

Kamil CZURA, Marek KCIUK

POLITECHNIKA ŚLĄSKA WYDZIAŁ ELEKTRYCZNY KATEDRA MECHATRONIKI,
ul. Akademicka 10a, 44-100 Gliwice

Koncepcja, projekt i wykonanie systemu automatyki budynkowej wykorzystującego sieci Internet i GSM

Mgr inż. Kamil CZURA

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej w Gliwicach (kierunek Mechatronika). Zainteresowania: robotyka, elektronika, systemy zdalnego sterowania, sieci komputerowe, systemy automatyki budynkowej, Linux, OpenWrt. Projekt inżynierski: „Robot kołowy do zadań inspekcyjnych zdalnie sterowany przez Internet”. Praca dyplomowa magisterska: „Koncepcja, projekt i wykonanie systemu automatyki budynkowej wykorzystującego sieci Internet i GSM”.

e-mail: kamil.czura@gmail.com



Dr inż. Marek KCIUK

Zatrudniony jako adiunkt w Katedrze Mechatroniki na Wydziale Elektrycznym Politechniki Śląskiej. Pracę doktorską w dyscyplinie naukowej Elektrotechnika obronił w 2010. Zainteresowania naukowe dotyczą badania modelowania oraz zastosowania stopów z pamięcią kształtu SMA jako układów napędowych w układach mechatronicznych. Interesuje się robotyką, techniką cyfrową i mikroprocesorową oraz systemami pomiarowymi w tym także sterowanymi przez sieć Internet.

e-mail: Marek.Kciuk@polsl.pl



Streszczenie

System automatyki budynkowej wykorzystujący sieci Internet i GSM zaprojektowano i wykonano w ramach pracy magisterskiej. Głównym założeniem projektu była realizacja postawionego zadania jako rozszerzenie możliwości popularnego urządzenia sieciowego – routera TP-Link WR1043nd. W celu zdalnej komunikacji i sterowania urządzeniami podłączonymi do systemu, wykorzystano sieci Internet i GSM. W ramach pracy napisano oprogramowanie umożliwiające sterowanie urządzeniami podłączonymi do systemu i bazujące na systemie OpenWrt.

Słowa kluczowe: system automatyki budynkowej, Internet, GSM, router, karta przekazników, kamera, stacja pogodowa.

Idea, project and realization of a building automation system using the Internet and GSM networks

Abstract

Design and construction of a control system for the building automation system was the object of the study. In the project there were made remote communication and control devices connected to the system by the Internet and GSM networks. The main control unit of the control system is a typical network device TP-Link WR1043ND. The structure of the automation system is shown in Fig. 1. The operating software written in Bash [6] controls the automation system. Nominal TP-Link firmware was updated by OpenWRT Linux based firmware. The system was equipped with an operating panel in the form of a website (Fig. 3). The relay board was used to communicate with actuators and sensors applied in the system. The presented system also enables communication with 1-Wire sensors by use of the converter. The system was integrated with a weather station WS10180 as well. The system devices can be controlled in real time by the operator panel or SMS commands. Additionally, the system enables the running of devices according to the established schedules (Fig. 5). The measurement data of weather conditions can be used to control building automation. The completed software allows connection a USB camera and realization of mini-monitoring with the detection function and motion acquisition in the form of images. The project uses the soundcard-which enables the function alerts and information about events in the system. By using a router as a central unit, the automation system will be more versatile and can be used in most households, and other buildings. An additional advantage of the system is the low cost and easy availability to purchase components necessary for its implementation.

Keywords: building automation system, Internet, GSM, router, relay board, camera, weather station.

1. Inteligentne budynki

W terminologii system automatyki budynkowej (ang. *Building Management System* - BMS) oznacza narzędzie do zarządzania systemami automatycznego sterowania w budynkach. Automatyka BMS ma na celu integrowanie instalacji występujących w danym obiekcie [6]. System automatyki budynkowej łączy wszystkie podsystemy w jedną całość, która pozwala efektywnie i w sposób

oszczędny zarządzać całymi obiektami z dowolnego miejsca na świecie. Systemy BMS mają za zadanie kontrolować parametry pracy poszczególnych urządzeń, informować o ewentualnych problemach i awariach [5].

