ETISOFT
SMART SOLUTIONS

ROBOTY MOBILNE
AGV/AMR

WPROWADZENIE

Dla menedżerów produkcji i logistyki

© Etisoft Smart Solutions 2023

Wstęp

Rynek robotów mobilnych wykorzystywanych w procesach intralogistycznych w Polsce, wciąż jest rynkiem nowym. Wiele firm produkcyjnych podchodzi do rozwiązań opartych o AGV/AMR po raz pierwszy. Inne mają już swoje debiutanckie doświadczenia. W konsekwencji, roboty transportujące palety, kosze na kołach, pojemniki KLT i inne nośniki logistyczne coraz częściej pojawiają się w halach produkcyjnych i magazynowych zlokalizowanych w naszym kraju i z sukcesem realizują misje transportowe. Koncepcje oparte o roboty mobilne świetnie wpisują się przecież w strategie cyfryzacji i automatyzacji firm produkcyjnych zgodnie z ideą Przemysłu 4.0.

Samo przygotowanie się do automatyzacji procesu z wykorzystaniem AGV/AMR rodzi jednak wiele pytań. Jakiego robota użyć? Jak przygotować się do wdrożenia? Jak zarządzać takim zautomatyzowanym systemem? Co wpływa na cenę? Czy można rozliczać się w modelu abonamentowym? Jak wygląda wsparcie techniczne i kwestie gwarancyjne? Czy można zobaczyć jak funkcjonuje wdrożenie?

Takich pytań zebraliśmy w ostatnim okresie bardzo wiele. „Hej, a może spróbowalibyśmy odpowiedzieć na część pytań w formie e-booka?" padło na jednym ze spotkań zespołu. No to spróbowaliśmy. Zebraliśmy nieco danych, którymi dysponujemy oraz doświadczeń, które udało nam się zgromadzić i opracowaliśmy w formie artykułów naszych ekspertów. Całość złożyliśmy w przyjazną formę e-booka, który mamy nadzieję pomoże Państwu w poruszaniu się po rynku robotów mobilnych.

Jako Etisoft Smart Solutions jesteśmy od 2017 roku aktywnym uczestnikiem rynku AGV/AMR w Polsce. Projektowanie, produkowanie i uruchamianie własnych systemów AGV/AMR kazało nam zmierzyć się z szeregiem wyzwań na wielu polach. Uznaliśmy, że to dobry moment, aby podzielić się naszym punktem widzenia na rzeczywistość projektową, wdrożeniową, elementów konstrukcyjnych i oprogramowania. Materiał uzupełniliśmy tekstami o przeszłości i przewidywanej przyszłości AGV/AMR opracowanymi na podstawie ogólnodostępnych informacji oraz artykułem o podobieństwach i różnicach pomiędzy AGV i AMR.

Należy mieć na uwadze, że materiał ma w większości charakter subiektywny. Odnosi się bowiem w dużej mierze do naszych własnych doświadczeń. Inne podmioty z branży reprezentują niejednokrotnie alternatywne podejścia do wielu zagadnień.

Życzymy przyjemnej lektury.

Spis treści

01. Systemy oparte o AGV/AMR, czyli skąd się wzięły roboty? 1

02. Trendy na rynku AGV/AMR, czyli *#TheFutureIsNow* 3

03. Wózki AGV i roboty mobilne AMR, podobieństwa i różnice 5

- Porównanie AGV i AMR ... 5
- Co wpływa na to, że dany środek transportu jest bardziej lub mniej autonomiczny? ... 5

04. Wyzwania produkcji, czyli kiedy roboty znajdują zastosowanie 8

05. Typy robotów AGV/AMR 10

- IntraBot Lift ... 11
- IntraBot Fork ... 12
- IntraBot Cart ... 13
- IntraBot Pull ... 13
- IntraBot Picker ... 14

06. Elementy mechaniczne, czyli z czego może składać się robot mobilny 15

- Budowa pojazdu ... 15
- Jak zbudowany jest przykładowy robot mobilny AGV/AMR? ... 16

07. „Kierowca" pojazdu autonomicznego, czyli kto tym steruje 20

- Obsługa mechaniki ... 20
- Odnajdywanie się w przestrzeni ... 21
- Przemieszczanie się i nawigowanie ... 22
- Złożone zachowania ... 23
- Wewnętrzna diagnostyka ... 23
- Komunikacja zewnętrzna ... 24
- Podsumowanie układu sterowania ... 24
- Układ bezpieczeństwa ... 25

08. Zarządzanie flotą robotów 26

09. Robert Robotny implementuje system AGV/AMR, czyli przykładowe wyzwania wdrożeniowe 29

10. Projektowanie i wdrożenie systemu intralogistycznego 35

- Możliwości techniczne i założenia biznesowe ... 35
- Specyfikacja procesu ... 35
- Koncepcja rozwiązania oraz projekt systemu ... 36
- Symulacja oraz analiza procesu ... 36
- Wdrożenie ... 37
- Monitorowanie ... 37
- Gwarancja i serwis ... 37

11. Przykład wdrożenia, czyli automatyzacja i optymalizacja w Lumileds 38

- Założenia i realizacja projektu ... 38
- Jakie efekty operacyjne odnotowano po zrealizowaniu projektu? ... 40

12. Cena systemu AGV/AMR i co na nią wpływa? 41

13. Gwarancja i serwis 43

14. FAQ 45

- Masz inne pytanie? ... 46

© Etisoft Smart Solutions 2023

01

Systemy oparte o AGV/AMR, czyli skąd się wzięły roboty?

