

Ryszard J. Katulski
Jarosław Magiera
Jarosław Sadowski
Wojciech Siwicki
Jacek Stefański
Agnieszka Studańska
Politechnika Gdańska

SYSTEM AUTOMATYCZNEJ LOKALIZACJI OSÓB DO ZASTOSOWAŃ SPECJALNYCH

STRESZCZENIE

W artykule opisano założenia funkcjonalne i budowę demonstratora technologicznego systemu do lokalizacji osób wewnątrz budynków. Przedstawiono poszczególne węzły sieci radiowej służącej do określania pozycji osób wraz z wyszczególnieniem najważniejszych podzespołów tych węzłów, a także funkcjonowanie całego systemu i możliwości jego dalszej rozbudowy.

Słowa kluczowe:

radiolokalizowanie, lokalizacja wewnątrzbudynkowa, technika ultraszerokopasmowa.

WSTĘP

W obecnym świecie informacja o lokalizacji różnych obiektów, w szczególności o miejscu przebywania określonych osób w danej chwili, może być istotna z różnych względów, znaczenie mają zwłaszcza aspekty bezpieczeństwa. Powszechnie stosuje się systemy lokalizacyjne bazujące na technice satelitarnej (GPS, GLONASS), na przykład do monitorowania pozycji pojazdów lub wartościowych ładunków (jak nadzór kontenerów w transporcie lądowym i morskim [5]). Zdecydowanie mniej rozpowszechnione są urządzenia przeznaczone bezpośrednio do lokalizowania osób. Jeżeli z punktu widzenia danego zastosowania wystarczające jest ustalanie pozycji nadzorowanych osób w terenie otwartym, to możliwe jest wykorzystanie do tego celu systemów satelitarnych, np. GPS, ale z uwagi na znaczne tłumienie wewnątrz

budynków sygnałów radiowych pochodzących od satelitów wykorzystanie metod satelitarnych do pozycjonowania osób jest bardzo utrudnione.

Tworzenie systemów lokalizacyjnych wewnątrzbudynkowych opartych na systemie GPS wymaga wsparcia innymi systemami radiowymi. Na rynku pojawiły się wprawdzie bardzo czułe odbiorniki sygnałów GPS, które według producenta umożliwiają odbiór sygnałów nawigacyjnych wewnątrz budynków, jednak po analizie ich parametrów technicznych wiadomo, że oferowany sprzęt dla poprawnej pracy wewnątrz pomieszczeń (po włączeniu zasilania) wymaga informacji początkowych (m.in. efemeryd satelitów), dostarczanych np. poprzez sieci telefonii komórkowej — system lokalizacyjny oparty na metodzie A-GPS (Assisted GPS) [2]. Z danych producentów wynika również, że dokładność estymacji położenia takiego odbiornika jest mniejsza od 50 metrów, czyli jak na warunki budynku błąd jest stosunkowo duży. Do tych niedogodności dochodzi też problem lokalizowania obiektów w trzech wymiarach — dokładność ustalania wysokości obiektu w systemie GPS jest zwykle niewystarczająca do określenia kondygnacji w budynku, na której znajduje się lokalizowana osoba lub obiekt. Innym rozwiązaniem jest stosowanie wewnątrz budynków tzw. repeaterów, czyli urządzeń wzmacniających sygnały systemu GPS odbierane na zewnątrz budynków i wprowadzane do ich wnętrza [4]. Wymaga to jednak rozbudowy infrastruktury takiego systemu lokalizacyjnego, a pozycja wskazywana przez odbiornik sygnałów GPS umieszczony wewnątrz budynku będzie w prostych aplikacjach zbliżona do położenia zewnętrznej anteny repeatera.

Uogólniając powyższe rozważania, można stwierdzić, że powszechnie stosowane metody radiowej lokalizacji w terenie otwartym nie sprawdzają się we wnętrzach budynków. Ustalanie pozycji osób w pomieszczeniach zamkniętych należy wykonywać przy użyciu innych metod/systemów, przy czym ich konstrukcja powinna być odpowiednia do danego zastosowania. Niniejszy artykuł przedstawia strukturę systemu lokalizacji wewnątrzbudynkowej SALOn, zaprojektowanego i wykonanego w Katedrze Systemów i Sieci Radiokomunikacyjnych Politechniki Gdańskiej w Środowiskowym Laboratorium Systemów Łączności Bezprzewodowej do Zastosowań Specjalnych.

