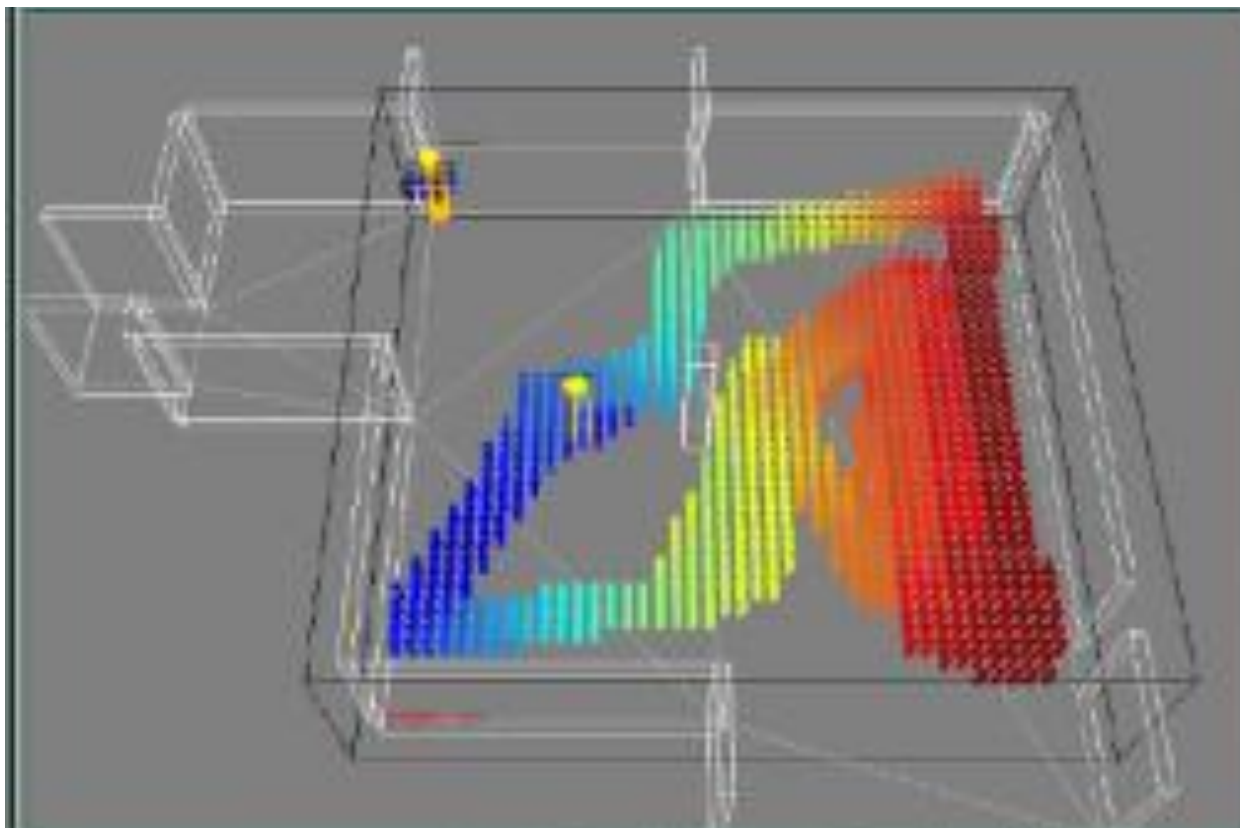


## Systemy lokalizacji w bezpieczeństwie maszyn



Materiały informacyjne CIOP-PIB „Systemy lokalizacji w bezpieczeństwie maszyn”  
Opracowano na podstawie wyników III etapu programu wieloletniego pn. „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy” w latach 2014-2016 dofinansowywanego w zakresie badań naukowych i prac rozwojowych ze środków Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.