Roboty od początku mają coś wspólnego ze sztuką. Samo **słowo „robot" było po raz pierwszy użyte i spopularyzowane w sztuce o nazwie R.U.R.** („Rossumovi Univerzální Roboti") **wystawionej w 1921 roku**, a jej autorem był czeski pisarz Karel Čapek. Wymyślenie samej nazwy robot przypisuje się jednak jego bratu, który był malarzem, poetą i autorem książek dla dzieci.

Określenie to początkowo odnosiło się do żywych istot – uproszczonej wersji człowieka stworzonej do ciężkiej pracy (w jęz. czeskim – roboty), z czasem jednak nabierało znaczenia bliższego temu, w jaki sposób dzisiaj je rozumiemy. Sformułowanie **„robotyka" z kolei wywodzi się z literatury.**

1941 r.

Isaac Asimov, amerykański pisarz pochodzenia rosyjsko-żydowskiego używał go w swoich opowiadaniach. Po raz pierwszy w „Kłamcy" („Liar") w 1941 roku, a potem także w „Zabawie w berka" („Runardound", 1942), gdzie sformułował pierwsze prawa robotyki. Pierwsze z nich brzmiało: „Robot nie może skrzywdzić człowieka, ani przez zaniechanie działania dopuścić, aby człowiek doznał krzywdy". Wizje ze świata literatury i sztuki, w połączeniu z rozwojem nauki i techniki w XX w. dość szybko zaczęły znajdować swoje odzwierciedlenie w rzeczywistości. Amerykański wynalazca George Devol w 1954 roku złożył wniosek o patent Programmed Article Transfer, w którym przedstawił koncepcję Uniwersalnej Automatyzacji (Universal Automation – Unimation) opartą o cyfrowe sterowanie maszyn. Niedługo później pojawiły się **pierwsze roboty przemysłowe – Unimate.**

1961 r.

Pierwsze wdrożenie Unimate miało miejsce w fabryce General Motors w 1961 roku. Urządzenie było wykorzystywane przede wszystkim do odlewów metalu. Równolegle, w latach 50. XX wieku, trwały prace nad rozwiązaniami umożliwiającymi automatyzację transportu wewnętrznego. Pierwsze wdrożenie wózka transportującego bez operatora wagoniki z ładunkiem zrealizowała firma Barett Electronic Corporation w 1954 roku. **Wózek poruszał się po drucie umieszczonym w posadzce, który zastąpił wykorzystywane wcześniej tory i holował przyczepiony z tyłu wagonik na kółkach.** Technologia sprawdzała się wielu branżach, co spowodowało jej rozwój. Wciąż nazywały się pojazdami bezzałogowymi (driverless vehicle).

© Etisoft Smart Solutions 2023

1973 r.

Przełomowe wdrożenie miało miejsce **w Szwecji w 1973 roku, w fabryce Volvo** w Kalmar. Zamiast w tradycyjny sposób transportować karoserie pomiędzy stanowiskami montażowymi, zastosowano tu **autonomiczne platformy jezdne, które stanowiły swego rodzaju mobilną linię montażową.** Platformy samodzielnie przemieszczały się pomiędzy poszczególnymi stacjami. Temat pojazdów samojezdnych został podchwycony przez innych graczy na rynku automotive, gdzie jest coraz bardziej popularny. W latach 80. XX wieku przyjęła się nazwa **AGV (Automated Guided Vehicle),** a wraz ze wzrostem poziomu autonomii robotów oraz odpowiedzialności systemów IT zarządzających ich pracą, zaczęto określać je robotami mobilnymi **AMR (Autonomous Mobile Robots)**.

2020 r.

Obecnie mamy do czynienia z szybko rosnącym rynkiem. Producenci i dostawcy systemów opartych o roboty mobilne dysponują już całymi flotami dopasowanymi do transportu różnych ładunków, specyfiki poszczególnych branż czy pracy w niestandardowych warunkach (np. ujemne temperatury, zapylenie, etc.). Wartość globalnego rynku szacowana była w 2021 roku na ok. 2 miliardy dolarów.

© Etisoft Smart Solutions 2023

02

Trendy na rynku AGV/AMR, czyli *#TheFutureIsNow*

Wyzwania związane z rynkiem pracy, presja na automatyzację i optymalizację procesów dla rynku robotów mobilnych może oznaczać tylko jedno. Wzrost. W globalnych raportach aktualną wartość rynku już teraz szacuje się na od 2 do nawet 3 miliardów dolarów, a wartości te mają szybko się zwiększać w najbliższych latach. Poniżej podsumowanie kilku danych pochodzących od firm badawczych.

2,1 miliona nowych robotów mobilnych

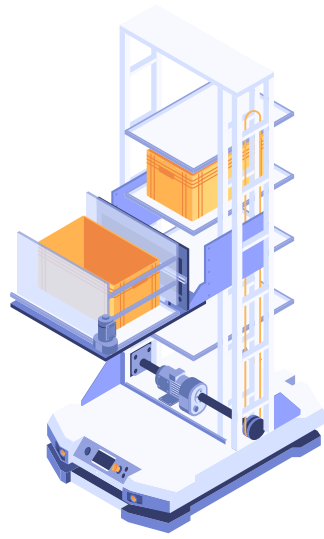
Raport „Mobile Robots" z 2021 od Interact Analysis mówi o tym, że do końca 2025 roku na rynek zostanie dostarczonych 2,1 miliona nowych robotów mobilnych, z czego 860 000 w samym tylko roku 2025. Wdrożenia w centrach logistycznych i magazynach są coraz bardziej powszechne i wchodzą w kulminacyjną fazę po latach testów pilotażowych.

Z kolei wg raportu „Research and Markets AGV and AMR market. An analysis of market trends, impact of COVID 19 and revenue forecasts" wartość rynku w 2027 roku może osiągnąć nawet **18 miliardów dolarów.** Będzie to możliwe m.in. dzięki temu, że systemy oparte o roboty pozwalają na znaczącą optymalizację wykorzystania (drogiej) powierzchni w obiektach magazynowych i halach produkcyjnych.

