

## **Sieć identyfikatorów RFID oraz sposób synchronizacji danych pomiędzy identyfikatorami sieci identyfikatorów RFID**

Przedmiotem wynalazku jest sieć identyfikatorów RFID oraz sposób synchronizacji danych pomiędzy identyfikatorami RFID sieci identyfikatorów RFID, mające zastosowanie zwłaszcza do nawigacji i mapowania określonej powierzchni lub przestrzeni, a w szczególności powierzchni magazynowych, tunelów, czy też hal produkcyjnych.

Identyfikacja różnych obiektów odgrywa ważną rolę w dzisiejszym świecie. Może występować w wielu dziedzinach życia, takich jak codzienne zakupy, prowadzenie dokumentacji magazynowej czy zaawansowane procesy identyfikacji w przemyśle. Systemy identyfikacji mogą być kontaktowe lub bezstykowe. Pierwsza grupa obejmuje karty magnetyczne i chipowe. Technologie kodów kreskowych i RFID (Radio Frequency IDentification) są przykładami rozwiązań bezstykowych.

Systemy RFID są coraz częściej wykorzystywane w zautomatyzowanych procesach, w różnych obszarach. Prowadzone badania skupiają się m.in. na urządzeniach Internetu rzeczy i łańcuchach dostaw szybkorotujących towarów konsumpcyjnych (FMCG Fast-Moving Consumer Goods). Niezawodna i bezpieczna nawigacja poruszających się robotów autonomicznych to także istotny obszar badawczy. Nowoczesne zastosowania obejmują wykorzystanie robotów w miejscach, gdzie sygnał GPS jest niedostępny. Proponowane rozwiązanie może mieć zastosowanie w systemach, gdzie roboty mobilne poruszają się w zamkniętych obszarach takich jak hale produkcyjne, magazyny, budynki, kopalnie, czy też tunele.

Bezstykowy system RFID obejmuje czytnik/programator RFID – ang. Read Write Device – z anteną oraz jeden lub wiele obiektów wyposażonych w identyfikatory RFID. Identyfikator przechowuje informacje dotyczące obiektu. Informacje te można odczytać z identyfikatora RFID, jednak czytnik/programator RFID może również zapisywać lub aktualizować dane. Tak więc czytnik/programator RFID wykonuje podwójną funkcję w systemie – nadajnik/odbiornik – umożliwiając transmisję danych w dwóch kierunkach.

Proces komunikacji radiowej w systemie RFID może być prowadzony tylko w obszarze poprawnej pracy – z ang. Interrogation Zone (IZ). Jeśli zakłada się, że znajduje się w nim tylko jeden obiekt oznaczony elektronicznie, to taki układ nazywa się pojedynczym systemem identyfikacji. W przypadku gdy wiele identyfikatorów znajduje się w obszarze poprawnej pracy, proces komunikacji odbywa się jednocześnie z wieloma identyfikatorami. W tym przypadku stosuje się system antykolizyjny obejmujący wielodostępowe algorytmy do kanału radiowego, które umożliwiają równoczesne rozróżnianie obiektów.

Najbardziej powszechny typ identyfikatora RFID, zwany pasywnym, zawiera tylko chip z układem antenowym. Identyfikatory półpasywne mają zazwyczaj wbudowane dodatkowe źródło zasilania chipu w postaci układu pozyskiwania energii z otoczenia – ang. energy harvesting. Służy ono do powiększania IZ, co jest bardzo pożądaną funkcją dla większości aplikacji. Ponadto, w niektórych nowych układach dodatkowa energia jest wykorzystywana do zasilania specjalnych bloków funkcji autonomicznych, takich jak mierzenie wielkości fizycznych – przykładowo wilgotności, temperatury, natężenia światła, ciśnienia, przyspieszenia, gazu – przechowywanie zebranych danych w pamięci oraz zarządzanie aktywnością i dystrybucją mocy. Te autonomiczne funkcje nie wymagają udziału czytnika/programatora RFID, natomiast jest on konieczny do odczytu takich danych z identyfikatora. W ostatnim czasie opracowano także bezukładowe identyfikatory – ang. chipless RFID - o stałej, niezmięniającej informacji.

