POZNAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY ACADEMIC JOURNALS
No 100 Electrical Engineering 2019

DOI 10.21008/j.1897-0737.2019.100.0016

Waldemar JĘŚKO*

APLIKACJA SIECIOWA DO WIZUALIZACJI DANYCH POMIAROWYCH W CZASIE RZECZYWISTYM

W artykule zaprezentowano projekt aplikacji internetowej służącej do przetwarzania oraz wizualizacji danych pomiarowych. Stworzone rozwiązanie ma na celu umożliwić dostęp do pomiarów z każdego miejsca, które ma dostęp do Internetu, bez konieczności stosowania dodatkowego, dedykowanego specjalistycznego oprogramowania. Przedstawiono technologie wykorzystane do zaprojektowania aplikacji. Opisano także sposób uwierzytelniania klientów oraz wizualizację danych w czasie rzeczywistym. Aplikacja sieciowa, zbudowana na bazie serwera www, ma charakter uniwersalnego panelu użytkownika umożliwiającego komunikację w czasie rzeczywistym z aktualnie podłączoną kartą pomiarową.

SŁOWA KLUCZOWE: aplikacje internetowe, serwery www, wizualizacja danych pomiarowych, komunikacja klient-serwer w czasie rzeczywistym.

1. WPROWADZENIE

Większość współczesnych, zaawansowanych urządzeń elektronicznych w celu możliwości pełnej interakcji z użytkownikiem wymaga udostępnienia dodatkowego oprogramowania. Niestety znaczna część takich urządzeń, w tym specjalistyczne karty pomiarowe, posiadają dedykowane oprogramowanie, które trzeba dokupić dodatkowo. Nawet, jeśli oprogramowanie to będzie dołączone do urządzenia, to ze względu na swoją specyfikę oraz udostępnione możliwości podnosi koszt całego urządzenia. Warto także zaznaczyć, że mimo swojej ceny, oprogramowanie te jest przeznaczone najczęściej tylko na konkretny, z góry przyjęty system operacyjny. Ogranicza to w pewnym zakresie możliwość zastosowania programu oraz może przyczyniać się do wzrostu kosztów wdrożenia bądź rozszerzenia funkcjonalności na kolejne stanowiska.

Rozwiązaniem przedstawionych powyżej problemów jest aplikacja, która jest niezależna od sprzętu oraz oprogramowania. Aplikacja taka powinna być także łatwo dostępna z różnego rodzaju miejsc, aby nie ograniczać mobilności urządzenia elektronicznego i uniezależnić go od lokalizacji głównego kontrolera systemu. Taki charakter posiadają aplikacje, które są zaimplementowane na

* Politechnika Poznańska

bazie technologii sieciowych. Zakres usług oferowanych za pośrednictwem globalnej sieci Internet ciągle się rozszerza, dzięki czemu stanowi on narzędzie o praktycznie nieograniczonych możliwościach. Technologie i standardy wprowadzone i rozwijane na potrzeby Internetu umożliwiają tworzenie skalowanych oraz optymalnych systemów, do których dostęp jest w pełni ustandaryzowany i intuicyjny. Warto podkreślić, że dostęp do aplikacji webowych jest możliwy z różnego rodzaju urządzeń posiadających odmienny system operacyjny, np. komputer, tablet bądź smartfon. Jedynym wymogiem jest dostęp do Internetu oraz możliwość wyświetlania stron internetowych, czyli obsługi plików html (np. wykorzystując przeglądarkę internetową).

Wykorzystując możliwości globalnej sieci Internet oraz technologii sieciowych, autor pracy zrealizował w pewnym zakresie uniwersalną, ustandaryzowaną i łatwo dostępną aplikację, której ogólna implementacja zostanie przedstawiona w niniejszym artykule. Wykonany projekt stanowi interfejs użytkownika, umożliwiający komunikację w czasie rzeczywistym z aktualnie podłączonym urządzeniem elektronicznym (mając na uwadze opóźnienia wynikające z użytego standardu oraz sieci do komunikacji z serwerem, które w ramach tego projektu nie zostały zbadane). Przedstawiona aplikacja dedykowana jest dla kart pomiarowych, lecz z powodzeniem może zostać przekształcona (z wykorzystaniem zaimplementowanej, ogólnej architektury i koncepcji) do oprogramowania obsługującego dowolne urządzenie, które spełni warunki konieczne kompatybilności z systemem opisane w dalszej części artykułu.

