

# Uniwersalny system bezprzewodowy do monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa

Ryszard J. Katulski, Jacek Stefański, Jarosław Sadowski, Sławomir J. Ambroziak

Zagadnienie zdalnego monitoringu w czasie rzeczywistym szeroko rozumianego stanu środowiska życia ludzi stanowi problem, z którym w coraz większym stopniu zmagają się służby państwowe i regionalne odpowiedzialne za stan bezpieczeństwa publicznego. Stan ten może być zagrożony przez przypadkowe katastrofy ekologiczne, co jest związane z postępującym rozwojem uprzemysłowienia. Zagrożenie to może także być wynikiem zamierzonych działań ludzkich o charakterze przestępczym lub terrorystycznym. Aby temu przeciwdziałać i ograniczać skutki takich działań, konieczne jest wspieranie działań ludzkich przez systemy i urządzenia techniczne, co wymaga opracowania i uruchomienia odpowiedniej infrastruktury technicznej przeznaczonej do monitorowania i akwizycji danych związanych z potencjalnymi zagrożeniami. Najbardziej użyteczne są rozwiązania zbudowane w oparciu o technologię bezprzewodową zrealizowaną w postaci radiowej.

Wychodząc naprzeciw tym potrzebom, od kilku lat w Katedrze Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych Politechniki

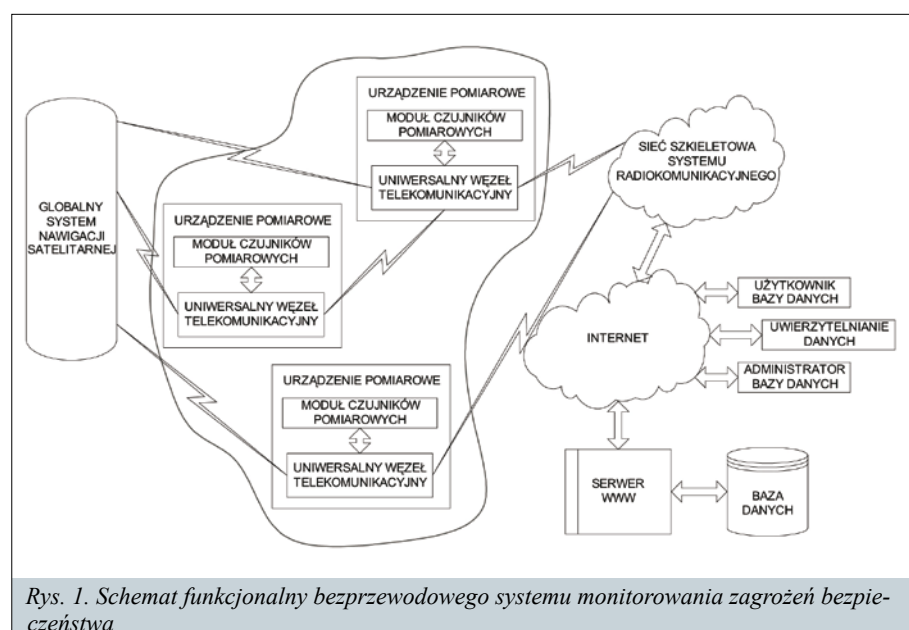
Gdańskiej działa zespół naukowo-badawczy zajmujący się techniką i technologią bezprzewodowego monitoringu zagrożeń. Jednym z efektów pracy tego zespołu jest uniwersalna, otwarta na określone potrzeby forma bezprzewodowego systemu monitorowania stanu zagrożeń bezpieczeństwa publicznego.

Niniejszy artykuł zawiera opis budowy i działania uniwersalnego systemu monitoringu wraz ze zrealizowanymi, wybranymi aplikacjami użytkowymi, w których procesowi monitorowania, akwizycji i kontroli stanu podlega szeroki wachlarz danych, np. związanych z bezpieczeństwem transportu, lądowego i morskiego, dane dotyczące parametrów procesów przemysłowych, a także dane o stopniu zanieczyszczeń atmosferycznych, w tym także dotyczące skażenia promieniotwórczego.