ZAŁOŻENIA I FUNKCJONALNOŚĆ SYSTEMU DO LOKALIZACJI WEWNĄTRZBUDYNKOWEJ

System automatycznej lokalizacji osób SALOn powstał z myślą o wsparciu i zabezpieczeniu działań operacyjnych różnych służb w nieznanymi obiektach, w szczególności w budynkach o nieznanym rozkładzie pomieszczeń. System ten z założenia

umożliwia śledzenie w czasie rzeczywistym pozycji osób, np. funkcjonariuszy Straży Pożarnej czy Policji w budynku, przy wykorzystaniu stacji odniesienia (zwanych pośredniczącymi węzłami radiokomunikacyjnymi, PWR) zainstalowanych naokoło budynku, np. w formie mobilnej na pojazdach, którymi funkcjonariusze przyjeżdżają na miejsce akcji, ale możliwe są też inne sposoby instalacji. Pozycje osób posiadających moduły identyfikacji osobistej (MIO) są rejestrowane w serwerze sieci — główna stacja nadzoru GSN instalowana jest przy wybranym pośredniczącym węźle PWR w jednym z pojazdów. Pozycje te mogą być prezentowane osobie nadzorującej interwencję w formie dwuwymiarowej lub trójwymiarowej wizualizacji na bieżąco na ekranie komputera typu tablet.

Dodatkowo system umożliwia przesyłanie informacji alarmowych różnego typu. Z punktu widzenia służb ratunkowych istotna okazała się możliwość przesyłania od modułów osobistych do serwera następujących informacji:

- wezwanie pomocy wyzwalane ręcznie, przez wciśnięcie przycisku w module osobistym;
- wezwanie pomocy wyzwalane automatycznie po wykryciu przez MIO upadku i bezruchu danej osoby;
- nakaz ewakuacji całego budynku przy zauważeniu przez funkcjonariusza niebezpieczeństwa mogącego zagrażać zdrowiu lub życiu innych funkcjonariuszy, wyzwalany ręcznie przyciskiem w module osobistym.

Druga z wymienionych funkcji jest przydatna w przypadku interwencji w nieznanach pomieszczeniach przy słabej widoczności, co może skrócić czas pomocy funkcjonariuszowi, który na przykład spadł z niezabezpieczonych schodów.

