemu. Proponujemy czterowarstwowy model przywoławczy:

- Warstwa Informacji - odpowiada za tworzenie nagłówków przesyłanych informacji, określa ich format i typ(rodzaj). Definiuje strukturę i jakość informacji dostarczanej przez nośniki informacji określone w warstwie transportowej i Sprzętowej;
- Warstwa Sprzętowa - określa jaki sprzęt zastosowano w całym systemie;
- Warstwa Transportowa - definiuje protokoły i sposoby transportu i gromadzenia informacji;
- Warstwa Aplikacji i Usług - określa zbiór zastosowanego oprogramowania, usług i serwerów.

Istotną kwestią, rewolucją względem dotychczas stosowanych rozwiązań, jest budowa systemu przywoławczego opierając się na oprogramowaniu open-source. Dzięki takiemu podejściu chcąc rozbudować system nie będzie koniecznym dodatkowe gromadzenie informacji implementacji aktualnego rozwiązania, gdyż będzie ono zawierało sprawdzone, ogólnodostępne oprogramowanie, interfejsy czy protokoły.

## 2.2 Modularyzacja

Chcąc sprawić, by system przywoławczy był sprawnie funkcjonującym należy dążyć do jego decentralizacji - zarówno pod względem sprzętowym, jak i w ujęciu programowym. Dzięki takiemu rozwiązaniu w przypadku awarii jednego z komponentów nie zostanie zakłócona integralność. Co więcej system powinien być w stanie zlokalizować źródło problemu i w miarę możliwości być w stanie obsłużyć tą sytuację umożliwiając kontynuację pracy bez uszkodzonych elementów infrastruktury. Taką modularyzację można realizować przez instalację poszczególnych usług czy oprogramowania na kolejnych fizycznych serwerach. W przypadku wymiany informacji zastosowane zostaną Punkty dostępowe sieci WLAN, chcąc zwiększyć dostępność sieci - wystarczy zainstalować kolejne takie urządzenie lub zastosować antenę, zwiększającą zasięg.

## 2.3 Miniaturyzacja

Całkowicie nowym podejściem jakie zostanie zastosowane w projekcie jest porzucenie kosztownych i zużywających wiele energii elektrycznej serwerów i urządzeń im towarzyszących. W zamian użyte zostaną mikrokomputery Raspberry Pi 3. Ich parametry techniczne pozwalają na implementację zaawansowanych serwerów i usług. Ze względu na bardzo małe koszty związane z zakupem tego sprzętu możliwym jest instalacja poszczególnych usług na kolejnych urządzeniach. Dzięki temu uzyskamy izolację między systemami, która może być użyteczną w przypadku awarii. Ich minimalne

zapotrzebowanie na prąd pozwoli na długoterminowe funkcjonowanie rozwiązania na zasilaniu akumulatorowym. Poniżej przedstawiono opis mikrokomputera Raspberry Pi 3:

- Procesor chipset - Broadcom BCM2837 64-bit
- Rdzeń Quad-Core - ARM Cortex A53
- Taktowanie - 1.2 GHz
- Pamięć RAM - 1 GB LPDDR2 @ 900 MHz
- Zasilanie - 5.0 V
- Pobór prądu 300-400 mAh

### 3 Koncepcja rozwiązania

W tym rozdziale zostaną przedstawione informacje dotyczące implementacji każdego z modułu projektu. Zgodnie z wcześniej przyjętym czterowarstwowym modelem - dla każdej warstwy podane zostaną informacje dotyczące jej funkcjonowania i oddziaływania na pozostałe warstwy.

#### 3.1 Ogólny zarys koncepcyjny

System przywoławczy opiera się o wykorzystanie dedykowanych urządzeń: pilotów dla pacjentów, modułów przywoławczych dla pacjentów z ograniczonymi funkcjami życiowymi, centrali obsługującej przywołania i trójkolorowego oświetlenia LED wskazującego rodzaj alarmu. Poza rozwiązaniem stricte sprzętowym, zaimplementowana zostanie aplikacja mobilna na najbardziej popularne systemy telefonów (smartfonów).