Dlatego nowe inwestycje są realizowane już z myślą o wdrożeniu systemów AGV/AMR. Wg publikacji, w ciągu najbliższych kilku lat można się spodziewać kilkudziesięcioprocentowych wzrostów rdr, **w tym AGV +24% i AMR +43%.**

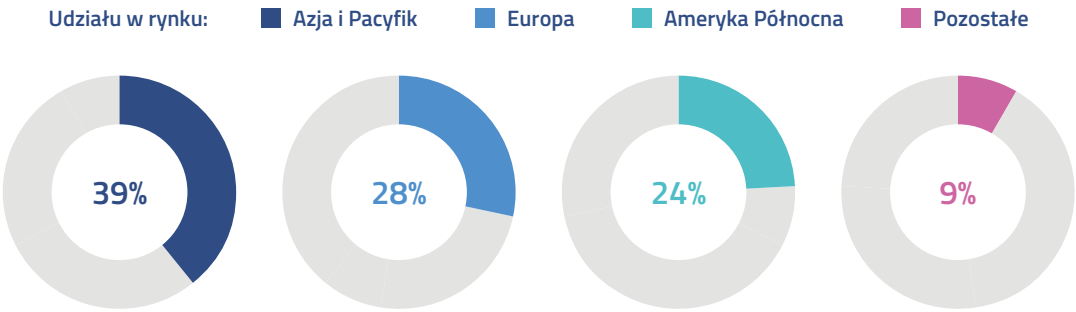
Europa z drugą pozycją na rynku

Opracowanie przygotowane przez MarketsAndMarkets pt. „Automated Guided Vehicle (AGV) Market by Type, Navigation Technology, Industry, and Region" (2021-2026) mówi o kluczowych motorach dla wzrostu rynku. Wymieniane są tu przede wszystkim: zapotrzebowanie na automatyzację w transporcie wewnętrznym w różnych branżach, przesunięcie popytu z masowej produkcji na masową personalizację, rosnącą popularność e-commerce oraz poprawę standardów bezpieczeństwa w miejscu pracy.

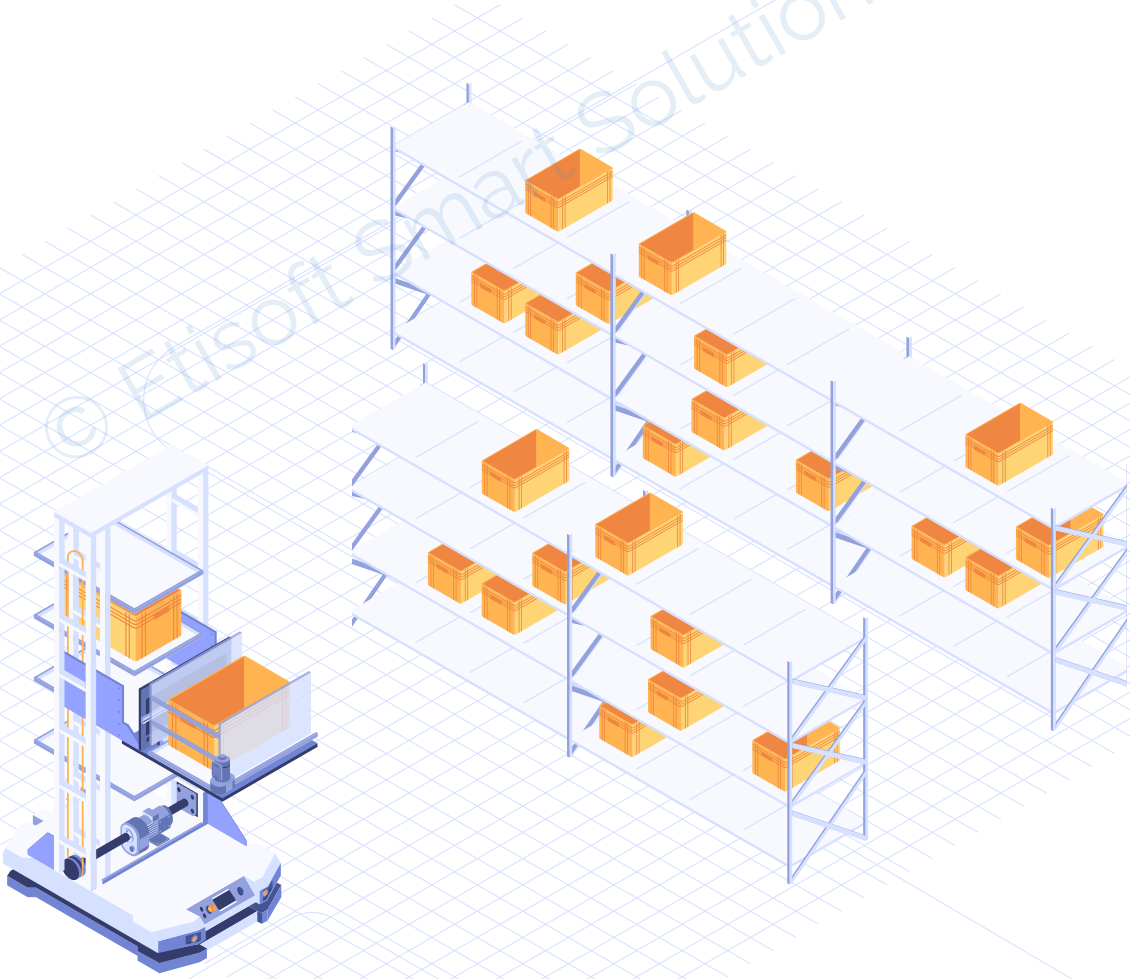


© Etisoft Smart Solutions 2023

Autorzy raportu prognozują tu nieco mniejszą dynamikę wzrostu rynku, bo ok 7,7% rdr, ale przyjmują jako bazę dane z 2020 roku, a na te wpłynął znacząco początek pandemii.