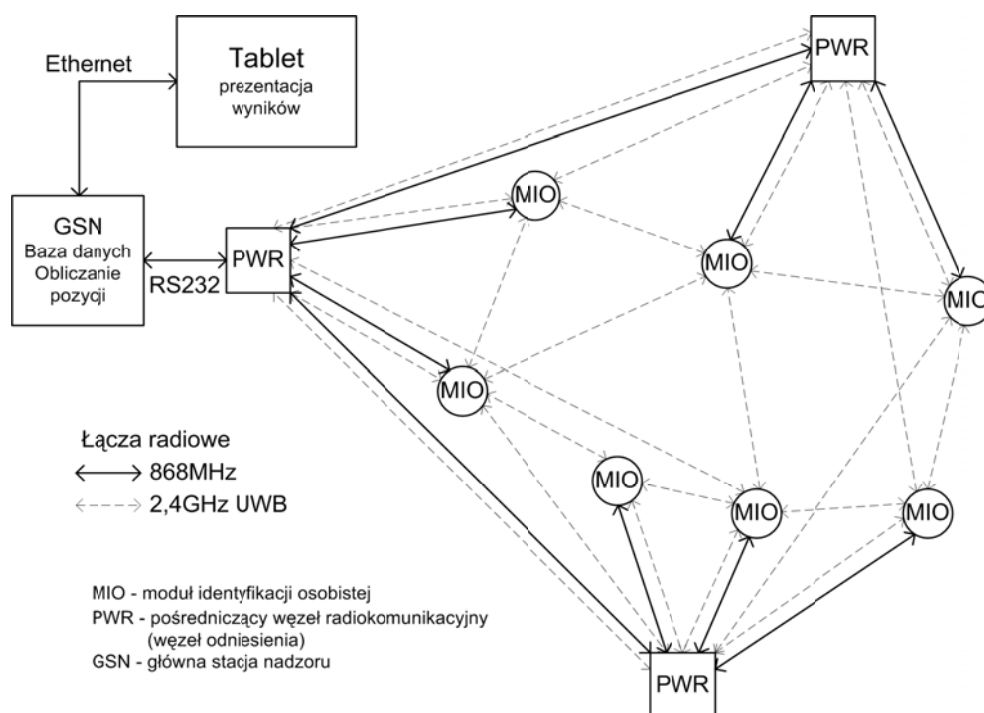
Wszystkie informacje alarmowe są rejestrowane i przetwarzane w serwerze GSN. Jeżeli w systemie wystąpi w krótkim czasie kilka alarmów, których jednoczesna czytelna sygnalizacja w MIO byłaby utrudniona (sygnalizacja przede wszystkim dźwiękowa, by nie zmuszać użytkowników do obserwacji wyświetlacza LCD czy innych wskaźników optycznych), serwer na podstawie zdefiniowanych priorytetów określa najważniejsze z informacji alarmowych do rozesłania do użytkowników. Informacje alarmowe są rozsyłane do poszczególnych modułów osobistych, przy czym informacje o wzywaniu pomocy zawierają także dane o aktualnej odległości węzła odbierającego informacje alarmowe od węzła, z którego ten alarm pochodzi. Dane te mogą być wykorzystane do skrócenia czasu dotarcia pomocy, gdyż odległość do osoby wzywającej pomocy jest symbolicznie sygnalizowana dźwiękowo i świetlnie w pozostałych modułach osobistych.

Podczas projektowania systemu zwrócono uwagę na łatwość jego obsługi. Poza możliwością ręcznego uruchamiania alarmów w MIO, funkcjonowanie modułów osobistych nie wymaga jakiegokolwiek interakcji z użytkownikiem. Tak samo bezobsługowe są węzły PWR oraz GSN. Wszystkie funkcje systemu są realizowane w sposób automatyczny, bez konieczności absorbowania jakiegokolwiek osoby nadzorowaniem czy sterowaniem siecią SALOn. Jeśli jednak zachodzi taka potrzeba, do serwera systemu można podłączyć komputer do wizualizacji pozycji węzłów na dwu- i trójwymiarowych modelach budynków lub mapach czy zdjęciach satelitar-nych terenu. Wizualizacja pozycji poszczególnych węzłów (osób) możliwa jest zarówno na bieżąco, jak i w trybie archiwalnym — można odtworzyć i przeanalizować zarejestrowaną wcześniej trasę przemieszczania się węzłów i historię alarmów.

BUDOWA SYSTEMU

Ogólną strukturę systemu automatycznej lokalizacji osób przedstawiono na rysunku 1. Urządzenia sieci SALOn wykorzystują dwa łącza radiowe: wąskopasmowe łącze w paśmie 868 MHz i ultraszerokopasmowe łącze w paśmie 2,4 GHz. Transmisje w obu tych łączach radiowych mogą być zupełnie niezależne, laboratoryjnie potwierdzono brak wpływu transmisji w jednym z pasm na czułość modemów w drugim paśmie.

Zakres częstotliwości 868 MHz przeznaczony jest do tworzenia i utrzymywania funkcjonowania sieci oraz do dwukierunkowej transmisji danych — MIO przesyłają do GSN za pośrednictwem PWRów wyniki pomiarów odległości, a GSN przesyła do PWRów i do MIO informacje sterujące i konfiguracyjne oraz alarmowe. Aby niewielka moc wyjściowa modemów radiowych w tym paśmie (+10 dBm) nie ograniczała nadmiernie zasięgu działania sieci SALOn, zaimplementowano możliwość transmisji danych MIO-GSN poprzez kilka PWRów pośredniczących, a poprawie jakości transmisji służy możliwość definiowania w sposób automatyczny zapasowych tras przekazywania pakietów i przełączania tras routingu dynamicznie przy zmianie warunków propagacyjnych pomiędzy węzłami sieci. Łącza radiowe 868 MHz służy także do wyszukiwania w sieci nowych MIO i/lub PWRów (mechanizm Slotted Aloha) oraz zdalnej aktualizacji oprogramowania węzłów.