2. APLIKACJA WEBOWA DO WIZUALIZACJI DANYCH POMIAROWYCH

2.1. Ogólne założenia funkcjonalne

Początkowym etapem tworzenia projektu, którego celem jest wykonanie konkretnego oprogramowania, jest sporządzenie założeń funkcjonalnych. Dla przedstawionej w niniejszym artykule aplikacji zostały przyjęte następujące założenia funkcjonalne:

- globalny dostęp do aplikacji (dostęp z wykorzystaniem globalnej sieci Internet),
- możliwość obsługi aplikacji poprzez przeglądarkę internetową (jedyne wymagane oprogramowanie),
- możliwość odbierania oraz wysyłania danych między serwerem a urządzeniem elektronicznym,
- uwierzytelnianie podłączanych urządzeń do systemu,
- uwierzytelnianie klientów obsługujących system,
- dopasowanie zawartości wyświetlanych w interfejsie do potrzeb podłączonego urządzenia,

- komunikacja w czasie rzeczywistym (dotyczy zarówno komunikacji serwer – przeglądarka internetowa oraz serwer – urządzenie elektroniczne, uwzględniając opóźnienia transmisji danych spowodowane poprzez użycie konkretnej sieci),
- wizualizacja przesyłanych danych w czasie rzeczywistym.

Oprócz założeń funkcjonalnych tworzonej aplikacji, ważną kwestią są także wymagania, jakie powinny zostać spełnione przez urządzenie elektroniczne, dla którego realizowane jest oprogramowanie. Stąd też urządzenia, których obsługa będzie odbywać się z wykorzystaniem przedstawionej w niniejszej pracy aplikacji, powinny spełniać następujące warunki:

- dostęp urządzenia do Internetu (np. poprzez lokalną sieć LAN),
- obsługa przez urządzenie protokołu TCP/IP oraz http,
- dodanie odpowiednich funkcji do oprogramowania urządzenia, które zawierać będą implementację wysyłanie lub/i odbieranie danych z serwera (zgodnie z przyjętym standardem, przedstawionym ogólnie w dalszej części artykułu),
- w przypadku prawidłowego podłączenia urządzenia do systemu, pierwsze żądanie http wysłane na serwer powinno zawierać ustawienia konfiguracyjne, które są niezbędne do dostosowania interfejsu aplikacji do aktualnego urządzenia (wysłane ustawienia muszą posiadać odpowiednie parametry oraz mieć odpowiedni format).

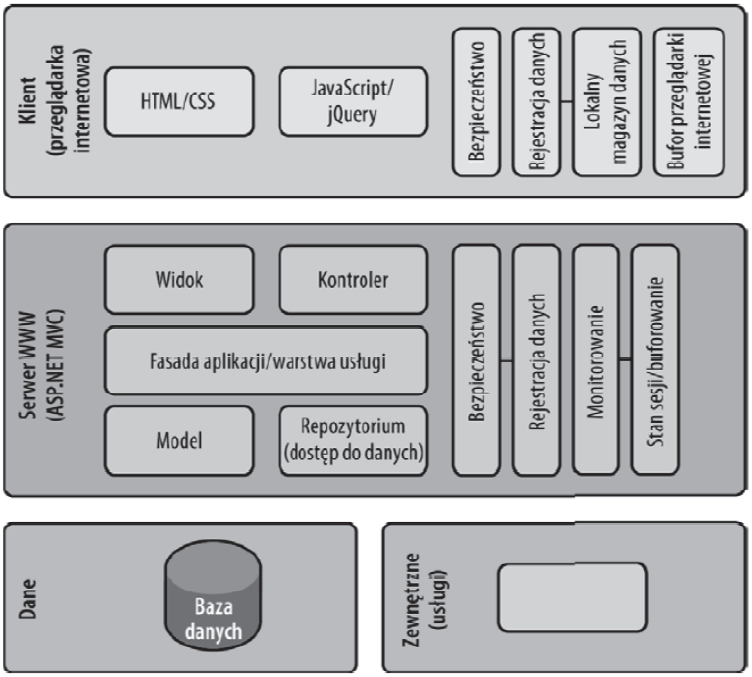
Spełnienie wymagań oraz przesłanie odpowiednich ustawień konfiguracyjnych umożliwi sprzężenie zrealizowanej aplikacji sieciowej z urządzeniem elektronicznym. Dalsze wysyłanie/odbieranie danych przez serwer będzie realizowane automatycznie.

