

Piotr LECH\*

## ZWIĘKSZENIE ZASIĘGU BEZPRZEWODOWEJ SIECI SENSOROWEJ ZBUDOWANEJ W OPARCIU O TECHNOLOGIĘ WI-FI

W pracy przedstawiono koncepcję bezprzewodowej sieci sensorowej w technologii Wi-Fi IEEE 802.11b/g. Zwiększenie zasięgu sieci sensorowej uzyskano wykorzystując topologię sieci rozległych typu „łańcuch”. Transmisję danych wykonano poprzez wyższe warstwy modelu sieci ISO/OSI, z zapisem danych na serwerze SQL. Przykładowa realizacja może być wykorzystana do zadań sieci sensorycznej w halach przemysłowych lub realizacji tzw. inteligentnego budynku.

### 1. WSTĘP

Atrakcyjne cenowo moduły – pracujące w standardzie IEEE 802.11b/g - rozszerzające możliwości układów mikroprocesorowych o transmisję bezprzewodową, pozwalają na budowę sieci sensorowych, stając się tańszą alternatywą dla systemów przemysłowych (np. takich jak rodzina rozwiązań sprzętowych - AutoLog® wireless sensor network) [1]. Wdrażanie projektów bezprzewodowych sieci sensorowych napotyka na problemy związane z zakłóceniami radiowymi od współistniejących sieci pracujących w tych samych zakresach częstotliwości lub ograniczonym technologicznie zasięgiem urządzeń Wi-Fi. Systemy mikroprocesorowe, umożliwiające budowę sieci sensorycznych w standardzie IEEE 802.11b/g, mogą sprzętowo (lub programowo) implementować stos TCP/IP, umożliwiając przeniesienie zagadnień transmisji danych do wyższych warstw modelu ISO/OSI. Implementacja stosu TCP/IP umożliwia identyfikację, rekonfigurację oraz routing w sieci sensorycznej w oparciu o rozwiązania stosowane w sieciach IP [2]. Przeniesienie tych zadań na płaszczyznę technologii IP pozwala skupić uwagę wyłącznie na strefie aplikacji. Poniżej zostanie zaprezentowana koncepcja użycia routerów bezprzewodowych do zwiększenia zasięgu sieci oraz migracja usług transmisji danych do rozwiązania opartego o serwer SQL działający w sieci IP.

Zalety stosowania rozwiązań w standardzie IEEE 802.11b/g:

- skalowalność,

---

\* Zachodniopomorski Uniwersytet Techniczny w Szczecinie.

- mobilność urządzeń,
- elastyczność instalacji,
- niskie koszty utrzymania sieci,
- wysoka teoretyczna przepustowość sieci.

Wady:

- korzystanie z ogólnodostępnych nielicencjonowanych zakresów częstotliwości, trudności z zapewnieniem bezpieczeństwa,
- ograniczony zasięg działania,
- zmienna przepustowości sieci.

## 2. PROBLEM OGRANICZONEGO ZASIĘGU

Standard 802.11b pozwala osiągnąć zasięg około 46 m w pomieszczeniu oraz około 96 m na otwartej przestrzeni. W praktyce zasięg ten może być znacznie ograniczony poprzez np. ograniczoną moc nadajnika, konstrukcję anteny (Rys. 1), rodzaj obudowy lub konstrukcję mechaniczną. Redukcja mocy nadajników - dla urządzeń autonomicznych zasilanych z baterii lub akumulatorów - jest dość często spotykanym rozwiązaniem w budowie bezprzewodowych sensorów, pozwalającym na dłuższą pracę bez wymiany źródeł zasilania.



Rys. 1. Przykład badanego modułu Wi-Fi którego praktyczny zasięg wynosi 15m (moduł rozszerzający SD Wi-Fi do systemów FriendlyARM)

Opracowane połączenia typu „każdy z każdym” (IBSS - Independent Basic Service Set - niezależny podstawowy zbiór usług - Ad-Hoc) lub gwiazdy (BSS - Basic Service Set – podstawowy zbiór usług - access point AP) dobrze pracujące przy bliskich odległościach między urządzeniami, sprawiają problemy, gdy odległości są bliskie granicznych w dostępnej technologii. Standardowym środkiem zaradczym jest ograniczenie przepustowości sieci, co może być

przyczyną wielu problemów związanych z urządzeniami (sensorami) o wymaganej dużej przepustowości łącza np. systemów wizyjnych. Jednym z rozwiązań jest zastąpienie fragmentów sieci bezprzewodowej siecią przewodową lub wprowadzenie urządzeń zwiększających dystans sieci bezprzewodowej typu most Wi-Fi. Spotykane są również rozwiązania stosowane w sieciach szkieletowych Wi-Fi (typu ESS Extended Service Set, zwiększony zestaw usług). Możliwa jest również realizacja sieci kratowej, często występującej w sieciach sensorycznych.