Rys. 1. Ogólna struktura sieci SALOn

Źródło: opracowanie własne.

Przy projektowaniu systemu zdecydowano, że podstawą do określania pozycji nadzorowanych osób będą wyniki radiowego pomiaru odległości pomiędzy modułami identyfikacji osobistej MIO a węzłami odniesienia PWR. Pomiar odległości wykonywany jest poprzez pomiar czasu propagacji sygnału radiowego przy dwukierunkowej transmisji pakietów radiowych pomiędzy MIO i PWR (metoda RTT — *Round Trip Time*). W celu zwiększenia zasięgu i dokładności działania sieci możliwe są także pomiary odległości pomiędzy modułami MIO [6].

Do pomiarów odległości zastosowano modemy firmy Nanotron, które emitują sygnały z liniowym przemiataniem częstotliwości (chirp) o szerokości pasma około 80 MHz w zakresie częstotliwości ISM 2,4 GHz, co w świetle [7] stanowi transmisję ultraszerokopasmową (UWB). Całość transmisji w paśmie 2,4 GHz jest nadzorowana przez PWR podłączony do GSN. Otrzymuje on z serwera listę węzłów aktywnych w systemie SALOn. W zależności od funkcji węzły sieci mają przydzielane szczeliny czasowe o odpowiedniej szerokości, większej dla MIO, gdyż MIO wykonują więcej pomiarów odległości niż PWRy. Lista przydziału szczelin czasowych jest umieszczana przez PWR podłączony do GSN w depeszy rozsyłanej rozgłoszeniowo

w paśmie 2,4 GHz do wszystkich pozostałych elementów sieci. Depesza ta jest także retransmitowana przez pozostałe PWRy w sieci, więc nawet jeśli niektóre MIO są poza zasięgiem komunikacji bezpośredniej z PWRem zarządzającym przydziałem szczeliny czasowych, to i tak są w stanie odebrać depeszę i zsynchronizować się z resztą sieci. Każda depesza rozsyłana przez PWR zarządzający przydziałem szczeliny zawiera informację o początku czasu jej obowiązywania oraz aktualny znacznik czasu, a każdy PWR retransmitujący depeszę uaktualnia ten znacznik czasu, powiększając go o czas pomiędzy odebraniem depeszy a retransmisją.

Szczeliny czasowe przydzielane poszczególnym PWRom służą zasadniczo tylko do retransmisji depeszy nawigacyjnej. Istnieje techniczna możliwość wykonywania kontrolnych pomiarów odległości pomiędzy sąsiednimi węzłami referencyjnymi, ale w obecnej wersji systemu nie jest to wykorzystywane. Wszelkie pomiary odległości są inicjowane przez moduły osobiste MIO i wykonywane w postaci serii pomiarów do wszystkich PWRów będących w zasięgu tych modułów. W ten sposób można uzyskać wartości odległości do węzłów referencyjnych z krótkiego przedziału czasu, co zmniejsza błędy obliczania pozycji w przypadku obiektów poruszających się ze sporą prędkością (kilku metrów na sekundę). Nieudane pomiary odległości, wynikające np. z problemów propagacyjnych, są powtarzane, ale narzucona odgórnie szerokość szczeliny czasowej dla danego MIO nie wystarcza na wielokrotne powtarzanie wszystkich pomiarów. Z tego względu każdy węzeł MIO zapamiętuje urządzenia w swoim zasięgu komunikacji oraz rejestruje, czy poprzednie próby pomiarów odległości do nich kończyły się od razu sukcesem czy też wymagały powtórzeń. Przy czym pomiary te są wykonywane w kolejności: najpierw pomiary odległości do PWRów bez problemów komunikacyjnych, następnie pomiary odległości do PWRów, z którymi komunikacja nie przebiega bezbłędnie, pomiary odległości do sąsiednich MIO bez problemów komunikacyjnych i na końcu, jeśli pozostaje jeszcze czas w ramach danej szczeliny czasowej, wykonywane są pomiary odległości do sąsiednich MIO, z którymi wcześniejsze pomiary wymagały powtórzeń lub nie udały się.