Projekt III.P.13 Zasady wykorzystania technik monitorowania miejsc pobytu pracownika z wykorzystaniem technologii ultraszerokopasmowej łączności (UWB) do zapewnienia bezpieczeństwa przy obsłudze maszyn

Autor: dr inż. Marek Dźwiarek – Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy, Zakład Techniki Bezpieczeństwa. Kontakt: tel.: 22 623 46 35; e-mail: madzw@ciop.pl

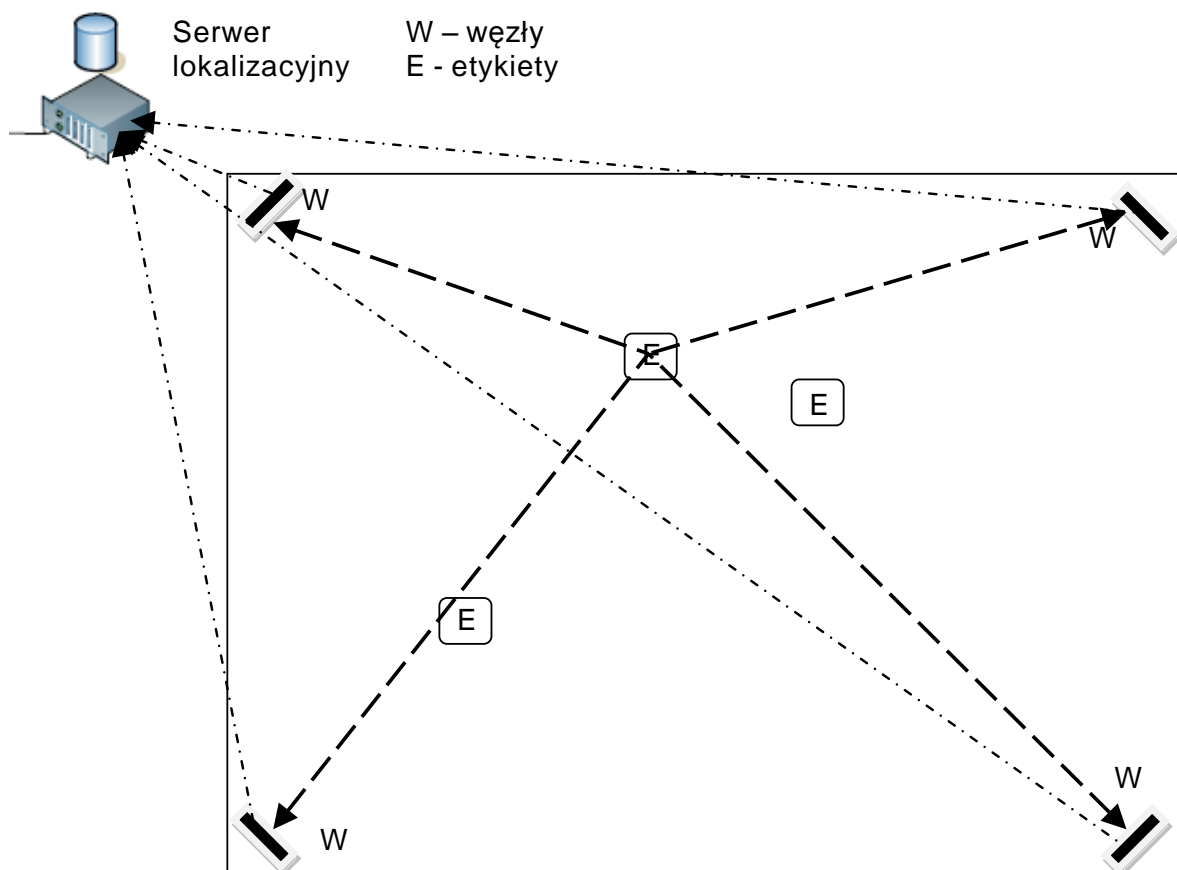
## Co to są systemy lokalizacji?

Techniki lokalizacji obiektów w czasie rzeczywistym (Real-Time Locating Systems - RTLS) należą do najszybciej rozwijających się obecnie technik informatycznych. Systemy takie pozwalają na ciągłe monitorowanie miejsca przebywania obiektów w monitorowanym obszarze.

W systemach RTLS wykorzystywane są bardzo różne technologie lokalizacji. Przykładami są:

- aktywna identyfikacja za pomocą fal radiowych (Active RFID),
- promieniowanie podczerwone (Infrared IR),
- lokalizacja optyczna,
- identyfikacja niskoczęstotliwościowa,
- bierne systemy o częstotliwości radiowej z lokalizacją poprzez tabele anten fazowych RFID RTLS,
- identyfikacja ultradźwiękowa (Ultrasound Identification US-ID),
- ultradźwiękowa lokalizacja (Ultrasonic ranging US-RTLS).