## Charakterystyka systemu

Podstawową częścią systemu monitoringu (rys. 1) jest samoorganizująca się sieć złożona z uniwersalnych węzłów telekomunikacyjnych (UWT). Każdy

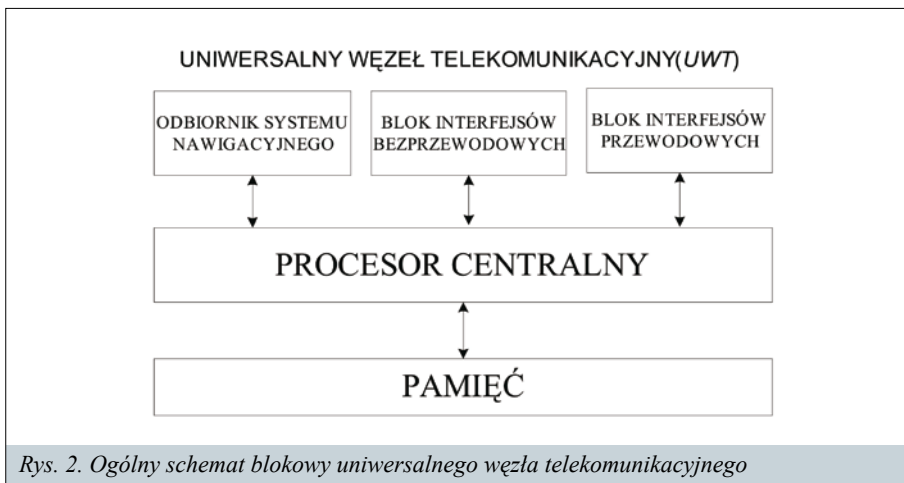
**Streszczenie:** W artykule przedstawiono budowę i działanie bezprzewodowego systemu monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa, opartego na koncepcji samoorganizującej się sieci uniwersalnych węzłów telekomunikacyjnych (UWT). Na wstępie opisano schemat funkcjonalny systemu, uwzględniając szczególnie wynikające z niego zadania oraz budowę UWT. Następnie na wybranym przykładzie scharakteryzowano pracę samoorganizującej się sieci UWT – sieci ad-hoc. W końcowej części pracy krótko przedstawiono zrealizowane aplikacje użytkowe systemu.



Rys. 1. Schemat funkcjonalny bezprzewodowego systemu monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa

z tych węzłów może być wyposażony w kilka różnych interfejsów bezprzewodowych, w zależności od zakładanego wykorzystania konkretnego rozwiązania systemu monitoringu danych.

Do bezprzewodowej komunikacji poszczególnych węzłów z siecią szkieletową systemu radiokomunikacyjnego wykorzystywane mogą być bądź aktualnie dostępne interfejsy radiowe (np. GSM, UMTS, TETRA, WiMAX, Inmarsat), bądź interfejsy systemów, które dostępne będą w przyszłości (np. LTE). Nato-



miast do komunikacji UWT między sobą w ramach sieci samoorganizującej się wykorzystywane mogą być interfejsy bezprzewodowe krótkiego zasięgu, tj.: Bluetooth, ZigBee czy też WiFi. Oddzielną kwestią jest odbiornik globalnego systemu nawigacji satelitarnej, którego obecność w UWT zależy od tego, czy system wymaga lokalizacji miejsca, w którym dane są monitorowane, czy też nie. Może to być odbiornik systemu GPS lub GLONASS bądź w przyszłości GALILEO.

Uniwersalny węzeł telekomunikacyjny wyposażony może być również w szereg interfejsów przewodowych (np. USB, RS232 itp.), których wykorzystanie może być różnorakie, np. podłączenie modułów pomiarowych wraz z czujnikami czy też zmiany konfiguracji węzła. W zrealizowanych dotychczas praktycznych aplikacjach systemu zastosowanie znalazły następujące interfejsy: GSM/GPRS, WiFi, RS232, RS485, USB, Ethernet oraz odbiornik lokalizacyjny systemu GPS. Ogólny schemat blokowy uniwersalnego węzła telekomunikacyjnego przedstawiony został na rys. 2.

Każdy UWT połączony jest z modułami pomiarowymi, stanowiąc tym samym urządzenie pomiarowe (UP), które odpowiedzialne jest za odbieranie danych z czujników, gromadzenie ich do czasu nawiązania transmisji z siecią szkieletową systemu radiokomunikacyjnego oraz wysłanie danych pomiarowych i lokalizacyjnych na serwer.