Z punktu widzenia dokładności ustalania pozycji nadzorowanych osób (modułów identyfikacji osobistej MIO) istotna jest znajomość dokładnej pozycji węzłów odniesienia PWR. Biorąc pod uwagę przewidywaną przykładową instalację węzłów referencyjnych na pojazdach, a więc w miejscach, w których możliwe jest korzystanie z satelitarnych systemów pozycjonowania, w sieci prototypowej zdecydowano się na użycie do pomiaru wzorcowej pozycji PWRów odbiorników systemu GPS. W zależności od wymagań użyte mogą być proste odbiorniki GPS typu OEM oferujące dokładność rzędu kilku metrów, odbiorniki DGPS o dokładności kilkudziesięciocentymetrowej,

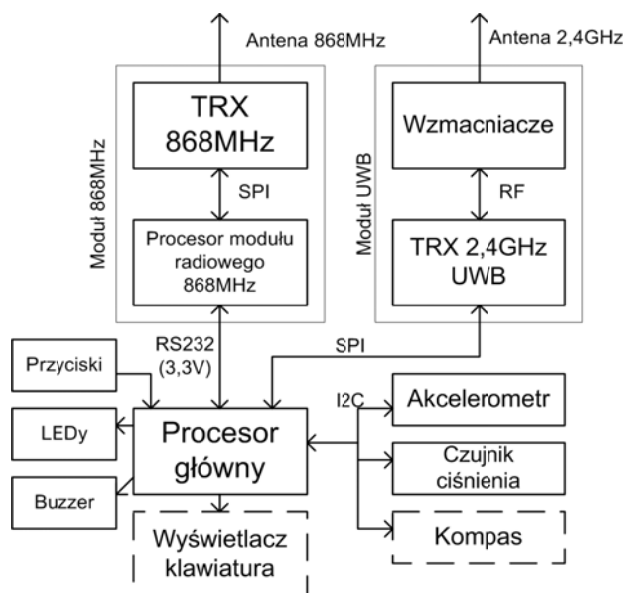
a nawet odbiorniki geodezyjne o dokładności rzędu pojedynczych centymetrów. Prócz tego każdy węzeł PWR ma możliwość wpisania ręcznie z klawiatury lokalnej lub zdalnie z GSN stałych współrzędnych w układach globalnych (WGS84, 1992 itp.) oraz lokalnych (odniesionych wyłącznie do danego terenu/budynku). Funkcja ta może być przydatna przy implementacji systemu SALOn w wersji stacjonarnej, na przykład do nadzorowania pozycji robotników na placu budowy lub terenie fabryki.

Podstawowym scenariuszem pracy sieci SALOn ma być monitorowanie pozycji osób w budynku na podstawie pomiarów odległości do węzłów referencyjnych zainstalowanych w pojazdach rozstawionych wokół nadzorowanego terenu. Taka konfiguracja stacji referencyjnych jest bardzo niekorzystna, jeśli budynek jest wielokondygnacyjny. Rozmieszczenie węzłów odniesienia na porównywalnej wysokości (a tak będzie przy ich instalacji w/na pojazdach) niemal uniemożliwia określanie trzeciego wymiaru — wysokości — wyłącznie na podstawie wyników pomiarów odległości metodami radiowymi. Problem ten został rozwiązany poprzez zamontowanie we wszystkich elementach sieci SALOn precyzyjnych czujników ciśnienia atmosferycznego. Czujniki te w węzłach referencyjnych służą do określania wartości ciśnienia na znanej wysokości zainstalowania PWRów, a ciśnienie powietrza zmierzone przez czujniki w MIO pozwala na oszacowanie wysokości. Uzyskiwany błąd średniokwadratowy pomiaru wysokości tą metodą jest rzędu 0,5 m, przy czym dokładność ta jest całkowicie wystarczająca do oszacowania kondygnacji, na której znajduje się monitorowana osoba.