Wg raportu Statzon, dynamika rynku osiągnie średni roczny wzrost na poziomie niespełna 25%. Dokument wskazuje też na fakt, że Azja i Pacyfik są obecnie liderami na światowym rynku AMR, z 39% całkowitego udziału w rynku ze znaczącymi krajami, takimi jak Chiny, Japonia, Indie i Korea Południowa. **Europa zajmuje drugą pozycję na rynku z 28% udziałów**, a następnie Ameryka Północna z 24%.



© Etisoft Smart Solutions 2023

03

Wózki AGV i roboty mobilne AMR, podobieństwa i różnice

Automatyzacja procesów intralogistycznych zyskuje na popularności. Producenci prześcigają się w promowaniu zalet swoich pojazdów oraz robotów autonomicznych, takich jak AGV (Automated Guided Vehicle) i AMR (Autonomous Mobile Robot), zachwalając przede wszystkim zalety tych drugich. Wiele osób zastanawia się czym właściwie różnią się oba typy środków transportu. Na pierwszy rzut oka najbardziej widoczne są różnice w sposobie nawigacji. I rzeczywiście, pojazdy AGV poruszają się po taśmach magnetycznych lub optycznych. Takie pojazdy często nazywamy line followerami, natomiast roboty AMR używają bardziej wyrafinowanych sposobów nawigacji, np. z zastosowaniem technologii **SLAM (Simultaneous Localization and Mapping).** Ale czy to najważniejsza różnica? I czy w ogóle AMR'y muszą jeździć beztaśmowo? Odpowiadamy na te pytania, a przy okazji przedstawiamy porównanie AGV i AMR.

Porównanie AGV i AMR

Na pierwszy rzut oka, AGV i AMR wyglądają bardzo podobnie. Mają niemal identyczną konstrukcję mechaniczną, układ napędowy i rozwiązania safety (bezpieczeństwa). Jedyną różnicą, często niezauważalną, jest liczba dodatkowych sensorów takich jak np. kamery 3D oraz wysokowydajne komputery sterujące. Jeśli więc w warstwie sprzętowej oba pojazdy są skonstruowane podobnie, to gdzie te zasadnicze różnice?

AMR to roboty o dużej autonomiczności. Dzięki niej potrafią działać w zmieniającym się środowisku przemysłowym, np. omijając przeszkody poprzez dynamiczne wytyczanie nowej ścieżki przejazdu. Z kolei pojazdy AGV nie posiadają pełnej autonomii i wykonują z góry zaplanowane zadania logistyczne po wcześniej wytyczonych ścieżkach nawigacyjnych. Czy to jest wada systemów intralogistycznych opartych o AGV?

Niekoniecznie, wszystko zależy od środowiska pracy systemu intralogistycznego. Ponieważ granica autonomii przy której AGV przestaje być AGV i staje się AMR, nie została jednoznacznie ustalona, można poszukać analogii w świecie podobnych technologii.

Co wpływa na to, że dany środek transportu jest bardziej lub mniej autonomiczny?

Można tu poszukać analogii w świecie podobnych technologii. Na przykład, do skali opracowanej w 2014 roku w USA przez SAE (International Society of Automotive Engineers) dla pojazdów konsumenckich,

© Etisoft Smart Solutions 2023

takich jak np. samochody osobowe. W tym modelu poziom autonomii określa się od **0 – 5, gdzie 0 to pełna kontrola pojazdu przez kierowcę, a 5 – pojazd,** w którym ingerencja kierowcy nie jest potrzebna. Przenosząc te założenia do świata automatyzacji intralogistyki, można powiedzieć, że **0** to byłby wózek widłowy obsługiwany przez operatora, **1,2,3** - to AGV, a **4 i 5** - to roboty AMR.
Należy jednak zwrócić uwagę na to, że niezależnie czy pojedziemy samochodem mniej lub bardziej wyposażonym w zaawansowane systemy wspomagania kierowcy celem jest osiągnięcie punktu docelowego. Nie zawsze uda się to zrealizować szybciej pojazdem w pełni autonomicznym.

Skoro ustaliliśmy, że w warstwie sprzętowej AGV i AMR są niemal identyczne, o autonomii decydują zaawansowane algorytmy sterowania zaimplementowane w komputerach sterujących robotami. Najczęściej służą one takim funkcjom jak: omijanie przeszkód, wytyczanie ścieżki nawigacji, identyfikacja nośników logistycznych, zaawansowane zarządzanie bilansem energetycznym, funkcje diagnostyczne (predictive maintenance), czy dostosowywanie prędkości do panujących warunków. **A zatem to jakość oprogramowania ma kluczowe znaczenie dla tego, czy dany pojazd autonomiczny to jeszcze AGV czy już AMR.**
Typ nawigacji, który ma być wykorzystywany przez robota, to tylko jeden z wielu parametrów, które podejmuje architekt systemu intralogistycznego w procesie przygotowywania rozwiązania „szytego na miarę". Oczywiście wykorzystanie technologii typu SLAM daje możliwość podniesienia poziomu autonomii pojazdu, jednak nie jest to jedyny, a często wcale nie najważniejszy element decydujący o tym, czy pojazd to jest jeszcze AGV czy już AMR.