Zwiększanie ilości urządzeń pracujących w tym samym standardzie oraz interakcja z istniejącymi sieciami lub innymi urządzeniami pracującymi w tym samym paśmie (internet bezprzewodowy, IEEE 802.15.1, klawiatury, myszy i słuchawki bezprzewodowe) może być źródłem zakłóceń ograniczających lub uniemożliwiających transmisję. W ramach sieci rodziny IEEE 802.11 występują cztery podstawowe zjawiska powodujące zakłócenia transmisji: interferencje, przechwytywanie, odkryta stacja, ukryta stacja [3]. Należy zwrócić szczególną uwagę na te zjawiska przy realizacjach praktycznych sieci.

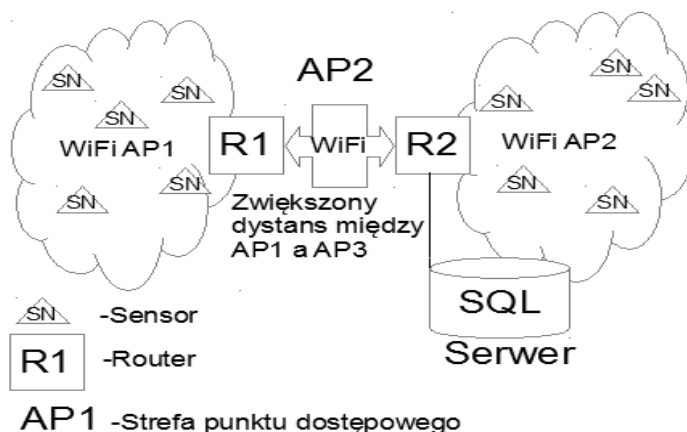
### 2.1. Zwiększenie dystansu poprzez implementację topologii typu łańcuch

W sytuacji, kiedy zwiększenie dystansu jest związane ze specyfiką fizycznej lokalizacji sensorów przedstawioną na rysunku 2, można zaproponować topologię typu łańcuch spotykaną w realizacjach sieci rozległych.



Rys. 2. Topologia typu łańcuch (SN – sieć sensorowa)

Przykładowa testowa topologia może być wykorzystana do budowy sieci sensorowej w halach przemysłowych lub realizacji tzw. inteligentnego budynku. Fragment sieci składający się z dwóch segmentów sieci sensorowej z punktami dostępowymi (AP1 i AP3) oraz zwiększającej dystans sieci (AP2) zbudowano wykorzystując routery bezprzewodowe (Rys. 3). Pojedynczy router wykonano z komputera PC starszej generacji z dwiema kartami bezprzewodowymi i systemem operacyjnym Linux w dystrybucji Debian. Każdy z punktów dostępowych pracował na innym kanale. Fragment sieci, odpowiadający za zwiększenie zasięgu (AP2) był zrealizowany z wykorzystaniem anten kierunkowych a pozostałe (AP1 i AP3) z antenami o charakterystyce dookólnej. Ze względu na ograniczenie gabarytowe obiektu, w którym były wykonane testy zasięg maksymalny między routerami wynosił 102m.



Rys. 3. Koncepcja implementacji praktycznej fragmentu topologii typu łańcuch

Wybrana konfiguracja została podyktowana chęcią wyeliminowania wzajemnych zakłóceń między kanałami poszczególnych punktów dostępowych oraz separacją od istniejących sieci dostępowych. Konfiguracja ta jest polecana w przypadku, kiedy odległości między fragmentami sieci są znaczne i mogą wystąpić niekorzystne zjawiska zakłócające, pochodzące od własnych (należących do sieci) lub obcych nadajników punktów dostępowych.