W nawiązaniu do głównego zamysłu dotyczącego obsługi zdarzeń, gromadzenia informacji o pacjentach i modelu reagowania na te zdarzenia, system będzie realizował możliwie najprostsze ale co ważne - najnowocześniejsze technologie. W chwili gdy pacjent przy pomocy dowolnego narzędzia zasygnalizuje chęć przywołania personelu medycznego - zgłoszenie to natychmiastowo trafi do odpowiedzialnej kadry, system zapisze godzinę, dane pacjenta, oraz rodzaj przywołania. W tej samej chwili na zewnątrz sali szpitalnej zaświeci się lampka przyjmująca barwę odpowiadającą danemu zgłoszeniu. Pozwoli to personelowi na szybką identyfikację odpowiedniej sali. Ponadto na panelu centrali pojawi się także takowa informacja - z informacją o numerem sali oraz szczegółowe informacje o pacjencie - jego personalia, historia poprzednich przywołań oraz skrót przebiegu choroby (powód hospitalizacji).

## 3.2 Rodzaje przywołań oraz ich oznaczenia

W projekcie przewidziano 3 rodzaje przywołań - alarmów:

1. krytyczne - przywołanie w przypadku problemów zdrowotnych, zaburzenie funkcji życiowych lub problemy ze zdrowiem, samopoczuciem
2. standardowe - przywołanie związane z obsługą pacjenta i jego codzienną egzystencją, tj. dotyczące szczególnie pomocy pielęgnarskiej, np. pomoc w kąpieli, załatwianiu potrzeb fizjologicznych.
3. komfortowe - dotyczące przywołań związanych z komfortem pobytu w placówce medycznej, np. prośba uruchomienia telewizora, zasłonięcie rolet czy poprawienie pościeli.

W zależności od rodzaju przywołania przewidziano dla każdego z nich odpowiednią barwę koloru. W nawiązaniu do nich projektowane będą kolejne elementy systemu.

- barwa CZERWONA - dla przywołania krytycznego;
- barwa ŻÓŁTA - dla przywołania standardowego;
- barwa ZIELONA - dla przywołania komfortowego.

## 3.3 Rozwiązania sprzętowe

Począwszy od terminali pacjentów, należy wspomnieć, iż będą to własne urządzenia skonstruowane specjalnie na potrzeby tego projektu. Oparte o mikrokontroler STM32 z rdzeniem CORTEX. Terminal będzie zawierał 4 duże, ergonomiczne przyciski o barwach odpowiadającym rodzajom wezwania, o których będzie mowa w kolejnych rozdziałach. Jeden z przycisków służyć będzie do odwołania przywołania, np. w chwili omyłkowego wduszenia przycisku. Każdy terminal wyposażony będzie także w moduł WiFi, służący do przesyłania danych do serwera. Przewidziano dwa rodzaje zasilania: bateryjny oraz stacjonarny - zasilanie z sieci energetycznej.

Terminal centrali będzie tabletem (system ANDROID) z zainstalowanym niezbędnym oprogramowaniem pobierającym informacje o zgłoszeniu z serwera. Do sieci będzie się łączył za pomocą modułu Wifi. Przewidziano także możliwość dźwiękowej sygnalizacji alarmu.

Sercem systemu, a dokładniej, jego trzema głównymi trzonami będą 3 serwery oparte o mikrokomputery Raspbery Pi 3. Każdy z nich będzie posiadał dysk SSD gromadzący dane niezbędne do pracy.

- serwer obsługujący zdarzenia, powiadamianie odpowiednich central
- serwer bazodanowy - przechowujący wszystkie zdarzenia w obrębie funkcjonowania systemu
- serwer backup - gromadzący kopię zapasową całego systemu wykorzystujący technologię RAID5.

Dla zapewnienia łączności pomiędzy poszczególnymi elementami rozwiązania zbudowana zostanie zamknięta sieć LAN - INTRANET, uniemożliwiając w ten sposób dostęp do zasobów osób trzecich. Jednak temu zagadnieniu zostanie poświęcony osobny paragraf.

## 4 Przepływ informacji, model sieci

Zgodnie z wcześniejszymi założeniami w projekcie możliwym jest wyszczególnienie warstwy odnoszącej się do przepływu danych. Dla prawidłowego działania całego systemu koniecznym jest istnienie sieci komputerowej. Chcąc zapewnić najwyższy poziom bezpieczeństwa zalecaną jest implementacja sieci przeznaczone wyłącznie dla proponowanego rozwiązania, zarówno odnosząc się do urządzeń sieciowych takich jak przełączniki czy punkty dostępowe jak i unikalna, przemyślana i spójna adresacja IP. Jest to rozwiązanie optymalne, jednak nie jest koniecznym do rozpoczęcia realizacji projektu. W przypadku gdy placówka medyczna posiada już infrastrukturę sieciową możliwym jest zastosowanie rozwiązania typu VLAN. W dużej mierze zastosowanie danego podejścia jest ściśle zależne od polityki bezpieczeństwa i zasobów teleinformatycznych danej placówki. W kontekście projektu wymogiem koniecznym do jego realizacji jest zapewnienie niezakłóconego, ciągłego dostępu do sieci informatycznej, umożliwiającej przesyłanie danych z wykorzystaniem protokołu TCP i UDP dla wszystkich urządzeń.