W rzeczywistości system zarządzania stanowi jeden, kilka lub całą sieć sterowników wyposażonych w odpowiednie oprogramowanie zarządzające. W tabeli 1 instalacje podzielono na sześć klas określających poziom zaawansowania.

Tab. 1. Klasyfikacja systemów zarządzania budynkami pod względem złożoności [1]
Tab. 1. Classification of building management systems in terms of complexity [1]

Kl	Opis klasy	Komentarz
0	Brak systemów sterowania	Obiekt nie wyposażony w żadne systemy zabezpieczeń lub sterowania
1	Brak zintegrowanych systemów sterowania	Obiekt wyposażony w systemy nadzoru, brak współpracy między systemami
2	Częściowy monitoring	Częściowa integracja systemów sterowania i nadzoru
3	Pełny monitoring	Obiekt wyposażony w systemy nadzoru i sterowania, połączone jednym systemem wizualizacji informacji
4	Pełny monitoring i częściowe centralne zarządzanie	Obiekt wyposażony w systemy nadzoru i sterowania. Większość połączona jednym wspólnym systemem wizualizacji. Niektórymi systemami można sterować z jednego systemu zarządzania.
5	Pełne zarządzanie	Obiekt wyposażony w system nadzoru i sterowania praktycznie wszystkimi funkcjami i wszystkie te systemy połączone jednym systemem zarządzania

Poza zintegrowanym systemem zarządzającym należy także określić rodzaj i zakres instalacji w danym obiekcie. Klasyfikacja określa konkretne kategorie instalacji, w zależności od kompletności i zakresu. W tabeli 2 przedstawiono podstawowe kategorie instalacji automatyki budynkowej.

Tab. 2. Kategorie instalacji budynków inteligentnych [1]
Tab. 2. Categories of intelligent building systems [1]

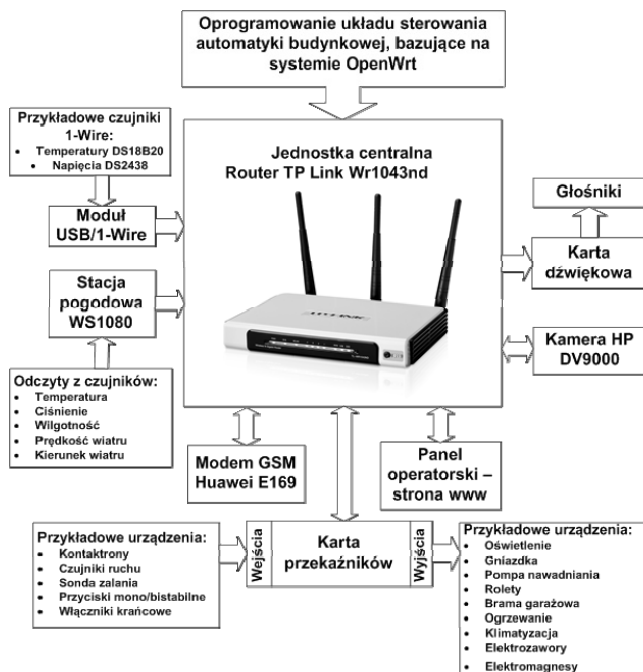
Kat	Wyposażenie	Opis
A	Pełne wyposażenie	Budynek wyposażony we wszystkie systemy zabezpieczeń i sterowania
B	Systemy zabezpieczeń, sterowanie oświetleniem i HVAC	Budynek wyposażony przynajmniej w system sygnalizacji pożarowej, włamaniowej, kontroli dostępu oraz sterowanie klimatyzacją i oświetleniem
C	Tylko system zabezpieczeń	Budynek wyposażony przynajmniej w system sygnalizacji pożarowej, włamaniowej i kontrolę dostępu

Przez połączenie klas i kategorii uzyskuje się pełny obraz instalacji automatyki w inteligentnym budynku. Przykładowo obiekt

klasy „5A” oznacza budynek o najwyższym standardzie technicznym. Z kolei obiekt klasy „3C” jest już na pograniczu budynków określanych jako „inteligentne”.