2.2. Technologie użyte do implementacji serwera

Zastosowane technologie przedstawiono na rys. 1 w oparciu o ogólną architekturę aplikacji sieciowej.

W architekturze logicznej aplikacji sieciowej można wyróżnić 4 podstawowe bloki: klient (jako przeglądarkę internetową), serwer, dane (w tym przypadku jako bazę danych) oraz zewnętrzne usługi. Blokiem łączącym wszystkie warstwy jest serwer www, który jest główną jednostką aplikacji sieciowej. Na bazie tej architektury została zrealizowana aplikacja sieciowa przedstawiona w niniejszym artykule. Warstwą zewnętrznych usług jest w tym przypadku karta pomiarowa, dostarczająca dane pomiarowe do systemu. Warstwę danych stanowi baza MS-SQL, która przechowuje dane na użytek wewnętrzny serwera. Blok serwera www zawiera platformę ASP.NET MVC [1, 2], zaprogramowaną z użyciem języka C# oraz wykorzystująca wzorzec projektowy MVC (ang. Model–View–Controller). Natomiast warstwa klienta została zaimplementowana z wykorzystaniem kodu HTML, CSS oraz JavaScript/jQuery [3]. Dodatkowo do realizacji

komunikacji w czasie rzeczywistym, między serwerem a przeglądarką internetową, zastosowano stosunkowo nową technologię – SignalR [4].



Rys. 1. Architektura logiczna aplikacji sieciowej [1]

2.3. Uwierzytelnianie klientów

W celu uniemożliwienia dostępu do serwera niepowołanym osobom, w zrealizowanej aplikacji zaimplementowano dwa rodzaje uwierzytelniania: uwierzytelnianie użytkownika oraz identyfikacja podłączonych kart pomiarowych. Uwierzytelnianie użytkowników łączących się z systemem jest niezbędne, aby wgląd do danych pomiarowych miały tylko upoważnione osoby. Natomiast identyfikacja kart pomiarowych została zaimplementowana w celu uniemożliwienia wysyłania danych na serwer przez nieznane urządzenia.

Przy każdorazowej próbie dostępu do interfejsu zrealizowanej aplikacji, użytkownik musi poprawnie zalogować się na konto, które zostało wcześniej dodane przez administratora do bazy danych serwera. Po zalogowaniu użytkownik ma pełen dostęp do danych udostępnionych przez kartę pomiarową. Logowanie do systemu możliwe jest poprzez wyświetlany formularz podczas próby wejścia na stronę www (w przypadku braku wcześniejszego zalogowania na serwer z danej przeglądarki).

Podobnie, jak w przypadku uwierzytelniania użytkowników, na serwerze znajduje się ściśle określona lista urządzeń, które mają dostęp do serwera. Możliwa jest podwójna weryfikacja urządzeń podłączanych do serwera. Pierwszą możliwą opcją jest sprawdzanie adresu IP (publiczny/globalny adres) sieci, z której dane urządzenie próbuje się połączyć. W przypadku wykorzystania tego sposobu weryfikacji możliwe jest udostępnienie usług systemu wszystkim urządzeniom znajdującym się tylko i wyłącznie w danej sieci/sieciach. Drugi sposób weryfikacji realizuje sprawdzanie parametrów określających ściśle dane urządzenie. W zbudowanym systemie parametrem tym jest unikatowy adres MAC podłączonego urządzenia. Przedstawione sposoby weryfikacji nie są zależne od siebie. Administrator serwera ma możliwość ustawienia weryfikacji podwójnej lub pojedynczej, w zależności od aktualnych potrzeb. W przypadku weryfikacji podwójnej, urządzenie próbujące wysłać dane na serwer, musi posiadać określony adres MAC oraz znajdować się w określonej sieci. W przypadku, gdy dane urządzenie nie przejdzie pomyślnie etapu weryfikacji, wysyłane przez niego zapytania HTTP są ignorowane przez serwer.