Monitorowane parametry zależą ściśle od konkretnego zastosowania systemu monitoringu. Mogą to być parametry, takie jak: temperatura, wilgotność czy przyspieszenie. Możliwe jest również wykrywanie gazów bojowych dla potrzeb wojskowych bądź obrony cywilnej, a także monitorowanie zanieczysz-

czeń powietrza. Dowolność zestawiania pomiarowej sieci sensorycznej jest bardzo duża i ograniczona tylko dostępnością czujników określonego parametru.

Bezprzewodowe sieci sensoryczne wymagają zazwyczaj bezobsługowego działania urządzeń UP, które są zasilane z akumulatorów. W takim stanie rzeczy koniecznym jest zapewnienie małego zużycia energii przez UP, przy jednoczesnym zachowaniu ich funkcjonalności [1].

Oprócz bezpośredniej łączności z siecią szkieletową systemu radiokomunikacyjnego, UP ma możliwość łączenia się z nią w sposób pośredni, organizując się z sąsiednimi UP w sieci *ad-hoc* typu multi-hop. W ten sposób zwiększona zostaje niezawodność systemu monitoringu oraz jego efektywność.

Dane pomiarowe poprzez system radiokomunikacyjny i dalej poprzez sieć Internet przesyłane są do bazy danych zlokalizowanej na serwerze www. Przed zapisem do bazy danych, odbierane informacje poddawane są weryfikacji w celu uniknięcia błędnych zapisów oraz podnoszenia fałszywych alarmów w przypadku przekłamań danych w którymkolwiek elemencie systemu. Dostęp do danych możliwy jest poprzez sieć Internet zarówno dla użytkowników, jak i dla administratorów systemu.

### Układ połączeń w ujęciu schematycznym

Dla lepszego zrozumienia algorytmu procesu samoorganizowania się sieci *ad-hoc*, zbudowanej z uniwersalnych węzłów telekomunikacyjnych, koniecznym jest omówienie budowy UWT w przykładowej konfiguracji oraz przedstawienie przykładowego układu połączeń między tymi węzłami.

**Schemat blokowy UWT w przykładowej konfiguracji**

Schemat blokowy uniwersalnego węzła telekomunikacyjnego w przykładowej konfiguracji przedstawiony został na rys. 3. Przykładowy UWT wyposażony jest w trzy interfejsy komunikacyjne:

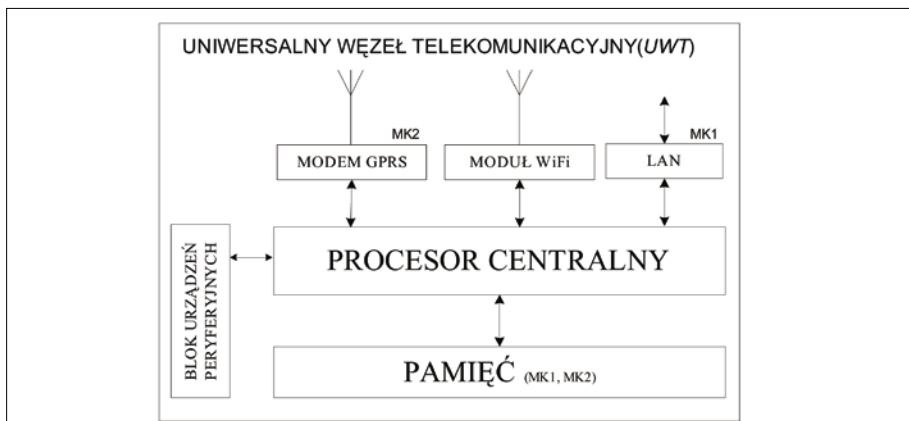
- modem GPRS – służy do bezprzewodowej komunikacji UWT z serwerem za pośrednictwem łącza GPRS i Internet;
- moduł WiFi – służy do bezprzewodowej komunikacji między poszczególnymi UWT, która ma na celu wymianę informacji o własnych zdolnościach komunikacyjnych (możliwości komunikacji z serwerem);
- LAN – służy do przewodowej komunikacji UWT z serwerem za pośrednictwem sieci Internet.

Procesor centralny odpowiada za realizację algorytmów sterujących pracą UWT, a także za realizację zadań, do których został on przeznaczony. W zależności od planowanego zastosowania procesor nadzoruje blok urządzeń peryferyjnych, którego budowa może być zróżnicowana. W skład tego bloku może wchodzić odbiornik GPS, dowolny zestaw czujników pomiarowych, najróżniejsze detektory, a nawet kamery cyfrowe. Dane z bloku urządzeń peryferyjnych zapisywane są w pamięci wewnętrznej UWT i wysyłane na serwer okresowo i/lub na żądanie serwera. Sytuacja taka stanowi wywołanie wewnętrzne, w przeciwieństwie do wywołania zewnętrznego, kiedy to węzeł łączy się z serwerem na żądanie węzła sąsiadującego.