Z perspektywy architekta systemu intralogistycznego liczą się przede wszystkim cele i zadania, które mają być zrealizowane przez system zgodnie z wymaganiami procesowymi, np. wydajność systemu. Chodzi o to, aby system posiadał dokładnie takie funkcje, realizowane za pomocą sprzętu i oprogramowania, jakie potrzebne są w fabryce do optymalnego działania procesu produkcyjnego. Oczywiście biorąc pod uwagę ograniczenia fizyczne często wynikające z infrastruktury, procesowe wynikające z technologii produkcji oraz finansowe, które często decydują o podjęciu decyzji o inwestycji w automatyzację.
Czasem może okazać się, że wiele funkcji typowych dla robotów AMR dla danego procesu jest zbędnych i wystarczy system oparty o pojazdy AGV. Ma to również przełożenie na, jakże ważne, koszty wdrożenia. Co do zasady, im więcej złożonego oprogramowania, tym wyższa cena systemu.
Jako ciekawostkę można podać, że firma Etisoft Smart Solutions w jednym z wdrożeń, zastosowała roboty AMR wykorzystujące nawigację po taśmie magnetycznej. Nie jest więc powiedziane że ten typ robotów musi używać wyłącznie nawigacji typu SLAM. Co więcej, w niektórych fabrykach istnieją wręcz przeciwskazania do stosowania AMR z takim typem poruszania się. Powodem może być silne zapylenie w zakładzie, które uniemożliwia prawidłowe działanie czujników (np. lidarów czy kamer 3D) lub niska jakość infrastruktury sieciowej wi-fi, której robot używa do przesyłania danych telemetrycznych.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Zdarzają się też sytuacje odwrotne, np. do obsługi procesu wystarczy system oparty o prostsze pojazdy AGV, jednak warunki panujące w fabryce (np. inne pojazdy o dużej masie, które mogą zniszczyć taśmę magnetyczną) powodują, że należy je wyposażyć w technologię typu SLAM lub inny rodzaj nawigacji.

Projektowanie systemu intralogistycznego to pełne wyzwań przedsięwzięcie wymagające kompetencji projektowych i wdrożeniowych. Warto rozpocząć go od rozmowy z ekspertami, którzy mają na koncie zrealizowane projekty w firmach produkcyjnych i potrafią zaprojektować system „szyty na miarę". To oni doradzą, w jakie oprogramowanie powinien być wyposażony robot, w zależności od celu, który należy osiągnąć. A zatem, czy będzie to AGV czy AMR, jest kwestią wtórną, choć należy się spodziewać, że przyszłość będzie zdominowana raczej przez pojazdy o większym stopniu autonomii.

Autor

dr inż. Wojciech Klein

Specjalista ds. systemów intralogistycznych

© Etisoft Smart Solutions 2023

04

Wyzwania produkcji, czyli kiedy roboty znajdują zastosowanie

Kiedy więc najlepiej inwestować w systemy AGV/AMR?
Wówczas, gdy dla firmy kluczowe jest radzenie sobie z wybranymi bolączkami. Oto kilka z nich:

Ograniczona dostępność pracowników

Wzrost popytu na pracowników logistyki wewnętrznej, spowodowany m.in. **boomem na rynku e-commerce utrudnia nie tylko pozyskiwanie nowych, ale i utrzymanie obecnych kadr.** Nowe inwestycje w firmach produkcyjnych dodatkowo zwiększają zapotrzebowanie na „ręce" do pracy. Zwłaszcza nowe inwestycje w fabrykach sprzyjają implementacji systemów zautomatyzowanych - można tu projektować procesy od razu, z myślą o wykorzystaniu robotów, a nie dostosowywać te, które wcześniej były projektowane przy założeniu wykonywania pracy przez ludzi.
Raport Manpower z 2021 roku porównuje nawet problemy z dostępnością na rynku pracowników logistyki wewnętrznej do sytuacji na rynku IT.

Dług technologiczny

Automatyzacja produkcji i magazynowania jest zjawiskiem nieodwracalnym.
Zjawiska widoczne zarówno na rynku pracy (wzrost wynagrodzeń, trudności z pozyskiwaniem pracowników), jak i w samej produkcji (robotyzacja, podnoszenie jakości) poniekąd zmuszają fabryki do wdrażania rozwiązań minimalizujących zaangażowanie ludzi w proste, powtarzalne czynności.
Brak implementacji rozwiązań związany z automatyzacją procesów może spowodować utratę konkurencyjności i „odstawanie" od rynku, które trudno będzie nadrobić.

Bezpieczeństwo

Zadania transportowe, zwłaszcza związane z logistyką ciężkich ładunków stwarzają szereg niebezpieczeństw dla ludzi. Wykorzystanie robotów zmniejsza ryzyko wypadków, w których ucierpieliby pracownicy. Bardziej bezpieczny jest także sam ładunek. Praca robotów jest bardziej przewidywalna niż praca ludzi.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Wizerunek

Nowoczesne technologie w fabryce to także magnes dla pracowników firm produkcyjnych. Kandydaci do pracy zarówno na stanowiskach liniowych, jak i menedżerskich cenią sobie bezpieczne, zautomatyzowane, uporządkowane środowisko pracy.

Zautomatyzowane i zrobotyzowane procesy to także dobre wrażenie u Klientów firm produkcyjnych, które pomaga w rozwijaniu obecnych relacji biznesowych i pozyskiwaniu nowych.

Rozwój pracowników

Wdrożenia innowacyjnych rozwiązań to nowe kompetencje dla zespołu odpowiedzialnego za projekt po stronie fabryki. Pracownicy nabywają nowe, cenne doświadczenia i mogą poszerzać umiejętności. Z drugiej strony, sama fabryka, dzięki udanym wdrożeniom, często stawiana jest za wzór wśród innych fabryk danej grupy kapitałowej. W rezultacie, wdrożone rozwiązanie, przenoszone jest również na inne hale produkcyjne czy magazynowe tej samej firmy. Mamy więc sytuację win-win. Pracownicy zyskują (bez)cenne kompetencje, a firma innowacyjne wdrożenia.