2.4. Transmisja danych na serwer

Zastosowanie odpowiedniego protokołu komunikacyjnego jest kluczowe, aby zrealizowany serwer był w stanie odebrać oraz odpowiednio przetworzyć wysłane do niego informacje. Ustandaryzowanym oraz powszechnie wykorzystywanym w sieci protokołem jest http (ang. Hypertext Transfer Protocol). Protokół http udostępnia odpowiednie metody, które są stosowane do realizacji komunikacji między klientem a serwerem. Wykorzystanie odpowiedniej metody http oraz deklaracja odpowiedniego nagłówka zapytania umożliwia wysyłanie/odbieranie informacji do/z serwera. Zostało to przedstawione na podstawie przykładowego zapytania umożliwiającego przesłanie danych do prezentowanej w niniejszym artykule aplikacji sieciowej:

```
POST /DataExchange/AddSamples HTTP/1.1
Host: <host_name>
Content-Type: application/json
Content-Length: 1900

{ "requestBody": [ 4095, 4095, 3000, … ]}.
```

Poszczególne elementy zapytania:
– /DataExchange/AddSamples: część adresu URL – ścieżka zasobu na serwerze,
– Host: nazwa domeny internetowej (nazwa serwera),
– Content-Type: sposób kodowania ciała zapytania,
– Content-Length: długość ciała w oktetach,

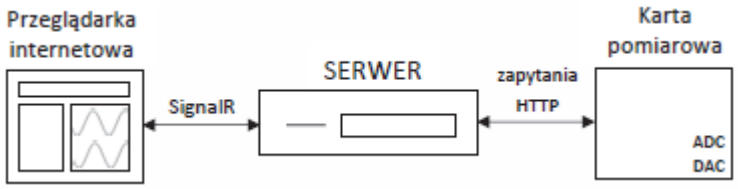
– { “requestBody”: [4095, 4095, 3000, …]}: ciało zapytania: dane pomiarowe przesyłane w strukturze JSON (ang. JavaScript Object Notification).

Zaprezentowane zapytanie http wykorzystuje metodę POST, w celu wysłania danych na serwer. Nagłówek żądania definiuje, na jaki serwer i zasób serwera wysłać dane oraz określa o jakiej strukturze (application/json) oraz długości dane mogą być przesłane. W projekcie wykorzystano format JSON, która jest ustandaryzowaną i szeroko stosowaną w Internecie strukturą wymiany danych. Aplikacja sieciowa została tak zaprogramowana, aby bezproblemowo oraz automatycznie przetwarzała przesyłane dane w formacie JSON na listę próbek (obiektów) na serwerze (deserializacja danych). Dane pomiarowe mogą być wysyłane w postaci nieprzetworzonej (w zależności od zdefiniowanych wcześniej ustawień konfiguracyjnych), tzn. wartość każdej próbki sygnału z przetwornika analogowo-cyfrowego jest bezpośrednio zapisywana w ciele zapytania. Dzięki temu możliwe jest odciążenie karty pomiarowej poprzez przeniesienie przetwarzania próbek sygnałów na serwer, który posiada znacznie większe zasoby obliczeniowe do wykorzystania.

W zrealizowanej aplikacji sieciowej nie została zaimplementowana kontrola spójności/utraty danych. Interpretacja wyświetlanych wyników (a co za tym idzie także weryfikacja zgodności/utraty danych) w aplikacji stoi po stronie użytkownika systemu.