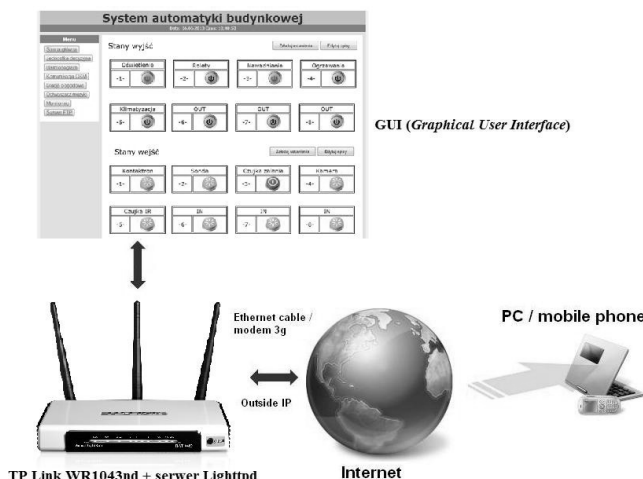
2. Struktura systemu

Cechą charakterystyczną wykonanego systemu jest zastosowanie jako jednostki centralnej urządzenia sieciowego – routera. Do interfejsu USB jednostki, podłączone zostały urządzenia wykonawcze, detekcyjne, oraz modem GSM umożliwiający sterowanie systemem za pomocą poleceń SMS. Na urządzeniu zainstalowano alternatywne oprogramowanie OpenWrt [4], dzięki któremu zachowano dotychczasową funkcjonalność routera, a dodatkowo rozszerzono jego możliwości o nowe zastosowania. Na rys. 1 przedstawiono schemat blokowy struktury systemu automatyki [2].



Rys. 1. Struktura systemu automatyki [2]
Fig. 1. The structure of the automation system [2]

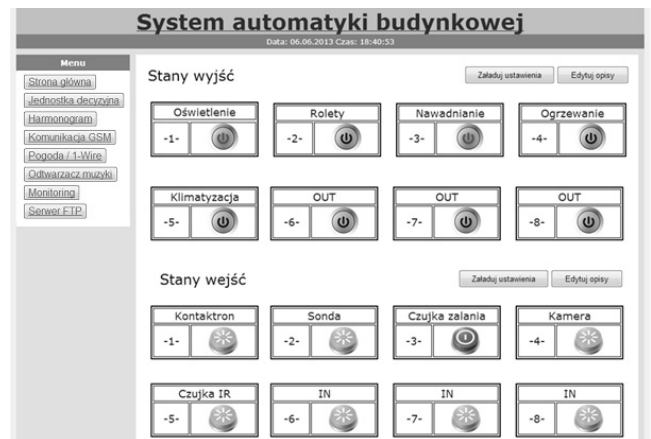
3. Komunikacja z siecią Internet, panel operatorski użytkownika



Rys. 2. Schemat połączenia z interfejsem użytkownika za pomocą Internetu
Fig. 2. Connection diagram with the user interface using the Internet

Dzięki zastosowaniu routera jako urządzenia sterującego, wykonany system umożliwia bezpośrednią komunikację i sterowanie za pomocą sieci Internet, urządzeniami podłączonymi do jednostki centralnej (rys. 2).