Transmisja informacji z identyfikatora RFID do czytnika/programatora

RFID jest zawsze realizowana jako modulacja fali transmitowanej przez antenę tego czytnika/programatora RFID odbitą od identyfikatora. Z uwagi na fakt, że systemy RFID generują i emitują fale elektromagnetyczne, należą one do grupy urządzeń radiowych, które muszą spełniać specjalnie sklasyfikowane zakresy częstotliwości. Typowy zakres stosowany w systemach RFID w paśmie LF obejmuje zakres częstotliwości od 100 do 135 kHz. Ich cechą charakterystyczną jest niewielki wpływ metali i cieczy na transmisję danych, jednak są one podatne na zakłócenia emitowane przez urządzenia elektryczne. Systemy HF działają na częstotliwości 13,56 MHz. W porównaniu do pasma LF systemy HF są bardziej podatne na wpływ metalu, ale mają większą odporność na zakłócenia elektromagnetyczne. Nowoczesne systemy RFID wykorzystują również protokoły antykolizyjne, które umożliwiają identyfikację wielu identyfikatorów znajdujących się w obszarze poprawnej pracy.

Systemy RFID są coraz częściej rozważane jako metoda nawigacji i mapowania – kartowania – określonej powierzchni lub przestrzeni. W dziedzinie nawigacji technika RFID jest zazwyczaj rozwiązaniem alternatywnym do systemów opartych o lokalizację obiektów na podstawie sygnałów z systemu satelitarnego GPS (Global Positioning System) w warunkach, w których sygnał GPS jest nieosiągalny, na przykład wewnątrz pomieszczeń, w magazynach, fabrykach, tunelach itp. Współczesne eksperymentalne systemy nawigacji RFID zakładają wyposażanie robotów mobilnych w czytniki umożliwiające odczyt informacji z identyfikatorów umieszczonych w przestrzeni, w której robot nawiguje. Zastosowanie to może obejmować roboty mobilne zaprojektowane do poruszania się wewnątrz magazynów, tunelów i hal produkcyjnych. Najważniejszymi zadaniami tego rodzaju robotów jest zdobycie wiedzy na temat konfiguracji wnętrza, w których porusza się robot oraz poruszanie się zgodnie z ustaloną trajektorią – nawigowanie. Jednym ze znanych sposobów mapowania wnętrza jest wykorzystanie identyfikatorów RFID wbudowanych w ściany, podłogi, drzwi i meble. Identyfikatory w tak przygotowanych powierzchniach są zazwyczaj rozmieszczone w formie siatek. Robot wyposażony w czytnik RFID

może mapować obszar za pomocą informacji i współrzędnych zapisanych w identyfikatorach rozlokowanych w siatce. Siatki te zorganizowane są zazwyczaj w formie tworzącej dwa podstawowe wzory, tj. siatka trójkątna – pokazana na pos. I i II oraz siatka kwadratowa – pokazana na pos. III i IV.