2.5. Wizualizacja danych pomiarowych w czasie rzeczywistym

Najważniejszą funkcją zbudowanego systemu jest wizualizacja przesyłanych danych na serwer. Funkcja ta daje możliwość nie tylko odczytywania wartości sygnału mierzonego przez przetwornik w karcie pomiarowej, lecz także udostępnia podgląd przebiegu tego sygnału. Wizualizacja danych wykonywana jest w czasie rzeczywistym na podstawie próbek sygnałów przesyłanych przez aktualnie podłączoną kartę do serwera. Poglądowy schemat blokowy przepływu danych między głównymi warstwami systemu pomiarowego, w celu ich wizualizacji, przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Schemat blokowy przepływu danych między blokami systemu pomiarowego [5]

Zrealizowana aplikacja sieciowa zawiera w sobie warstwę serwera oraz klienta (przeglądarkę internetową). Karta pomiarowa jest zewnętrznym układem (usłu-

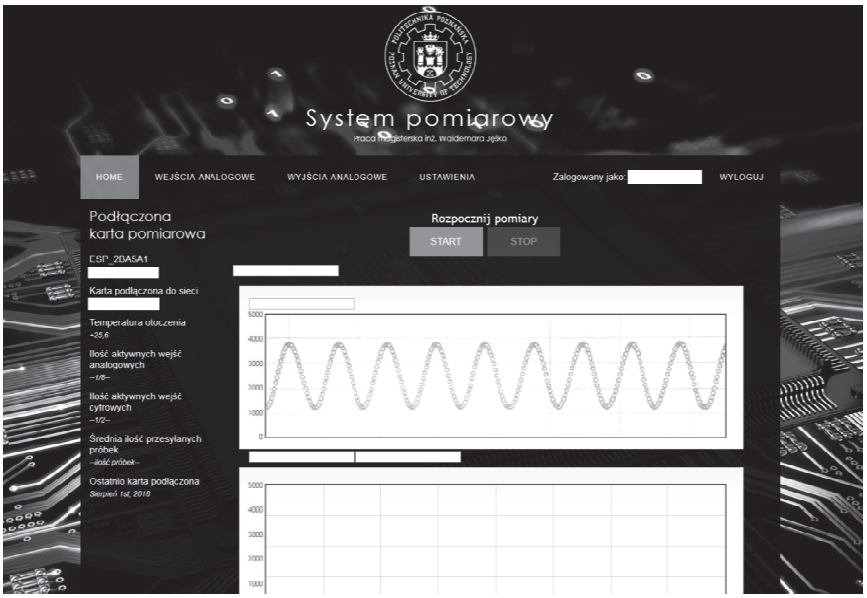
gą), który dostarcza dane pomiarowe do zrealizowanego systemu. Dostarczenie danych do serwera umożliwia inicjalizację całego procesu wizualizacji danych w systemie.

Komunikacja między zewnętrzną usługą a serwerem została zrealizowana na bazie protokołu http. Jej charakter określa przede wszystkim usługa zewnętrzna, lecz serwer został tak zaimplementowany, aby (przy braku ograniczeń ze strony usługi) komunikacja odbywała się dwukierunkowo, asynchronicznie oraz w czasie rzeczywistym. Komunikacja między serwerem a klientem została obsłużona poprzez technologię SignalR. W odróżnieniu do innych technologii umożliwiających komunikację dwukierunkową, asynchroniczną z serwerem (np. AJAX, ang. Asynchronous JavaScript and XML), SignalR automatycznie zgłasza wydarzenie w chwili, gdy nowe dane pojawią się na serwerze. Wydarzenie te jest rozsyłane jednocześnie do wszystkich podłączonych aktualnie klientów do serwera. Dzięki takiemu rozwiązaniu, klienci nie są zobligowani do bezustannego (synchronicznego) odpytywania serwera, w celu dostania informacji odnośnie dostępności nowych danych. Zmniejsza to znacząco liczbę zapytań koniecznych do wysłania na serwer, a co za tym idzie, zwiększa jego aktualną przepustowość. Kolejną zaletą zastosowania komunikacji asynchronicznej jest samoczynne odświeżanie elementów strony www. Zawartość zaprojektowanego interfejsu użytkownika aktualizowana jest w sposób automatyczny w przeglądarce internetowej, dzięki czemu strona odświeża się samoczynnie, bez konieczności angażowania w odświeżanie użytkownika. Warto także zaznaczyć, że SignalR zawiera implementację 4 różnych technik komunikacji w czasie rzeczywistym i w zależności od stosowanej przez użytkownika przeglądarki internetowej wykorzystuje daną technikę. Dzięki temu komunikacja z klientem jest zoptymalizowana oraz uniezależniona od jednej, konkretnej techniki transportowej, która mogłaby być nieobsługiwana przez daną przeglądarkę internetową.