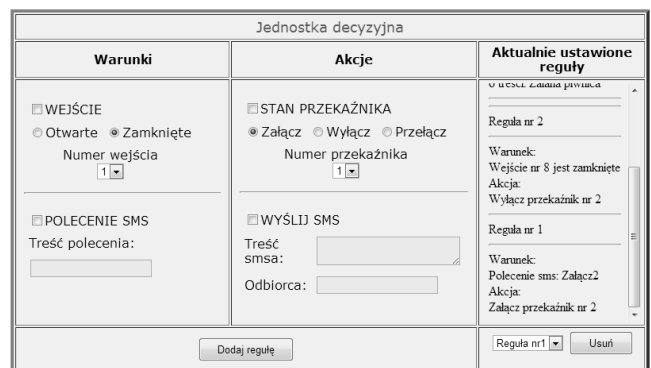
System automatyki budynkowej wyposażony został w panel operatorski w postaci strony internetowej (rys. 3). Interfejs umożliwia zdalne sterowanie urządzeniami w czasie rzeczywistym, a także kontrolę ich stanów. W celu realizacji interfejsu użytkownika w postaci strony internetowej, na jednostce centralnej systemu zainstalowano serwer www – lighttpd.



Rys. 3. Strona główna interfejsu użytkownika
Fig. 3. Home page User Interface

4. Jednostka decyzyjna i Harmonogram w panelu użytkownika

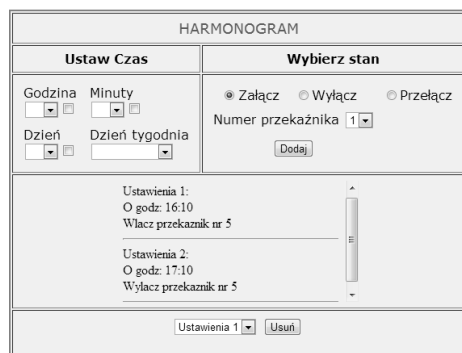
W systemie automatyki zastosowano moduł Relay Borad, wyposażony w 8 wyjść w postaci przełączników, oraz 8 wejść. Sterowanie modułem, czyli podłączonymi do niego urządzeniami może odbywać się za pomocą sieci Internet – poprzez interfejs użytkownika, a także za pomocą sieci GSM – poprzez polecenia SMS. Panel operatorski wyposażono w zakładkę jednostki decyzyjnej (rys. 4). Celem tej zakładki jest umożliwienie użytkownikowi definiowania reguł w systemie. Każda reguła może posiadać kilka warunków oraz akcji. Jako warunki w jednostce decyzyjnej definiowane są stany wejść (otwarte lub zamknięte), oraz polecenia SMS, których treść definiuje użytkownik. Natomiast jako akcje w jednostce decyzyjnej możliwe jest ustawienie załączania, wyłączania lub przełączania określonego numeru przełącznika, oraz wysyłanie wiadomości SMS, której treść i odbiorca definiowane są przez użytkownika osobno dla każdej akcji. Użytkownik może w każdej chwili usuwać i dodawać nowe reguły.



Rys. 4. Widok panelu jednostki decyzyjnej systemu automatyki
Fig. 4. Panel view of the automation system decision unit

Interfejs użytkownika umożliwia także zdefiniowanie czasów wykonywania określonych zdarzeń. Do tego celu wykonano konfigurowalną zakładkę harmonogramu (rys. 5). Harmonogram dotyczy urządzeń podłączonych do wyjść modułu RelayBoard. Użytkownik ma możliwość ustawienia wykonywania powyższych czynności:

- o określonych godzinach (lub co określoną ilość godzin), zakres 0-23,
- o określonych minutach (lub co określoną ilość minut), zakres 0-59,
- w określonych dniach miesiąca (lub co określoną ilość dni), zakres 1-31,
- w określonych dniach tygodnia, zakres 0-7.