Oprócz wspomnianych wyżej elementów, jak modem 868 MHz do transmisji danych i zarządzania siecią, modem 2,4 GHz do pomiarów odległości oraz ciśnieniomierz do wspomaganie określania wysokości, w modułach identyfikacji osobistej MIO zamontowane są następujące podzespoły (rys. 2.):

- trójosiowy akcelerometr do automatycznego wykrywania upadku (z rozróżnieniem na upadki z dużej i małej wysokości) i bezruchu;
- kompas elektroniczny (miernik stałych pól magnetycznych) do wspomaganie filtracji obliczanych pozycji węzłów (aktualnie niewykorzystywany);
- uproszczony interfejs użytkownika w każdym MIO: dwa przyciski do wyzwalania alarmów, diody LED do sygnalizacji odległości od MIO wzywających pomocy i sygnalizator akustyczny;
- rozszerzony interfejs użytkownika w niektórych MIO: graficzny wyświetlacz LCD (monochromatyczny) do przekazywania dokładniejszych informacji o alarmach oraz dodatkowe przyciski.



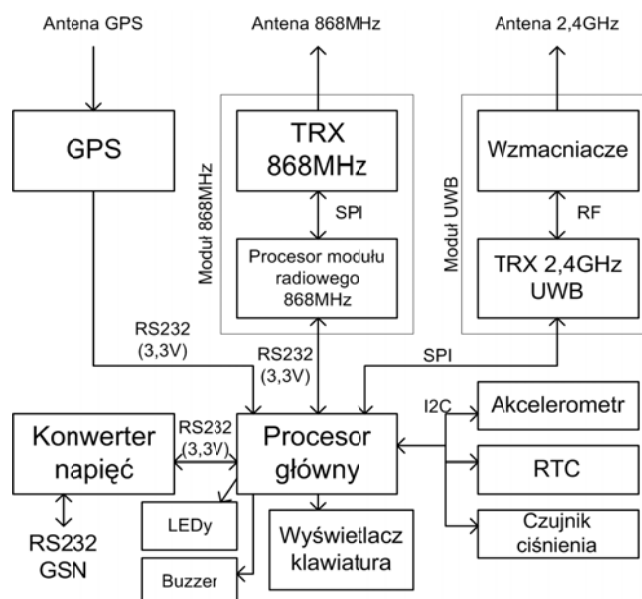


Rys. 2. Budowa modułu identyfikacji osobistej (MIO)

Źródło: opracowanie własne.

Pośredniczące węzły radiokomunikacyjne PWR są wyposażone w następujące podzespoły (rys. 3.):

- akcelerometr do wykrywania ruchu PWR: pomiary odległości wykonywane do poruszającego się PWRa powinny być uznawane za mało wiarygodne, zwłaszcza jeśli współrzędne PWR są wpisywane ręcznie (nie zaś aktualizowane automatycznie przy jego przemieszczaniu);
- odbiornik GPS do ustalania pozycji PWR poza budynkami;
- zegar czasu rzeczywistego z podtrzymaniem baterijnym do rejestracji momentu czasu wykonywanych pomiarów (znacznik czasu z odbiornika GPS lub zegara czasu rzeczywistego jest umieszczany w depeszy nawigacyjnej synchronizującej wszystkie MIO w sieci);
- interfejs szeregowy RS232 do podłączenia GSN (serwer może być podłączony do dowolnego z PWRów w sieci SALOn, wszystkie PWRy mają zaimplementowaną taką samą funkcjonalność);
- klawiaturę i wyświetlacz LCD do kontroli stanu pracy PWR oraz ewentualnego ręcznego wpisywania współrzędnych;
- sygnalizator dźwiękowy i diody LED do wskazywania stanu pracy PWR i informacji alarmowych.



Rys. 3. Budowa pośredniczącego węzła radiokomunikacyjnego (PWR)

Źródło: opracowanie własne.