Oprócz samych mechanizmów przekazywania informacji, istotną kwestią podczas realizacji całego procesu wizualizacji danych jest wykorzystanie odpowiednich buforów danych, które skutecznie będą amortyzować skutki zmiennej prędkości przesyłania danych na serwer. Umożliwi to wyświetlanie w sposób ciągły danych pomiarowych w czasie rzeczywistym, bez utraty/nadpisywania danych. Aby poprawnie zwizualizować przebiegi czasowe sygnałów, w zrealizowanej aplikacji sieciowej zostały zaimplementowane dwa bufory cykliczne. Główny bufor danych znajduje się na serwerze www. Bufor ten jest niezbędny, aby tymczasowo gromadzić przesyłane na serwer próbki. Dane pomiarowe nie mogą być bezpośrednio wysyłane do interfejsu użytkownika, ponieważ bardzo częste odświeżanie zaimplementowanych tam wykresów spowodowałoby brak odpowiedzi po stronie przeglądarki internetowej lub cykliczne zawieszanie się wykresów. Drugi zaimplementowany bufor znajduje się po stronie klienta (strona www). Wykresy wyświetlane na stronie mogą prezentować jednocześnie ograniczoną liczbę danych, która jest równoznaczna z wielkością zaprogramo-

wanego tam bufora cyklicznego. W przypadku zapełnienia się bufora danych, pierwsza próbka zostaje z niego usunięta, a kolejny pomiar do wyświetlenie jest umieszczany na samym końcu.

Wizualizacja danych pomiarowych przesłanych przez zewnętrzną kartę pomiarową do zrealizowanej aplikacji sieciowej została zaprezentowana na rys. 3.



Rys. 3. Interfejs użytkownika zrealizowanej aplikacji sieciowej – poufne informacje zostały zamazane białym kolorem [5]

Przedstawiony interfejs użytkownika składa się z paska menu, który zawiera aktualnie możliwe funkcje systemu. Obok zakładek wyświetlana jest informacja o zalogowanym użytkowniku. Kolejnymi informacjami pokazywanymi w interfejsie są dane podłączonej karty pomiarowej (lewa strona). Środkowy panel strony jest główną częścią, w której wyświetlana jest odpowiednia zawartość, zgodnie z wybraną zakładką. Na przykładzie przedstawionym na rys. 3 widoczna jest zakładka odpowiedzialna za wejścia analogowe. Przedstawia ona wykresy, na których wyświetlany jest sygnał z danego kanału podłączonej karty pomiarowej. Liczba wykresów odpowiada liczbie wejść karty pomiarowej. Prezentacja danych na stronie www została zrealizowana poprzez wykorzystanie gotowych wykresów FLOT [6]. Do zaprogramowania wykresów użyto język skryptowy JavaScript (biblioteka jQuery). Proces prezentacji danych realizowany jest tylko i wyłącznie w warstwie klienta. Zadaniem serwera jest tylko dostarczenie do tej warstwy odpowiednio przygotowanych danych. Dlatego prezentacja sygnałów odbywa się tylko poprzez wykorzystanie zasobów sprzętowych urządze-

nia, na którym została wyświetlona strona www. Umożliwia to odseparowanie zadań w zaprojektowanym systemie.

3. PODSUMOWANIE

Zaprojektowane oprogramowanie, dzięki wykorzystaniu technologii webowych, ma możliwość udostępniania swoich usług na szeroką skalę poprzez wykorzystanie globalnej sieci Internet. Dzięki temu dostęp do aplikacji przez urządzenia elektroniczne jest możliwy z różnego rodzaju miejsc, co nie ogranicza ich mobilności i uniezależnia je od lokalizacji głównego kontrolera systemu. Ograniczeniem dostępu do zrealizowanej aplikacji może być udostępnienie jej na dołączonym serwerze w sieciach korporacyjnych, dzięki czemu odgórnie narzucone jest ograniczenie dostępu do aplikacji tylko dla konkretnych urządzeń w tych sieciach. Lecz warto zaznaczyć, że możliwość dołączenia serwera wdanej sieci korporacyjne jest przeważnie znacznie ograniczona, dlatego dostępność dodatkowego uwierzytelniania jest dużą zaletą zrealizowanej aplikacji.
Aplikacje działające na serwerze www mogą być obsługiwane, bez względu na posiadany sprzęt oraz oprogramowanie (wymagana tylko przeglądarka internetowa zainstalowana na dowolnym systemie).