© Etisoft Smart Solutions 2023

© Etisoft Smart Solutions 2023

05

Typy robotów AGV/AMR

Wraz z rozwojem rynku AGV/AMR szybko przybywa różnych typów wózków/robotów. **Konstrukcja mechaniczna robota jest uzależniona przede wszystkim od typu jednostki logistycznej, która ma być przez niego transportowana.** Robot musi posiadać oczywiście także szereg komponentów, które pozwolą na jego bezpieczną i efektywną pracę, a te muszą być w odpowiedni sposób zamontowane i połączone.

Na to nakłada się układ jezdny, który musi umożliwić robotowi sprawne poruszanie się. Wszystko to powoduje, że projekt i wykonanie robota mobilnego to nie lada wyzwanie. Przykładowe komponenty robota omówiono nieco szerzej w rozdziale 6 „Elementy mechaniczne, czyli z czego może składać się robot mobilny”, a tutaj przedstawiamy zaledwie kilka, z wielu dostępnych na rynku, przykładowych typów robotów na podstawie systemów z oferty ESS. **Marka robotów mobilnych oferowanych przez ESS to IntraBot.**

© Etisoft Smart Solutions 2023

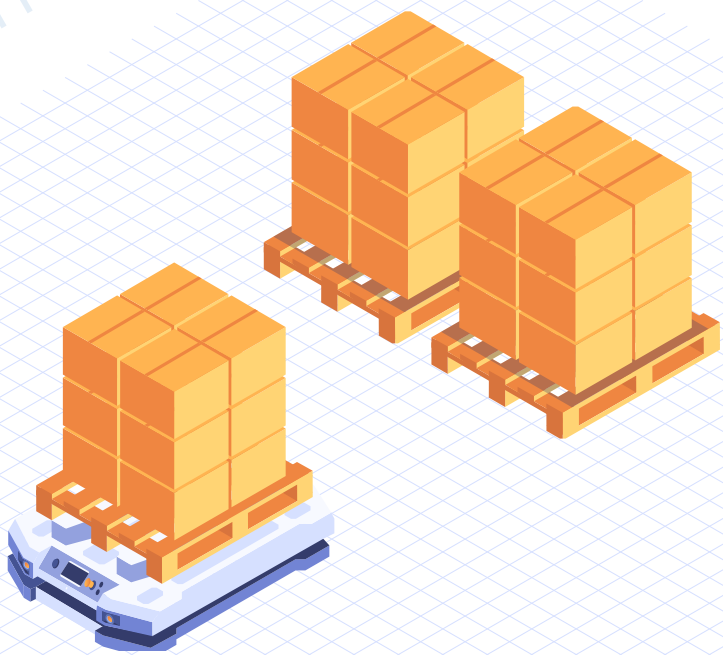
IntraBot Lift

Ten typ robota nazywany jest czasem żółwiem. A to dlatego, że transportuje jednostki logistyczne „na grzbiecie". Robot typu lift ma relatywnie niewielkie rozmiary, a jego domyślny interfejs przystosowany jest do odpowiedniego nośnika. W przypadku robota Intrabot Lift jest to paleta EUR1. Jego główną cechą jest to, że podejmuje ładunek i odkłada go do specjalnych doków.

Dużą zaletą takich systemów jest to, że doki dają gwarancję powtarzalnej pozycji ładunku, co ułatwia pracę robotom i skraca czas realizacji misji. Doki mogą być wyposażone w czujniki lub inne systemy wizyjne, które informują system o obecności palety lub jej braku i mogą w ten sposób automatycznie wyzwalać misje. Co jeszcze? Doki sprawdzają się w połączeniu z przenośnikami taśmowymi lub rolkowymi, ponieważ ładunek transportowany jest na tej samej wysokości względem podłoża.

Wymiary gabarytowe	1400 x 900 x 300 mm (dł. x szer. x wys.)	*Bezpieczeństwo*
Masa własna	240 kg	Laserowy skaner bezpieczeństwa, kontrola prędkości, wyłączniki bezpieczeństwa, sygnały świetlne i dźwiękowe, sensoryka dodatkowa, zgodne z normą PN-EN ISO 3691-4:2020
Prędkość jazdy	5-7 km/h	
Udźwig	550 kg lub 1100 kg w zależności od wersji robota	
Manewrowość	Jazda przód tył, obrót w miejscu (1500 mm bez stref bezpieczeństwa)	
Wysokość podnoszenia	100 mm od wysokości transportowej (300 mm od posadzki)	
Czas pracy baterii	4-6 godzin (zależnie od charakteru pracy)	
Nawigacja	Naturalna z modułem nawigacji taśmowej*	

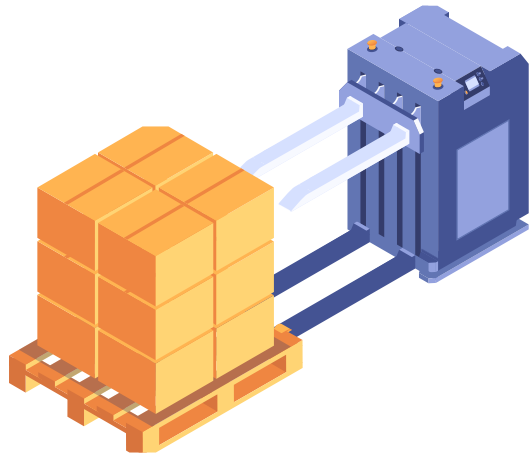
**Moduł nawigacji taśmowej jest wykorzystywany do precyzyjnych wjazdów i dokowań w celu skrócenia czasu realizacji misji.*



© Etisoft Smart Solutions 2023

© Etisoft Smart Solutions 2023

IntraBot Fork



Nie zawsze istnieje możliwość instalacji doków, chociażby ze względu na ograniczoną ilość miejsca w hali produkcyjnej lub częste zmiany layoutu fabryki. Wówczas pojawia się potrzeba podnoszenia i/lub odkładania palet z poziomu posadzki.