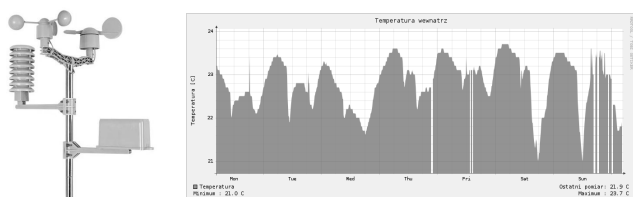
Rys. 5. Widok panelu harmonogramu systemu automatyki
Fig. 5. View of the automation system schedule panel

5. Komunikacja z siecią GSM

Wykonany system umożliwia także komunikację i sterowanie urządzeniami automatyki budynkowej za pomocą sieci GSM. Założenie to zrealizowano poprzez podłączenie za pomocą magistrali USB modemu GSM. W interfejsie użytkownika wykonano zakładkę do konfiguracji komunikacji GSM. Użytkownik ma możliwość definiowania określonych zdarzeń, po których system wysyła informacje w postaci SMS, a także indywidualnych poleceń SMS, po których otrzymaniu system wykona określone zadania.

6. Integracja ze stacją pogodową WS1080, oraz czujnikami 1-Wire

W wykonywanym układzie sterowania przewidziano integrację z czujnikami poprzez magistralę 1-Wire, a także ze stacją pogodową WS1080 przez USB. Założeniem takiej funkcji jest umożliwienie automatycznego sterowania automatyką budynkową w zależności od danych pomiarowych z różnych czujników, nie tylko dwustanowych, dostępnych w module Relay Board. Dane te są archiwizowane i prezentowane na panelu operatorskim – stronie internetowej (rys. 6). Dodatkowo istnieje możliwość konfiguracji systemu i wykonywania przez niego określonych funkcji w zależności od zgromadzonych danych. Przykładem jest tutaj odczyt danych meteorologicznych – opadów i w zależności od ich ilości sterowanie nawadnianiem.

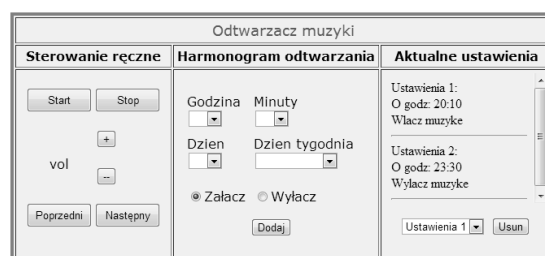


Rys. 6. Stacja meteorologiczna WS1080 i wykres z uzyskanych danych
Fig. 6. Weather Station WS1080 and graph data presentation

7. Odtwarzacz muzyki, oraz mini monitoring

Jednym z założeń wykonanego systemu było wykonanie odtwarzacza plików muzycznych oraz monitoringu wizyjnego. Odtwarzacz muzyki zrealizowano poprzez zastosowanie karty dźwiękowej USB i implementację odpowiednich sterowników. Dodatkowo do sterowania odtwarzaniem utworów napisano odpowiednie skrypty i wykonano interfejs graficzny odtwarzacza w panelu użytkownika (rys. 7). Interfejs odtwarzacza umożliwia sterowanie ręczne, a także zgodnie z ustalonymi harmonogramami czasowymi. Funkcja ta pozwala na realizację symulacji obecności w budynku lub budzika. Odtwarzacz może być także sterowany za pomocą komunikatów SMS.

Monitoring wizyjny wykonany został poprzez zastosowanie kamery USB. Użytkownik ma możliwość podglądu obrazu w czasie rzeczywistym poprzez panel operatorski (rys. 8). Dodatkowo monitoring posiada funkcję detekcji i akwizycji ruchu w postaci zdjęć zapisywanych w zewnętrznej pamięci, która jednocześnie stanowi serwer FTP. Dzięki temu istnieje możliwość podglądu wykonanych zdjęć przechowywanych na serwerze FTP.