Główną stacją nadzoru (GSN), czyli serwer systemu, zbudowano na bazie komputera przemysłowego. Małe obciążenie serwera podczas rejestracji danych powoduje, że wystarczający jest każdy komputer PC z procesorem taktowanym częstotliwością 1 GHz, 512 MB RAM i dyskiem lub kartą pamięci minimum 2 GB. Serwer pracuje pod kontrolą systemu operacyjnego Linux w dowolnej dystrybucji. Oprogramowanie sterujące pracą sieci SALOn i rejestracją danych zostało napisane w języku C++ i pracuje w konsoli tekstowej (nie wymaga żadnego interfejsu graficznego). Najważniejsze komunikaty oprogramowania serwera są wyświetlane na wyświetlaczu LCD podłączonego do niego PWRa, a sam serwer nie musi mieć klawiatury ani monitora — może pracować całkowicie automatycznie i bez nadzoru. Dane z sieci SALOn są przechowywane w lokalnej bazie danych MySQL i udostępniane dopiero po podłączeniu zewnętrznego komputera (np. typu tablet) z oprogramowaniem do wizualizacji pozycji użytkowników. Ponieważ danymi wejściowymi, uzyskiwanymi z sieci radiowej, są wyniki pomiarów odległości pomiędzy węzłami, a danymi wyjściowymi dla użytkownika mają być pozycje węzłów w określonym układzie współrzędnych, serwer zajmuje się przeliczaniem odległości na pozycje. Znanych jest kilka różnych metod określania pozycji w systemach radiolokalizacyjnych [1, 3], które dają w ogólności różne wyniki. Aby nie utracić żadnych danych wejściowych, zdecydowano, że w bazie danych są zapisywane wyniki pomiarów

odległości bez korekt czy przeliczeń. Wszelkie przeliczenia wykonywane są na bieżąco podczas udostępniania danych do wizualizacji. Takie podejście komplikuje trochę oprogramowanie serwera, ale umożliwia późniejsze badania nad możliwością poprawy dokładności uzyskiwanych pozycji węzłów przez modyfikację algorytmów przeliczania odległości na pozycje czy sposobu filtracji pozycji, gdyż nawet archiwalne, wcześniej zarejestrowane dane mogą być przy wizualizacji przeliczane dowolnymi algorytmami.

Prototyp systemu automatycznej lokalizacji osób zbudowany w Politechnice Gdańskiej uzyskuje pełną zdolność operacyjną w czasie 15 sekund od włączenia, przy czym jest to ograniczone wyłącznie czasem ładowania systemu operacyjnego w komputerze serwera GSN. Urządzenia MIO i PWR są w stanie pracować prawidłowo po upływie trzech sekund od włączenia zasilania. Podczas testów laboratoryjnych i terenowych uzyskano czasy aktualizacji informacji o pozycjach poszczególnych węzłów od 0,5 do 2 sekund, przy czym czasy te są zależne od liczby jednocześnie nadzorowanych obiektów oraz aktualnej prędkości pracy łącza radiowego w paśmie 868 MHz. Istniejące oprogramowanie może obsłużyć jednocześnie do 64 modułów osobistych. Zwiększenie liczby nadzorowanych osób wymaga dostosowania sposobu adresowania węzłów sieci do oczekiwań inwestora. Wersja wdrożeniowa systemu może także zawierać dodatkowe funkcje:

- uzupełnienie radiowych pomiarów odległości o wyniki obliczeń przemieszczenia węzłów na podstawie danych z czujników inercyjnych celem zmniejszenia rozrzutu uzyskiwanych pozycji;
- zwiększenie wygody obsługi serwera systemu przez dodanie bezprzewodowego połączenia między GSN a komputerem do wizualizacji pozycji nadzorowanych osób;
- dostosowanie typów informacji alarmowych obsługiwanych przez system do wymagań użytkownika;
- uwierzytelnianie węzłów i szyfrowanie transmisji w każdym łączy radiowym i przewodowym sieci w zależności od wymagań.