Do tego celu używa się najczęściej systemów wykorzystujących robota typu Fork, czyli popularnego „widlaka". Ten typ robota najbardziej przypomina wózek widłowy, tyle że bez operatora, choć niektórzy producenci umożliwiają także ręczną obsługę pojazdu. Podejmowanie ładunku z posadzki utrudnia pozycjonowanie – palety nie mają identycznych pozycji na miejscach odkładczych, przez co robot może potrzebować nieco czasu na „znalezienie" i zaplanowanie wjazdu pod paletę, co wpływa na procesową wydajność systemu.

Pojazd typu Fork, transportujący ciężkie ładunki, ma zwykle większe gabaryty i potrzebuje szerszych korytarzy. Pozwala on także na pobieranie/odkładanie nośników logistycznych na doki i/lub rolotoki i różnego rodzaju przenośniki oraz maszyny typu obrotnica, owijarka, etykieciarka. Na rynku dostępne są także roboty typu Fork, pozwalające na pobieranie palet ze znacznych wysokości (nawet kilku metrów), bezpośrednio z regałów. Używa się ich najczęściej w systemach magazynowych opartych o wysoki skład.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Wymiary gabarytowe	2200 x 1020 x 1140 mm (dł. x szer. x wys.)	*Bezpieczeństwo*	
Masa własna	750 kg	Laserowy skaner bezpieczeństwa, kontrola prędkości, wyłączniki bezpieczeństwa, sygnały świetlne i dźwiękowe, sensoryka dodatkowa, zgodne z normą PN-EN ISO 3691-4:2020	
Prędkość jazdy	4 km/h		
Udźwig	1100 kg		
Manewrowość	Jazda przód tył, minimalny promień skrętu 1800 mm		
Wysokość podnoszenia	650 mm		
Czas pracy baterii	4-6 godzin (zależnie od charakteru pracy)		
Nawigacja	Hybrydowa		

© Etisoft Smart Solutions 2023

IntraBot Cart

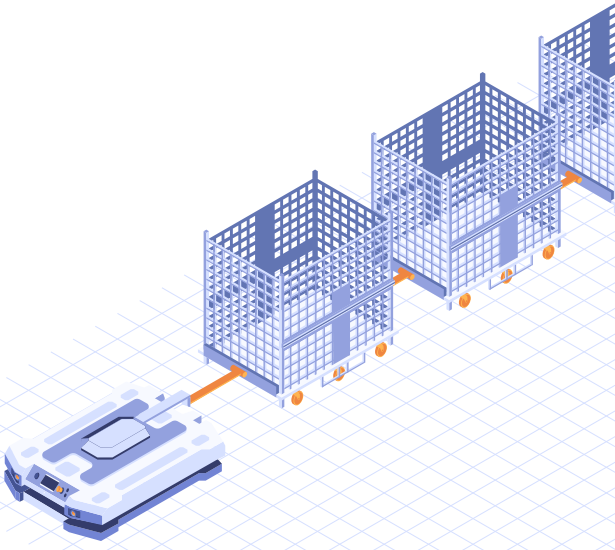
Tam, gdzie transportowane są nie palety, a kosze, regały i podobne im platformy na kołach, wykorzystać można systemy oparte o roboty, które podjeżdżają pod jednostkę logistyczną, podczepiają się i „przesuwają" ją z punktu A do punktu B, dostarczając w ten sposób np. komponenty z magazynu na linię produkcyjną. Ich zaletą jest możliwość przewozu nośników logistycznych dopasowanych do procesu produkcyjnego bez potrzeby ich zamiany. Roboty tego typu charakteryzują się smukłą budową pozwalającą na wjazd pod nośnik logistyczny.

Wymiary gabarytowe	1700x410x230 mm (dł. x szer. x wys.)	*Bezpieczeństwo*	
Masa własna	140 kg	Laserowy skaner bezpieczeństwa, kontrola prędkości, wyłączniki bezpieczeństwa, sygnały świetlne i dźwiękowe, sensoryka dodatkowa	
Prędkość jazdy	5 km/h		
Manewrowość	Jazda przód tył, obrót w miejscu		
Czas pracy baterii	4-6 godzin (zależnie od charakteru pracy)		
Nawigacja	Taśmowa i punktowa*		