Rys. 4. Modele sieci sensorycznych (po lewej stronie rysunku sieć IEEE802.15.4 i ZigBee, po prawej sieć Wi-Fi i Intranet z bazą danych SQL)

Alternatywnym rozwiązaniem pozostaje zastąpienie routerów (wylimitowanie sieci AP2) poprzez most (repeater). Rozwiązanie z mostem upraszcza aspekt identyfikacji i konfiguracji sieci sensorowej. Rozwiązanie z routerami jest elastyczne i skalowane (w przypadku użycia rozwiązań stosowanych w sieciach IP). Wbudowane mechanizmy dynamicznego trasowania, dynamicznego przydzielania adresów i nazw oraz zapewnienia jakości usług QoS – upraszczają budowę systemów sensorycznych, pozwalając się skupić na problematyce akwizycji i przetwarzania danych.

### 3. STREFA APLIKACJI

Oddzielenie zadań związanych z konfiguracją sieci od zagadnień związanych z akwizycją i przetwarzaniem danych (tzw. strefą aplikacji) jest od lat standardem tworzeniu aplikacji internetowych i mobilnych. Odczyty z sensorów są zazwyczaj przekazywane do obserwatora – w przykładowej implementacji zrealizowanej w oparciu o system bazodanowy SQL. Sensory (pomiar natężenia oświetlenia) wykonano w oparciu o sprzęt rodziny FriendlyARM Tiny210SDK. Całość działa pod kontrolą systemu operacyjnego Android. Aplikacja została napisana w języku JAVA. Pomiar przekazywany jest poprzez infrastrukturę sieci IP z aplikacji do serwera MySQL. Jedynym parametrem konfiguracyjnym jest podanie adresu symbolicznego serwera SQL. Przeprowadzone testy poprawności odczytów po stronie sensorów i zapisów do bazy danych, weryfikują pozytywnie proponowane w pracy podejście. Jedyną barierą dla tego typu wdrożeń mogą być obecnie wysokie koszty. Migracja sieci sensorycznej do sieci IP staje się coraz popularniejsza ze względu na prostotę budowy intranetowych systemów informatycznych [4],[5].

### 4. PODSUMOWANIE

Zrealizowane w pracy zadanie zwiększenia zasięgu sieci sensorowej w oparciu o standard IEEE 802.11 i sieć IP charakteryzuje się elastycznością, prostotą i łatwością w implementacji. Ciężar identyfikacji sensorów i routingu przeniesiono do warstwy IP, co umożliwiło skupienie się na warstwie aplikacji. Przykładową akwizycję danych pomiarowych zrealizowano bezpośrednio na poziomie bazy danych SQL. Migracja sieci sensorycznej do technologii IP, w dobie integracji środowisk przemysłowych z siecią IP, staje się faktem. Dzięki temu, do zwiększenia zasięgu terytorialnego sieci, z powodzeniem można stosować rozwiązania stosowane w sieciach rozległych IP. Dynamiczne wkroczenie na rynek technologii mobilnych jest dodatkowym atutem przemawiającym na korzyść rozwiązań intranetowych.

## LITERATURA

- [1] AutoLog, "Wi-Fi Wireless Sensor Networks", Accessed online @ <http://www.ff-automation.com> on November 8, 2012, pp.3.
- [2] Guangjie Han; Maode Ma, "Connecting sensor networks with IP using a Configurable tiny TCP/IP protocol stack". Information, Communications & Signal Processing, Dec. 2007.
- [3] Piotr Lech, Wpływ zakłóceń radiowych na sterowanie robotem mobilnym poprzez sieć WiFi, Poznań University of Technology Academic Journals - Electrical Engineering" nr 71, Poznań 2012, pp 165-171.
- [4] Braun, T., Voigt, T. and Dunkels, A. (2007), "TCP support for sensor networks", Proceedings of the Fourth Annual Conference on Wireless on Demand Network Systems and Services (WONS 2007), Obergurgl, Austria, pp. 162-169.
- [5] Hou Ming, Shen Li zhong, "The Hardware Design of Embedded Remote Control System Based on Internet", 2009 International Conference on Signal Processing Systems, On page(s): 841 - 843.

### INCREASING THE RANGE OF DISTANCE IN WI-FI WIRELESS SENSOR NETWORKS

The paper presents the concept of a wireless sensor network over Wi-Fi IEEE802.11b/g. The sample implementation solves problem of the increasing range of distance of a wireless sensor networks based on the wan network topology "chain". The issue of a data transfer from sensors was transferred to the higher layers of the network model ISO / OSI. The data was stored in the SQL database server. This example implementation can be used in an industrial network or an intelligent building infrastructure.