Zrealizowane rozwiązanie umożliwia wizualizację danych z podłączonych kart pomiarowych, lecz ogólna struktura jego oprogramowania może być z powodzeniem wykorzystana do zrealizowania aplikacji sieciowej obsługującej różnego rodzaju urządzenia elektroniczne. Komunikacja między warstwami systemu została zrealizowana tak, aby możliwa była transmisja danych w sposób asynchroniczny, dwukierunkowy w czasie rzeczywistym. W aplikacji zostały zaimplementowane także mechanizmy uwierzytelniania użytkowników oraz urządzeń elektronicznych, aby uniemożliwić dostęp do systemu osobom niepowołanym.

Zaimplementowana aplikacja sieciowa spełnia w zupełności postawione na początku założenia funkcjonalne. Zrealizowane testy możliwych funkcji systemu potwierdziły poprawne działanie oprogramowania. Podpięta zewnętrzna karta pomiarowa do zaprojektowanego systemu udostępniała dane pomiarowe, które ze względu na zaimplementowaną komunikację asynchroniczną oraz bufory cykliczne, były poprawnie (w sposób ciągły, bez utraty danych) prezentowane w czasie rzeczywistym na stronie www. Przebiegi sygnałów podawanych na wejścia podłączonej karty pomiarowej były odpowiednio prezentowane w interfejsie – bez przekłamania wartości amplitudy sygnału, jego częstotliwości i kształtu. Oprócz wizualizacji danych, przetestowana została także transmisja informacji do podłączonego urządzenia elektronicznego. Interakcja użytkownika z urządzeniem była w pełni możliwa, co świadczy o poprawnym działaniu zaprojektowanej aplikacji sieciowej.

Przedstawiona w niniejszym artykule aplikacja może zostać wykorzystana jako uniwersalny interfejs użytkownika, obsługujący aktualnie podłączoną do niego kartę pomiarową. Umożliwi to zaoszczędzenie kosztów budowy/ rozbudowy systemu pomiarowego, dzięki wyeliminowaniu konieczności zakupu specjalistycznego, dedykowanego oprogramowania do obsługi konkretnej karty pomiarowej i wizualizacji danych pomiarowych z niej udostępnionych.

LITERATURA

[1] Chadwick J., Snyder T., Panda H., ASP.NET MVC 4. Programowanie, Wydawnictwo HELION, Gliwice 2013.
[2] https://www.asp.net/mvc – strona poświęcona platformie ASP.NET MVC, dostęp 12.2018 r.
[3] https://jquery.com – strona poświęcona bibliotece JavaScript o nazwie jQuery, dostęp 12.2018 r.
[4] https://www.asp.net/signalr – strona poświęcona technologii SignalR, dostęp 12.2018 r.
[5] Jęśko W., Bezprzewodowa sieciowa karta pomiarowa, Praca Dyplomowa Magisterska, Poznań 2018.
[6] https://www.flotcharts.org – strona poświęcona pluginowi FLOT do rysowania wykresów, dostęp 12.2018 r.

NETWORK APPLICATION FOR THE VISUALIZATION OF MEASUREMENT DATA IN REAL TIME

The article presents project of aplication which proces and vizualizate measurement data. Project was created to make possible access to measurement from anywhere that has acces to the Internet with no need to use additional specialistic software. Technologies used to implementation that aplication was presented. The way of authorization costumers and vizualizate data in real time was also describe in article. Aplication was build based on web server. It has character of universal user interface which make possible to comunicate in real time with connected measuring cart.

(Received: 25.01.2019, revised: 08.03.2019)