### 4.1 Zastosowane protokoły

Jak już wcześniej wspomniano, na poziomie warstwy łącza danych modelu OSI/ISO zastosowane będą protokoły TCP i UDP do przesyłania pakietów danych. Jednak na poziomie warstwy aplikacji wykorzystano protokół HTTP w wersji drugiej do przesyłania informacji stricte związanych z obsługą zdarzeń - np. identyfikator urządzenia, numer pokoju, rodzaj zgłoszenia. Zdecydowano się właśnie na takie podejście, ze względu na dojrzałość protokołu, bardzo dobre wsparcie techniczne oraz łatwą możliwość śledzenia poprawności generowanych zapytań. Ponadto protokół ten nawiązując połączenie z węzłem docelowym wysyła informację do urządzenia źródłowego, w której informuje czy połączenie zostało nawiązane prawidłowo. Dodatkowo nowa (druga) wersja protokołu pozwala na możliwość szyfrowania połączenia na poziomie tego protokołu z pominięciem dodatkowych serwerów, tudzież usług szyfrujących.

### 4.2 Struktura nagłówka generowanego przez terminale

Chcąc ograniczyć wykorzystanie ruchu sieciowego, ale przede wszystkim możliwie jak najszybciej przesyłać informacje o przywołaniu generowanym z terminala zaimplementowano krótki nagłówek komunikacyjny. Dzięki takiemu podejściu zostaną przesłane wszystkie niezbędne informacje w prostą, czytelną metodą (zarówno dla urządzeń, jak i człowieka, np. programisty monitorującego poprawność systemu). To łańcuch znakowy, w którym kolejne duże litery D,F,R,B,A oznaczają oddział, piętro, salę, łóżko, rodzaj alarmu (pierwsze litery zostały dobrane na podstawie angielskich



słów: department, floor, room, bed, alert. Natomiast w miejsce małych liter x, y, z, t, s podstawione będą wartości liczbowe (począwszy od zera) określające wartość parametrów przywołania (identyfikowanych przez duże litery). W związku z powyższym generowany nagłówek przyjmować będzie postać:

DxFyRzBtAs

Poniżej przedstawiono przykładowy ciąg znakowy z wartościami parametrów:

D11F3R505B3A1

Powyższy przykład oznacza że zgłoszenie zostało wygenerowane przez pacjenta z oddziału 11, znajdującego się na 3. piętrze, który przebywa w pokoju nr 505 na łóżku z numerem 3, a rodzaj generowanego alertu to 1.

### 4.3 Generowany nagłówek HTTP

Zgodnie z założeniami, terminale w chwili identyfikacji rodzaju zgłoszenia i zbudowania łańcucha znakowego (nagłówka przywołania) opisanego w punkcie 4.2 będą w stanie wygenerować nagłówek HTTP i takie zapytanie wysłać do wskazanego serwera interpretującego zgłoszenie.

W celu zawiązania połączenia terminal, w pierwszym kroku, wskazuje adres hosta z jakim chce się połączyć, następnie deklaruje wielkość przesyłanych danych i na końcu następuje przesłanie łańcucha znakowego. Serwer interpretuje odebrane i w przypadku poprawnego połączenia zwraca kod 200, który sygnalizuje prawidłowe połączenie. W rezultacie terminal może zakończyć połączenie z serwerem i przejść do stanu spoczynku.

W przypadku gdy nie możliwe jest nawiązanie poprawnego połączenia z serwerem, terminal, będzie robił to tak długo, aż serwer mu odpowie, umożliwi przesłanie zgłoszenia. Automatycznie po 3 nieudanych próbach połączenia wychodzącego z terminala - zacznie on generować oscylujący sygnał dźwiękowy.