Wśród tych technik szczególnie gwałtownie rozwija się technika wykorzystywania do lokalizacji ultra-szerokopasmowych sygnałów radiowych (Ultra-Wide Band - UWB). W



Rys. 1. System lokalizacji UWB w technice TDOA

systemach tych wykrywanie etykiet polega na wysyłaniu krótkotrwałych impulsów w ich kierunku i pomiarze czasu opóźnienia sygnału zwrotnego. Czas trwania pojedynczego impulsu jest rzędu kilkudziesięciu pikosekund, dlatego widmo emisji jest bardzo szerokie. Etykieta lokalizowana jest z użyciem techniki TDOA (ang. Time Difference of Arrival), czyli na podstawie różnic czasów przybycia sygnału z etykiety do poszczególnych węzłów oraz współrzędnych określających położenie węzłów. Zastosowanie wielu węzłów umożliwia określenie położenia w trzech wymiarach. Dzięki małej widmowej gęstości mocy sygnałów, transmisja UWB nie stanowi zagrożenia dla zdrowia.

### Przykłady zastosowań systemów lokalizacji

Zakres zastosowań systemów lokalizacji jest bardzo szeroki. Obejmuje on między innymi:

- lokalizację i badanie przemieszczania się pracowników w zakładach pracy, personelu i klientów w centrach handlowych,
- lokalizację sprzętu, badanie zakresu jego wykorzystania,
- kontrolę przemieszczania towarów, w tym towarów niebezpiecznych,
- analizę przepływu towarów i klientów,
- lokalizację funkcjonariuszy służb podczas akcji ratunkowych,
- ochronę (systemy alarmowe).

Przykładem zastosowania systemu lokalizacji przy obsłudze maszyn jest monitorowanie pracy linii montażowej. W skład linii o długości kilkuset metrów może wchodzić ponad 100 stanowisk montażowych. Na każdym stanowisku dokonuje się montażu elementów podzespołów z użyciem narzędzi mechanicznych, np. kluczy pneumatycznych. Każde narzędzie zostało wyposażone w etykietę UWB. Także każdy montowany podzespół wyposażony jest w etykietę. Cała linia jest monitorowana przez sieć czujników UWB. W efekcie monitorowane jest położenie ponad 1000 etykiet. Stan całości linii wizualizowany jest na ekranie komputera głównego. Celem lokalizacji etykiet umieszczonych na montowanych podzespołach jest monitorowanie stanu prac montażowych. Narzędzia są monitorowane, aby określić ich położenie względem montowanych podzespołów. W przypadku każdego narzędzia określone jest jednoznacznie, do jakich czynności może być ono zastosowane. W przypadku, gdy system lokalizacji stwierdzi, że następuje próba użycia narzędzia w miejscu, gdzie nie powinno być ono używane, informowany jest o tym system sterowania narzędziem, który uniemożliwia jego włączenie. Zapobiega to popełnianiu błędów przez człowieka w

procesie montażu poprzez użycie niewłaściwych narzędzi, a w konsekwencji kosztownym błędem montażowym.

### Możliwości wykorzystania systemów lokalizacji w bezpieczeństwie maszyn

Podstawowe zasady stosowania urządzeń ochronnych do maszyn prowadzą do następujących konkluzji:

- wypadek może się zdarzyć tylko wtedy, gdy człowiek lub część jego ciała znajdzie się w strefie zagrożenia,
- sytuacja taka jest możliwa, jeśli strefy dostępne operatorowi sąsiadują ze strefami zagrożenia,
- projektant maszyny powinien zastosować wszelkie możliwe środki zapewniające, że w maszynie nie będą występowały obszary wspólne stref zagrożenia i stref dostępnych.