Oprócz podstawowego zastosowania do monitorowania pozycji osób w nieznanym budynku możliwe jest użycie sieci SALOn w warunkach placu budowy, fabryki itp. Węzły referencyjne byłyby w takim przypadku instalowane na stałe, na przykład na ścianach wewnątrz nadzorowanego budynku czy na słupach oświetleniowych na terenie budowy. Funkcjonalność sieci może być wtedy rozszerzona o rejestrowanie czasu wejścia/wyjścia pracowników ze zdefiniowanego obszaru czy też o alarmowanie przy wejściu nieupoważnionej osoby do określonego obszaru o podwyższonym ryzyku (np. rozdzielnia elektryczna, skład materiałów wybuchowych).

PODSUMOWANIE

System SALOn jest budowany w ramach realizacji projektu rozwojowego finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Aktualnie wykonany jest w pełni funkcjonalny demonstrator technologiczny składający się z jedenastu urządzeń MIO, sześciu urządzeń PWR i serwera GSN z tabletem do wizualizacji pozycji funkcjonariuszy. Wykonane zostały także wstępne testy przydatności systemu i opracowane modyfikacje do znanych algorytmów obliczania pozycji węzłów sieci, pozwalające na zwiększenie dokładności w przewidywanym zastosowaniu do wewnątrzbudynkowej lokalizacji osób. Przeprowadzone badania wykazały słuszność założeń poczynionych na etapie projektowania systemu oraz możliwość wykorzystania systemu SALOn do określania pozycji osób wewnątrz budynków, dając jednocześnie pogląd na możliwą do uzyskania dokładność pozycjonowania, szybkość działania systemu w warunkach rzeczywistych, zasięg komunikacji wewnątrzbudynkowej czy wrażliwość na celowe i przypadkowe zakłócenia, zwłaszcza w dość intensywnie eksploatowanym paśmie ISM 2,4 GHz.

Podziękowania

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2010–2012 jako projekt rozwojowy nr O R00 0150 11. Autorzy pragną podziękować Ministerstwu Nauki i Szkolnictwa Wyższego za środki przydzielone na realizację tego projektu.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Chan Y. T., Ho K. C., *A Simple and Efficient Estimator for Hyperbolic Location*, 'IEEE Transactions on Signal Processing', 1994, Vol. 42, No 8, pp. 1905–1915.
- [2] Diggelen F., *A-GPS: Assisted GPS GNSS and SBAS*, Artech House, 2009.
- [3] Foy W. H., *Position-Location Solutions by Taylor-Series Estimation*, 'IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems', 1976, Vol. AES-12, issue 2, pp. 187–194.
- [4] Jardak N., Samama N., *Indoor Positioning Based on GPS-Repeaters: Performance Enhancement Using an Open Code Loop Architecture*, 'IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems', 2009, Vol. 45, issue 1, pp. 347–359.



- [5] Katulski R., Ambroziak S., Miszewska B., Sadowski J., Stefański J., *Globalny bezprzewodowy system monitoringu ładunków kontenerowych*, „Przegląd Telekomunikacyjny i Wiadomości Telekomunikacyjne”, 2009, nr 6, s. 233–235.
- [6] Katulski R., Stefański J., Sadowski J., *Sposób lokalizacji osób i/lub przedmiotów wewnątrz budowli, zwłaszcza funkcjonariuszy i/lub sprzętu specjalistycznego w czasie akcji specjalnych*, zgłoszenie patentowe nr P391363, 2010.
- [7] *Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 03.07.2007 r. w sprawie urządzeń radiowych nadawczych lub nadawczo-odbiorczych, które mogą być używane bez pozwolenia radiowego*, DzU 2007, nr 138, poz. 972 z późniejszymi zmianami.

SYSTEM FOR AUTOMATIC LOCATION OF PERSONS FOR SPECIAL APPLICATIONS

ABSTRACT

This article presents a concept and structure of indoor positioning system technology demonstrator. Stationary and mobile nodes used for determining position of persons in buildings are described with details about their main components and functioning of whole system. The possibilities of further developments are also briefly referred to.

Keywords:

radiolocating, indor-localization, ultra-broadband technology.