Rys. 7. Interfejs graficzny odtwarzacza muzyki
Fig. 7. The music player graphical interface



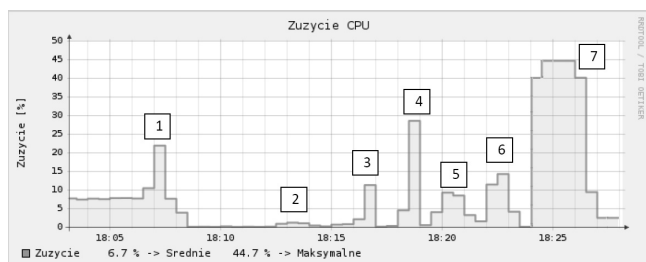
Rys. 8. Widok panelu monitoringu w interfejsie graficznym użytkownika
Fig. 8. View of the monitoring panel in graphical user interface

8. Analiza wydajności jednostki centralnej wykonanego systemu automatyki budynkowej

Podstawowym przeznaczeniem routera jest odbiór i udostępnianie Internetu w sieci wewnętrznej LAN, oraz Wi-fi. Router posiada także port USB, którego przeznaczeniem jest obsługa drukarek sieciowych, oraz pamięci masowych. W ramach pracy rozszerzono zakres zadań stawianych urządzeniu o sterowanie automatyką budynkową. Dokonano analizy wpływu dodatkowych zadań na wydajność i obciążenie routera.

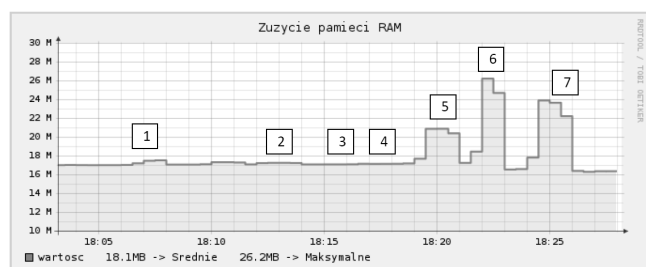
Zbadano wpływ poszczególnych skryptów i programów uruchamianych w systemie automatyki na zużycie zasobów procesora, pamięci RAM, oraz wykorzystanie zewnętrznej pamięci extroot,

która służy jako pamięć Flash systemu automatyki. Na rys. 9 i 10 przedstawiono wykresy obciążenia CPU oraz zużycia zasobów pamięci RAM



Rys. 9. Wykres obciążenia zasobów procesora routera TP Link zależności od uruchomionych procesów [2]

Fig. 9. Graph of the TP Link router CPU consumption, depending on the running processes [2]



Rys. 10. Wykres zajętości pamięci RAM routera TP Link zależności od uruchomionych procesów [2]

Fig. 10. Graph of the TP Link router RAM consumption, depending on running processes [2]

Na rysunkach 9 i 10 przedstawiono wpływ uruchomienia wybranych funkcji (skryptów i programów) systemu automatyki budynkowej na obciążenie routera.

- 1) Uruchomiony serwer do obsługi strony internetowej – lighttpd,
- 2) Uruchomione skrypty do sprawdzania stanów wejść modułu Relay Board, oraz do obsługi sms,
- 3) Odczyt danych przez magistralę 1-Wire i generowanie wykresów,
- 4) Odczyt danych z stacji pogodowej WS1080 i generowanie wykresów,
- 5) Uruchomiony odtwarzacz muzyki ze strumieniem radia internetowego,
- 6) Uruchomiony monitoring wizyjny z detekcją i akwizycją zdjęć,
- 7) Jednoczesne uruchomienie wszystkich powyższych procesów.

Analizując uzyskane wyniki można zauważyć, że najmniejszy wpływ na zużycie zasobów CPU i RAM jednostki centralnej systemu mają skrypty do obsługi modułu Relay Board oraz komunikacji GSM. Jest to bardzo istotna zaleta, ponieważ są to jedne z najważniejszych skryptów systemu, które wykonywane są w czasie rzeczywistym z opóźnieniem co 1s.

Największe zużycie zasobów (28% CPU) wprowadzają skrypty do odczytu danych pomiarowych ze stacji pogodowej, oraz do generowania wykresów z danych archiwizowanych. Na wykresach oznaczono je numerem czwartym. Zauważyć można także, że istotny wpływ na obciążenie jednostki centralnej ma monitoring wizyjny, którego działanie oznaczono na rysunkach numerem szóstym. O ile obciążenie CPU przy uruchomionym monitoringu wynosi około 15%, to zużycie pamięci RAM wzrasta do około 26MB, co stanowi ok. 81% pamięci RAM routera (TP LINK WR1043nd posiada 32MB pamięci RAM). Znaczący wpływ na zużycie pamięci RAM ma również wykonany odtwarzacz muzyki, który w trakcie pracy wykorzystuje około 21MB, co stanowi 66% pamięci routera. Natomiast mniejszy wpływ ma na zużycie zasobów CPU, gdzie jest to około 10%.