### 4.4 Gromadzenie danych

Wygenerowane zapytanie z terminala będzie uruchamiało skrypt PHP na serwerze bazodanowym (MySQL). Serwer bazodanowy zostanie zainstalowany na osobnym, dedykowanym do tego celu mikrokomputerze Raspberry Pi. Dostęp do bazy danych będzie łatwy i intuicyjny poprzez przejrzysty panel administracyjny - phpMyAdmin. Dzięki temu same tabele jak i opcje konfiguracyjne będą reprezentowane przez graficzny interfejs.

Dane w tabelach zostaną sprowadzone do trzeciej postaci normalnej co zapewni szybki i niezawodny dostęp do danych.

## 4.5 Interpretacja zgromadzonych danych

Zgromadzone dane na serwerze bazodanowym, po uprzednim zgromadzeniu ich tam zostaną sparowane do czytelnej, dla użytkownika, formy. W tym celu specjalnie przygotowany skrypt PHP na żądanie użytkownika odpowiednio zareaguje na nadchodzącą akcję. Skrypt cały czas będzie nasłuchiwał zmiany zachodzące w bazie danych, w momencie nadejścia zgłoszenia, wskaże dane pacjenta na podstawie jego numeru id. Przekazane dane zostaną przetransformowane z postaci nagłówka na czytelne dla człowieka dane.

## 4.6 Prezentacja zgromadzonych danych

Zgłoszenia systemu będą prezentowane w czytelny sposób. Zapewni to zastosowanie nowoczesnych framework'ów takich jak: Bootstrap, Foundation, Spring. Implementacja responsywnych motywów umożliwi łatwą instalację systemu na sprzęcie pochodzącym od różnych dostawców. Umożliwi to uniezależnienie się od danego producenta, co znacząco wpłynie na obniżenie kosztu zakupu nowych urządzeń.

Prezentacja danych odbywać się będzie w dwojaki sposób. Pierwszym podejściem będzie umożliwienie wyświetlania danych na komputerach klasy PC oraz notebookach w postaci aplikacji webowej. Drugim rozwiązaniem jest implementacja responsywnego motywu w aplikacji Android.

# 5 Zasilanie

Zasilanie jest jedną z najmocniejszych stron tego systemu. Do jego pracy każdego serwera potrzebny jest prąd o nominalnym napięciu 5V. Pobór prądu przez Raspberry Pi wynosi ok. 300mA, co czyni system bardzo energooszczędnym. Chcąc sprostać najwyższym standardom, a co za tym idzie, pragnąc uczynić system stabilnym zastosowane będą stacjonarne zasilacze impulsowe.

## 5.1 Zasilanie awaryjne

Dzięki charakterystyce zasilania urządzeń możliwe jest zastosowanie zasilaczy UPS i wydajnych, tudzież pojemnych akumulatorów żelowych, które umożliwią niezakłóconą i nieprzerwaną pracę urządzeń przed bardzo długi czas.

# Literatura

- [1] Nurse Call Systems According to DIN VDE 0834 Safely into the future Safety and Security Division, Notes on Planning, Installation, Operation and Maintenance of Nurse Call Systems according to DIN VDE 0834, e.g. in hospitals, residential homes for the elderly and senior citizens, care institutions, forensic clinics and prisons, Edited by: Edith Hoffmann, Czasopismo ZWEI, Grudzień 2013
- [2] Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Społecznej z dnia 23 sierpnia 2012 r. w sprawie domów pomocy społecznej, 2012, [dostęp 6. grudnia 2015]. Dostępny w Internecie: <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20120000964> Norma PN-EN ISO 11073-10404:2011 - wersja polska, Informatyka w ochronie zdrowia – Komunikacja z osobistymi urządzeniami medycznymi – Część 10404: Rodzaj urządzeń – Pulsoksymetry, 2014
- [3] Norma DIN VDE 0834-1; VDE 0834-1:2000-04 – wersja angielska, Call systems in hospitals, nursing homes and similar institutions - Part 1: Requirements for equipment, erection and operation, 2000
- [4] Rafał Stanisławczyk, Systemy przywoławcze w świetle przepisów, czasopismo Zabezpieczenia 2013, [dostęp 24. października 2016.]. Dostępny w Internecie: <http://zabezpieczenia.com.pl/systemy-przywo%C5%82awcze-w%C2%A0%C5%9Bwietle-przepis%C3%B3w>
- [5] Hypertext Transfer Protocol, encyklopedia internetowa WIKIPEDIA, [dostęp 24. października 2016.] Dostępny w Internecie: [https://pl.wikipedia.org/wiki/Hypertext\\_Transfer\\_Protocol](https://pl.wikipedia.org/wiki/Hypertext_Transfer_Protocol)