Rozdzielenie stref dostępnych operatorowi od stref zagrożenia może być zrealizowane na dwa sposoby:

- usunięcie strefy dostępnej operatorowi ze strefy zagrożenia. Podstawowym środkiem ograniczania dostępu do stref zagrożenia są osłony. Są to wszelkiego typu bariery, przegrody, obudowy, ściany, siatki, drzwi itp. Osłony stanowią materialną barierę pomiędzy strefą zagrożenia, a strefą dostępną, dzięki czemu uniemożliwiają dotarcie do strefy zagrożenia;
- usunięcie strefy zagrożenia ze strefy dostępu operatora w czasie, gdy on tam przebywa. Rolę tę spełniają urządzenia ochronne wykrywające człowieka lub części jego ciała i wytwarzające odpowiedni sygnał przesyłany do układu sterowania w celu ograniczenia ryzyka doznania urazu. Urządzenia te uniemożliwiają dotarcie do strefy zagrożenia przez zatrzymanie ruchu niebezpiecznego, a więc wyeliminowanie zagrożenia, a tym samym wyeliminowanie strefy zagrożenia.

Systemy lokalizacji nie stanowią bariery ograniczającej dostęp, mogą jednak wykrywać zbliżanie się lub wtargnięcie lokalizowanej osoby do wcześniej określonej strefy zagrożenia. Mogą więc być wykorzystane do realizacji drugiego z powyższych sposobów zapobiegania wypadkom. Przeprowadzone analizy wypadków wykazały, że systemy RTLS, coraz szerzej stosowane do celów usprawnienia organizacji pracy oraz poprawy jakości, mogą być także wykorzystane do redukcji ryzyka związanego z obsługą maszyn. Wprowadzie technika

lokalizacji nie będzie skuteczna w ochronie części ciała człowieka, ale wybrane przykłady wypadków pokazują, że może być bardzo przydatna w przypadku konieczności przebywania całym ciałem operatora w strefie zagrożenia. Dotyczy to stanowisk pracy, na których:

- w trakcie wykonywania działań produkcyjnych konieczny jest dostęp do strefy zagrożenia całym ciałem operatora,
- dostęp do stref zagrożenia jest konieczny jedynie w przypadkach działań nie związanych bezpośrednio z produkcją, takich jak regulacje, naprawy, czyszczenie, sprzątanie,
- operator maszyny nie ma możliwości obserwacji wszystkich stref zagrożenia w maszynie.

Przykładami takich stanowisk pracy są stanowiska obsługi:

- zautomatyzowanych systemów wytwarzania,
- linii montażu wielkogabarytowego,
- obrabiarek wielkogabarytowych,
- długich linii transportowych,
- wózków transportowych.

Zastosowanie systemów lokalizacji do blokowania startu, kontroli dostępu i informowania i ostrzegania o obecności osób w strefach zagrożenia może przyczynić się do zmniejszenia liczby wypadków w przemyśle wytwórczym.

### Cechy i parametry jakie muszą spełniać systemy RTLS mające zastosowanie w bezpieczeństwie

Jednostki logiczne realizujące funkcje bezpieczeństwa w maszynach wymienione są w poz. 21 załącznika IV do dyrektywy 2006/42/WE, jako wymagające interwencji jednostki notyfikowanej w procesie oceny zgodności. Jest to także wskazane w rekomendacji CNB/M/11.045 opracowanej przez Vertical Group No 11 - Safety Components of European Co-ordination of Notified Bodies - Machinery Directive 2006/42/EC + Amendment. W każdym przypadku zastosowania system lokalizacji do realizacji funkcji bezpieczeństwa musimy więc uwzględnić wymagania dyrektywy 2006/42/WE. Ponieważ aktualnie nie ma normy zharmonizowanej z dyrektywą 2006/42/WE dotyczącej czujnikowych systemów bezpieczeństwa, więc przy ocenie przydatności systemu do realizacji funkcji bezpieczeństwa

należy posłużyć się normami dotyczącymi urządzeń realizujących podobne funkcje w podobnym środowisku. Normą dotyczącą zasad instalowania systemów ochronnych do maszyn jest norma PN EN ISO 13855:2010 Bezpieczeństwo maszyn - Umieszczenie wyposażenia ochronnego ze względu na prędkości zbliżania części ciała człowieka. Zgodnie z tą normą odległość bezpieczeństwa, oznaczana przez  $S$ , w przypadku urządzeń ochronnych monitorujących dostęp całym ciałem  $S$  określa się ze wzoru:

$$S = 1600 \text{ mm/s} \cdot T + C$$

gdzie  $C$  – odległość wnikania, zależna od cech i parametrów urządzenia ochronnego.