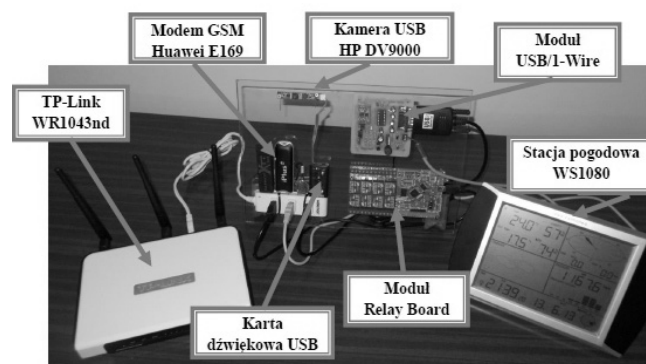
W ostatnim etapie badań wydajności jednostki centralnej, uruchomiono wszystkie wymienione powyżej procesy jednocześnie i sprawdzono ile wynosi maksymalne obciążenie CPU i wykorzystanie pamięci RAM w trakcie pracy wykonanego systemu automatyki. Na rysunkach 9 i 10 odpowiadają temu obszary oznaczone punktem siódmym. Maksymalne obciążenie CPU wyniosło około 45%, natomiast wykorzystanie pamięci RAM routera około 24MB czyli 75% całości.

9. Wnioski

W wyniku powyższej pracy wykonano kompletne rozwiązanie systemu automatyki sterowanego za pomocą sieci Internet i GSM (rys. 11).

Jako jednostkę centralną w wykonanym systemie zastosowano urządzenie sieciowe – router TP-LINK WR1043nd. Zaimplementowano funkcjonalność sterownika systemu automatyki budynkowej, przy jednoczesnym zachowaniu dotychczasowej funkcjonalności routera. W pracy pokazano jak można stosunkowo niewielkim kosztem i z wykorzystaniem urządzenia (router) stosowanego prawie w każdym gospodarstwie domowym, wykonać rozbudowaną i w pełni funkcjonalny układ sterowania dla systemu automatyki budynkowej.

Na podstawie wyników analizy wydajności jednostki centralnej można stwierdzić, że wykonany system automatyki z zastosowanym routerem TP Link WR1043nd jako jednostką centralną jest stabilny, a urządzenie sieciowe nawet przy maksymalnym obciążeniu wprowadzonym przez dodatkowe skrypty i programy, nadal ma zapas zasobów sprzętowych do prawidłowej pracy i obsługi sieci LAN i Wi-fi w danym budynku.



Rys. 11. Prototyp systemu automatyki budynkowej

Fig. 11. The prototype of the building automation system

10. Literatura

- [1] Niezabitowska E., Sowa J.: Budynek inteligentny T1, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010.
- [2] Czura K.: Koncepcja, projekt i wykonanie systemu automatyki budynkowej wykorzystującego sieci Internet i GSM. Praca dyplomowa magisterska obroniona w Katedrze Mechatroniki Wydziału Elektrycznego Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
- [3] Drózd J. H.: Skrypty w Shellu, Programowanie w powłoce Bash, Wydawnictwo Mikom, Warszawa 2005.
- [4] Michael W. Lucas: Routery Cisco: efektywne zarządzanie, Wydawnictwo Helion, Gliwice 2005.
- [5] Kwaśniewski J.: Inteligentny dom i inne systemy sterowania w 100 przykładach, Wydawnictwo btc, Legionowo 2011.
- [6] Telford T.: Intelligent buildings: design, management and operation, London 2007.