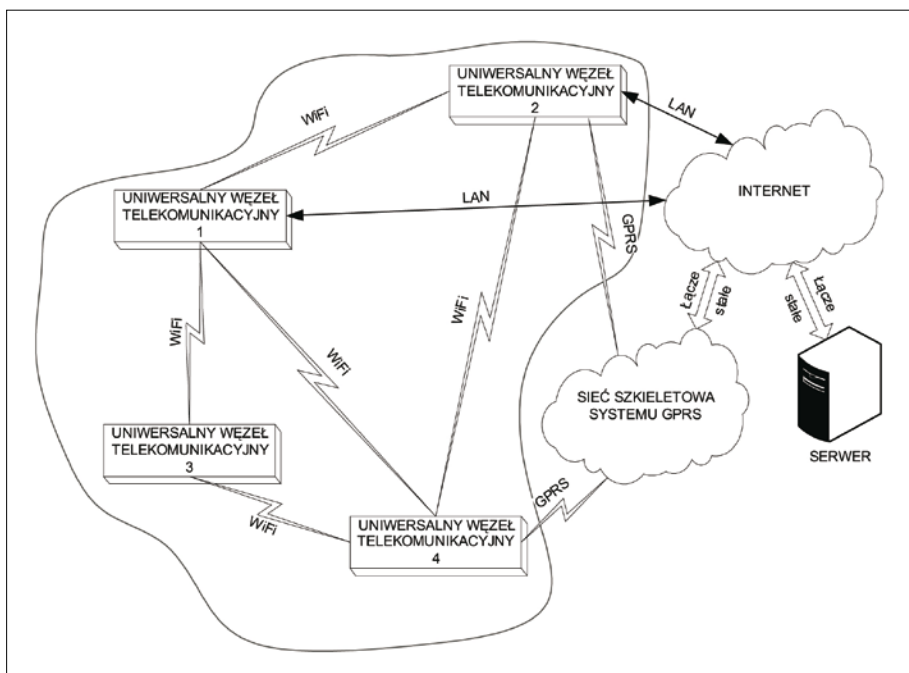
W pamięci wewnętrznej UWT zapisywana i aktualizowana jest także tabela zawierająca dane dotyczące własnych zdolności komunikacyjnych, a także zdolności komunikacyjnych innych węzłów znajdujących się w jego zasięgu radiowym.

Możliwości komunikacyjne zapisywane są w postaci dwóch flag, których znaczenie jest następujące:

- MK1 – wartość tej flagi informuje o liczbie UWT, za pośrednictwem których możliwa jest komunikacja z serwerem poprzez interfejs LAN. Jeśli MK1 = 0, to możliwa jest łączność bezpośrednia z serwerem poprzez sieć Internet;
- MK2 – wartość tej flagi informuje o liczbie UWT, za pośrednictwem których możliwa jest komunikacja z serwerem poprzez łącze GPRS. Jeśli MK2 = 0, to możliwa jest łączność bezpośrednia z serwerem poprzez to łącze.



Rys. 3. Schemat blokowy UWT w przykładowej konfiguracji



Rys. 4. Schematyczne ujęcie układu połączeń na przykładzie sieci czterech UWT

Każdy UWT informuje węzły będące w jego zasięgu radiowym o swoich możliwościach komunikacyjnych poprzez raportowanie, czyli rozsyłanie poprzez interfejs WiFi wartości swoich flag w postaci pakietów rozgłoszeniowych.

**Przykładowy układ połączeń między węzłami**

Na rys. 4 przedstawiona została przykładowa sieć *ad-hoc* zbudowana z czterech uniwersalnych węzłów telekomunikacyjnych. Dwa z nich – UWT2 i UWT1 – mają możliwość bezpośredniej komunikacji z serwerem poprzez interfejs LAN (flaga MK1 = 0), a dwa – UWT2 i UWT4 – mają możliwość bezpośredniej komunikacji z serwerem poprzez łącze GPRS (flaga MK2 = 0).