W obu typach siatek identyfikatory znajdujące się w ich węzłach wyposażone są w pojedynczą antenę, która umożliwia ich zasilenie i odpowiadanie na zapytania czytnika zamontowanego w robocie. Identyfikatory te mają zazwyczaj dwa obszary pamięci: pamięć do odczytu i pamięć zapisywalną. Pomiędzy obszarami odczytu *I* w siatkach występują strefy braku odczytu *II*. System autonomicznej lokalizacji i bezkolizyjnego sterowania ruchem obiektów mobilnych z wykorzystaniem radiowej lokalizacji obiektów jest znany z m. in. polskiego opisu patentowego PL 220427 B1. Siatka identyfikatorów RFID jest w tym systemie rozmieszczona w podłożu, po którym porusza się obiekt mobilny. W podłożu umieszczone są identyfikatory dolne, a obiekty mobilne zawierają identyfikatory górne. Obiekty mobilne mają anteny dolne do odczytu danych z identyfikatorów dolnych oraz anteny górne do odczytywania danych z identyfikatorów obiektów statycznych i innych obiektów mobilnych znajdujących się w zasięgu działania systemu. W tego typu systemach w pamięci tylko do odczytu identyfikatora RFID zapisany jest numer seryjny identyfikatora. Informacje o współrzędnych w jakich identyfikator się znajduje oraz typie obiektu na jakim jest umieszczony przechowywane są w pamięci systemu nawigacji – nie identyfikatora. Pamięć zapisywalna służy natomiast między innymi do zapisu informacji o obiektach, które w sposób dynamiczny pojawiają się w otoczeniu lub zmieniają swoje położenie. Takie elementy przemieszczalne także mogą być wyposażone we własne identyfikatory RFID. Różnica pomiędzy identyfikatorami wbudowanymi w podłogę i ściany pomieszczenia, a tymi, które umieszczone są w ruchomym wyposażeniu polega na tym, że te drugie nie mają przypisanych współrzędnych. Współrzędne powinny zostać im przypisane po ustawieniu ich w pomieszczeniu.

Na przeszkodzie w automatycznym przypisaniu współrzędnych za pomocą

robotów mapujących stoją obecnie stosowane kwadratowe oraz trójkątne siatki identyfikatorów, które mają dwie zasadnicze wady. Pierwszą z nich jest fakt, że w obu typach siatek mogą pojawić się strefy braku odczytu // zawartości pamięci identyfikatora – pokazane na pos. II i IV – zależne nie tylko od parametrów identyfikatorów zamontowanych w siatce, ale także od parametrów anten czytników RFID zamontowanych w robotach korzystających z siatki. W przypadku, gdy robot znajdzie się w takiej strefie, traci zupełnie dostęp do informacji w pamięci poszczególnych identyfikatorów, co skutkuje koniecznością uwzględnienia takiej sytuacji w działaniu robota i spowolnieniem aktualizacji informacji. Drugą wadą obecnych rozwiązań – pokazaną na pos. V i VI – jest fakt, że mimo iż identyfikatory siatki posiadają pamięć zapisywalną, w której mogą być przechowywane informacje nie tylko o aktualnych współrzędnych przemieszczalnych elementów wyposażenia, ale także np. o sąsiadujących obiektach, to stosowane obecnie siatki nie posiadają sprawnego mechanizmu propagacji informacji i synchronizacji danych między poszczególnymi identyfikatorami opartego na możliwościach współczesnych protokołów komunikacji.

W znanych rozwiązaniach to robot jest odpowiedzialny za magazynowanie i dystrybuowanie informacji między identyfikatorami, a ponadto występują w nich znaczne strefy braku sygnału. W zależności od zasięgu anten robota, może zaistnieć konieczność częstszych ruchów robota, co dodatkowo wydłuża aktualizację danych w identyfikatorach. Rozwiązania te więc pozbawione są mechanizmu szybkiej synchronizacji zawartości pamięci identyfikatorów w siatce. Taka synchronizacja jest istotna dla robota pracującego w pomieszczeniu, ponieważ umożliwia szybkie pozyskanie informacji o obiektach z jakimi ma do czynienia, a także gdzie są one położone.

Sieć identyfikatorów RFID zawierająca równomiernie rozłożone identyfikatory RFID, z których każdy ma pamięć tylko do odczytu oraz pamięć zapisywalną, według wynalazku charakteryzuje się tym, że każdy z jej

identyfikatorów RFID ma co najmniej dwie anteny, a każda z tych anten jest połączona w zespół antenowy zawierający co najmniej dwie anteny, z których każda jest podłączona do innego identyfikatora RFID, a każda z anten zespołu antenowego jest w zasięgu każdej z pozostałych anten tego zespołu antenowego.