W systemach RTLS granice strefy wykrywania determinowane są przez błąd lokalizacji  $\Delta L$ . Należy to uwzględnić przy wyznaczaniu odległości bezpieczeństwa  $S$ :

$$S = 1600 \text{ mm/s} \cdot T + 1200 \text{ mm} + \Delta L$$

Parametrami funkcjonalnymi, decydującymi o możliwości zastosowania systemu lokalizacji do realizacji funkcji bezpieczeństwa w konkretnym przypadku będą więc:

- dokładność pozycjonowania  $\Delta L$  [mm] i
- czas zadziałania  $t$  [ms].

Natomiast normą określającą wymagania środowiskowe dotyczące urządzeń ochronnych jest norma PN-EN 61496-1:2014-02 Bezpieczeństwo maszyn - Elektroczułe wyposażenie ochronne - Część 1: Wymagania ogólne i badania. Zgodnie z tą normą elektroniczne systemy wykrywające obecność osób powinny być odporne na:

- zmiany temperatury,
- zaburzenia elektryczne,
- oddziaływania mechaniczne

Oznacza to, że do realizacji funkcji bezpieczeństwa w maszynach można stosować jedynie te systemy lokalizacji, które mają potwierdzoną zgodność z wymaganiami tej normy, zwłaszcza w zakresie wymagań środowiskowych.

W przypadku systemów realizujących funkcje bezpieczeństwa szczególnie istotny jest ich poziom odporności na defekty. Wymagania dotyczące systemów bezpieczeństwa do maszyn zawarte są w normach:

1. PN EN-ISO 13849-1:2008E Bezpieczeństwo maszyn - Elementy systemów sterowania związane z bezpieczeństwem - Część 1: Ogólne zasady projektowania.

2. PN-EN 62061:2008P - wersja polska Bezpieczeństwo maszyn -- Bezpieczeństwo funkcjonalne elektrycznych, elektronicznych i elektronicznych programowalnych systemów sterowania związanych z bezpieczeństwem.

Przeprowadzone w CIOP-PIB analizy wykazały, że przy obecnym stanie wiedzy systemy RTLS można zakwalifikować do kategorii B wg PN EN ISO 13849-1:2008P, co umożliwia osiągnięcie PLa lub PLb oraz SIL 1. Ponadto, ze względu na niespełnienie podstawowej zasady bezpieczeństwa, przy stosowaniu systemu RTLS koniecznym będzie podjęcie dodatkowych, organizacyjnych środków bezpieczeństwa. Środki te powinny obejmować co najmniej zapewnienie, że:

- dostęp do stref monitorowanych mogą mieć jedynie osoby wyposażone w sprawne etykiety,
- działanie systemu powinno być okresowo sprawdzane,
- w systemie powinny być wbudowane algorytmy pozwalające na wykrycie prób obejścia, np. przez:
  - ✓ porzucenie etykiety,
  - ✓ przekazanie etykiety innemu pracownikowi,
  - ✓ umieszczenie etykiety na ruchomych częściach maszyny.
- należy ograniczyć możliwość przebywania w obszarze lokalizacji więcej niż wcześniej określona liczba etykiet, gdyż może to wpływać na czas zadziałania systemu.

Podsumowując, niski poziom odporności na defekty powoduje, że systemy RTLS mogą być stosowane jedynie jako dodatkowy, uzupełniający środek bezpieczeństwa, lub wówczas gdy nie ma możliwości technicznych zastosowania innych środków. Można je także stosować gdy ocena ryzyka (Załącznik B PN EN ISO 13849-1:2008P) wykazuje że jego poziom jest mały i redukcja do poziomu akceptowalnego nie wymaga wysokiej odporności na defekty. Natomiast przy obecnym stanie wiedzy niedopuszczalne jest stosowanie tych systemów jako podstawowych środków bezpieczeństwa przy występowaniu ryzyka średniego lub dużego.