Uniwersalny węzeł telekomunikacyjny z numerem 3 nie ma możliwości bez-

pośredniego połączenia z serwerem. Może komunikować się z nim za pośrednictwem innego węzła, który pozwoli mu przesłać dane. Węzeł, który umożliwi innemu UWT transmisję danych, określany jest jako most połączeniowy.

Dla UWT3 mostem połączeniowym może być każdy inny UWT, który ma możliwość komunikacji z serwerem. Flagi UWT3 ustawione będą następująco:

- MK1 = 1 – ponieważ może połączyć się z serwerem poprzez sieć stałą, wykorzystując UWT1 jako most połączeniowy;
- MK2 = 1 – ponieważ może połączyć się z serwerem poprzez łącze GPRS, wykorzystując UWT4 jako most połączeniowy.

Jeżeli wyobrazimy sobie sytuację, w której brak jest węzła UWT4, a UWT1 nie ma możliwości komunikacji z serwe-

rem poprzez sieć stałą, to flagi przyjęłyby następujące wartości:

- MK1 = 2 – ponieważ komunikacja poprzez sieć stałą byłaby realizowana z wykorzystaniem dwóch mostów połączeniowych (UWT1 i UWT2);
- MK2 = 2 – ponieważ komunikacja poprzez łącze GPRS również byłaby realizowana z wykorzystaniem dwóch mostów połączeniowych (UWT1 i UWT2).

Komunikacja pomiędzy uniwersalnymi węzłami telekomunikacyjnymi odbywa się poprzez łącze WiFi. Z tego typu łącznością wiąże się pojęcie węzłów sąsiadujących – są to węzły, które znajdują się w swoim bezpośrednim zasięgu radiowym. W nawiązaniu do rys. 4 węzłami sąsiednimi dla UWT3 są węzły UWT4 i UWT1. Podobnie ma się kwestia sąsiednich węzłów dla UWT2, natomiast dla węzłów o numerach 1 i 4 węzłami sąsiednimi są wszystkie pozostałe UWT, ponieważ znajdują się one w ich zasięgach radiowych.

### Praktyczne realizacje systemu

W oparciu o przedstawioną w artykule koncepcję bezprzewodowego systemu monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa, w ramach realizowanych projektów badawczo-rozwojowych, zostały opraco-

wane dwie aplikacje użytkowe tego systemu:

- system monitoringu ładunków kontenerowych [2];
- system monitoringu gazowych zanieczyszczeń powietrza [3].

Ponadto, we współpracy z Polską Platformą Bezpieczeństwa Publicznego prowadzone są prace projektowo-konstrukcyjne o charakterze wdrożeniowym nad kolejną wersją opisanego systemu monitorowania zagrożeń bezpieczeństwa.

### Podsumowanie

Rozwiązania aplikacyjne opisanego systemu wzbudzają zainteresowanie środowiska gospodarczego, czego przykładem są wyróżnienia przyznane podczas corocznych Międzynarodowych Targów Technicon Innowacje, podczas których za system monitoringu powietrza jego autorzy w 2008 roku otrzymali specjalną nagrodę Marszałka Województwa Pomorskiego. Za rok później – tj. w 2009 r., podczas tych samych targów, za system monitoringu kontenerów otrzymali Puchar Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Warto także nadmienić, że oryginalne rozwiązania zaimplementowane w tych systemach stanowią przedmiot zgłoszenia patentowego.

### Literatura

- [1] KARL H., WILLING A.: *Protocols and Architecture for Wireless Sensor Networks*. Wiley & Sons, 2006.
- [2] KATULSKI R.J., AMBROZIAK S.J., SADOWSKI J., STEFAŃSKI J.: *Self-organizing wireless monitoring system of cargo containers*. „Polish Maritime Research”, Vol. 16, 2009, pp. 45–50.
- [3] KATULSKI R.J., NAMIEŚNIK J., STEFAŃSKI J., SADOWSKI J., WARDENCKI W., SZYMAŃSKA K.: *Mobile Monitoring System for Gaseous Air Pollution*. „Metrology and Measurements Systems”, Vol. XVI (2009), No 4, pp. 677–682.

prof. nadzw. dr hab. inż.  
Ryszard J. Katulski,  
mgr inż. Sławomir J. Ambroziak,  
mgr inż. Jarosław Sadowski,  
dr inż. Jacek Stefański –  
Katedra Systemów i Sieci  
Radiokomunikacyjnych,  
Wydział Elektroniki,  
Telekomunikacji i Informatyki  
Politechniki Gdańskiej