Korzystnie każdy identyfikator RFID sieci ma podłączone cztery anteny, a każdy zespół antenowy również zawiera cztery anteny, z których każda jest podłączona do innego identyfikatora RFID.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeśli anteny w ramach danego zespołu antenowego są rozmieszczone w równych odległościach kątowych względem siebie, a ponadto rozmieszczone są wokół wspólnej osi, w równej od niej odległości.

Kolejne korzyści uzyskuje się, jeśli identyfikatory RFID sieci obejmują pasywne identyfikatory RFID.

Następne korzyści uzyskiwane są, jeśli identyfikatory RFID sieci obejmują półpasywne identyfikatory RFID.

Dalsze korzyści uzyskiwane są, jeżeli półpasywne identyfikatory RFID sieci zawierają co najmniej jeden czujnik wielkości fizycznych.

Kolejne korzyści uzyskuje się, jeśli półpasywne identyfikatory RFID zawierają czujnik temperatury i tensometr.

Sposób synchronizacji danych pomiędzy identyfikatorami RFID sieci identyfikatorów RFID, według wynalazku charakteryzuje się tym, że po obszarze, na którym rozmieszczona jest sieć identyfikatorów RFID zmienia się położenie robota i umieszcza się jego czytnik/programator RFID w zasięgu anten danego zespołu antenowego, następnie odczytuje się dane z identyfikatorów RFID, których anteny należą do tego zespołu antenowego, po czym kolejno interpretuje się te dane, porównuje się je ze sobą, a następnie za pomocą czytnika/programatora RFID mobilnego robota synchronizuje się pamięć identyfikatorów RFID, których anteny należą do zespołu antenowego w zasięgu anten, którego jest czytnik/programator RFID robota.

Dzięki zastosowanemu rozwiązaniu nawet w przypadku wykorzystania robota wyposażonego w jeden czytnik/programator RFID, w zasięgu jego anteny znajduje się więcej niż jeden identyfikator RFID dzięki czemu odczytywanie danych z identyfikatorów RFID sieci jest znacznie bardziej efektywne niż w przypadku zastosowania sieci znanych ze stanu techniki. Zastosowanie półpasywnych identyfikatorów RFID wyposażonych w czujniki pozwala na uzyskanie przez mobilne roboty informacji o temperaturze lub wilgotności w danym pomieszczeniu. Zastosowanie identyfikatorów półpasywnych daje również możliwość zbudowania „inteligentnych” pomieszczeń, dla których za pomocą dokonywanych pomiarów będzie budowana baza wiedzy o nich samych – historia temperatury, wilgotności, czystości powietrza. W przeciwieństwie do wcześniejszych rozwiązań, w przedmiotowym wynalazku aktualizacja właściwości powierzchni następuje samoczynnie, bez konieczności programowania identyfikatorów. Obszar poprawnej pracy w niniejszym rozwiązaniu jest w znacznie mniejszym stopniu uzależniony od zasięgu czytnika/programatora RFID, ponieważ obejmuje on identyfikatory RFID, których anteny należą od danego zespołu antenowego, w zasięgu anten którego jest ten czytnik/programator RFID.

Sieć identyfikatorów RFID oraz sposób synchronizacji danych pomiędzy identyfikatorami RFID, w przykładzie wykonania jest bliżej wyjaśniony na rysunku, na którym fig. 1 przedstawia poglądowo sieć identyfikatorów w widoku z góry, fig. 2 – identyfikator RFID zastosowany w sieci, fig. 3 – szczegół A z fig. 1, fig. 4 – poglądowo odczyt informacji z identyfikatorów RFID przez mobilnego robota, fig. 5 – schemat blokowy sposobu synchronizacji danych.

Siatka identyfikatorów RFID według wynalazku w przykładzie wykonania zawiera zespół równomiernie rozłożonych identyfikatorów RFID i obejmujących pasywne identyfikatory RFID i oraz półpasywne identyfikatory RFID i. Wszystkie identyfikatory RFID i siatki mają pamięć tylko do odczytu oraz

pamięć zapisywalną. W pamięci identyfikatorów zapisane są informacje o współrzędnych, orientacji i typie powierzchni, na której są zamontowane, a identyfikatory pozwalają na modyfikację tych danych. Półpasywne identyfikatory RFID 1 zawierają czujnik temperatury oraz tensometr dzięki czemu mają zapisane w swojej pamięci zapisywalnej informacje o temperaturze oraz wilgotności panującej w danym pomieszczeniu. Każdy z identyfikatorów RFID 1 ma zestaw antenowy obejmujący cztery anteny 2 podłączone do jego chipa 3. Każda z anten 2 zestawu antenowego wchodzi w skład jednego zespołu antenowego 4 zawierającego cztery anteny 2, z których każda jest z zestawu antenowego innego identyfikatora RFID 1. Anteny 2 wchodzące w skład zespołu antenowego 4 są rozmieszczone w równych odległościach kątowych względem siebie, a ponadto rozmieszczone są wokół wspólnej osi, w równej od niej odległości. Każda z anten 2 zespołu antenowego 4 jest w zasięgu każdej z pozostałych anten 2 tego zespołu antenowego 4. Chipy 3 identyfikatorów RFID 1 rozmieszczone są równomiernie w równych odległościach  $a$ . Obszar poprawnej pracy IZ w obszarze objętym zasięgiem anten 2 danego zespołu antenowego 4 obejmuje cztery identyfikatory RFID 1, do których podłączone są te anteny 2, tym samym jest znacznie rozszerzony w stosunku do rozwiązań znanych ze stanu techniki.

Sposób synchronizacji danych pomiędzy identyfikatorami RFID sieci identyfikatorów RFID opisanej wyżej w przykładzie wykonania jest realizowany przy użyciu mobilnego robota 5 mapującego, wyposażonego w czytnik/programator RFID 6. Sieć identyfikatorów RFID 1 jest w postaci folii z naklejonymi równomiernie rozmieszczonymi identyfikatorami RFID 1, rozmieszczonymi pod wierzchnią warstwą podłogi, a także w postaci siatki z naklejonymi identyfikatorami RFID 1 rozmieszczonej pod powierzchnią tynku, oraz folii z naklejonymi identyfikatorami RFID 1 rozłożonej pod okleiną mebli. Zmienia się położenie mobilnego robota 5 i umieszcza się jego czytnik/programator RFID 6 w zasięgu czterech anten 2 zespołu antenowego 4, z których każda jest podłączona do innego identyfikatora RFID 1. Następnie odczytuje się dane z czterech identyfikatorów RFID 1, których anteny 2 należą do

zespołu antenowego 4, interpretuje się te dane, po czym synchronizuje się pamięć identyfikatorów RFID 1, których anteny 2 należą do zespołu antenowego 4 w zasięgu anten 2, którego jest ten mobilny robot 5. Synchronizacja zawartości pamięci identyfikatorów RFID 1 prowadzona jest jednocześnie dla czterech identyfikatorów RFID 1 sieci. W identyfikatorach RFID 1 zapisane są dane dla mobilnych robotów 5, takie jak lokalizacja oraz orientacja danego identyfikatora RFID 1, typ powierzchni, na której został zamontowany, cechy elementów wyposażenia, takich jak numery regałów, wysokość regału, rozmiar dostępnej przestrzeni. Zapisane w pamięci identyfikatorów RFID 1 dane pozwalają na nawigację mobilnych robotów 5 w pomieszczeniach, w których jest zamocowana sieć identyfikatorów RFID 1. Obszar poprawnej pracy IZ zostaje rozszerzony o zasięg wirtualny anten 2, ponieważ mobilny robot 5 wyposażony w jeden czytnik/programator RFID 6 ma w zasięgu tego czytnika/programatora RFID 6 cztery identyfikatory RFID 1.

000001749  
POLITECHNIKA RZESZOWSKA  
im. Ignacego Łukasiewicza  
35-959 Rzeszów, Al. Powstańców Warszawy 12  
tel. 17 865-11-00  
NIP 8130266999

RZECZNIK PATENTOWY  
*Piotr Okarmus*  
Piotr Okarmus