** Nawigacja punktowa realizowana jest w oparciu o tagi RFID wzdłuż trasy przejazdu.*

© Etisoft Smart Solutions 2023

IntraBot Pull

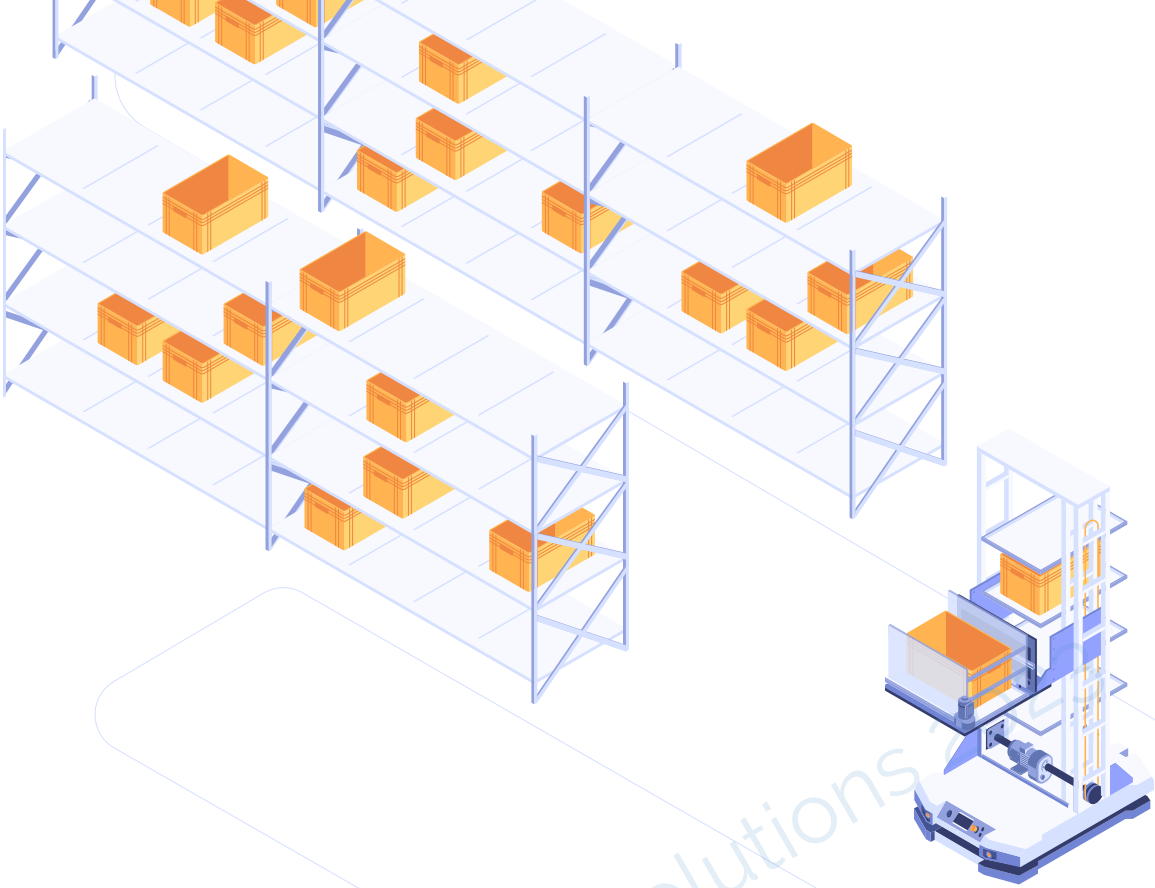


W wielu halach produkcyjnych popularne są pociągi logistyczne, które służą najczęściej dostarczaniu komponentów na linię produkcyjną. Specjalne ciągniki transportują wagoniki z materiałami zgodnie z kartą czy pojemnikiem kanban.

W systemach AGV/AMR rolę ciągnika z operatorem przejmuje robot wyposażony w specjalne systemy umożliwiające transport wagonika lub wagoników.

Zaletą takiego systemu jest transport jednocześnie wielu nośników, co zwiększa wydajność szczególnie dla dalekich tras. Jednocześnie ich wadą jest brak możliwości zastosowania systemów safety umożliwiających pełną diagnostykę poruszającego się składu. W takim przypadku proces musi uwzględniać taką niedogodność.

© Etisoft Smart Solutions 2023



IntraBot Picker

Popularność AGV/AMR rośnie także w obszarze logistyki magazynowej, nie tylko tam, gdzie nośnikiem logistycznym są palety EURO. Przybywa więc systemów, które w sposób automatyczny transportują KLT i podobne im pojemniki.

W tego typu procesach może sprawdzić się rozwiązanie oparte o robota Picker, który pobiera pojemniki bezpośrednio z regału i dostarcza je w miejsce pakowania. System zwiększa efektywność logistyki magazynowej i minimalizuje zaanagażowanie ludzi w proste, powtarzalne czynności transportowe.

Wymiary gabarytowe	1400 x 900 x 3400 mm (dł. x szer. x wys.)	*Bezpieczeństwo*
Masa własna	380 kg	Laserowy skaner bezpieczeństwa, kontrola prędkości, wyłączniki bezpieczeństwa, sygnały świetlne i dźwiękowe, sensoryka dodatkowa, zgodne z normą PN-EN ISO 3691-4:2020
Prędkość jazdy	5 km/h	
Liczba pojemników KLT	8	
Maksymalna masa pojemnika KLT z ładunkiem	25 kg	
Manewrowość	Jazda przód tył, obrót w miejscu	
Wysokość podnoszenia	3100 mm	
Czas pracy baterii	4-6 godzin (zależnie od charakteru pracy)	
Nawigacja	Naturalna z modułem wizyjnym	

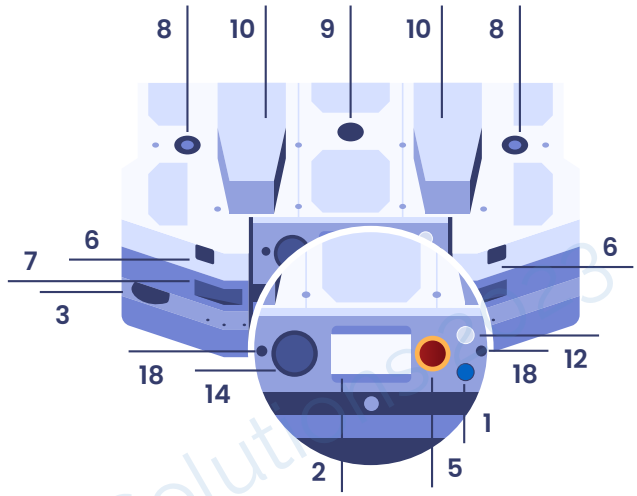
© Etisoft Smart Solutions 2023

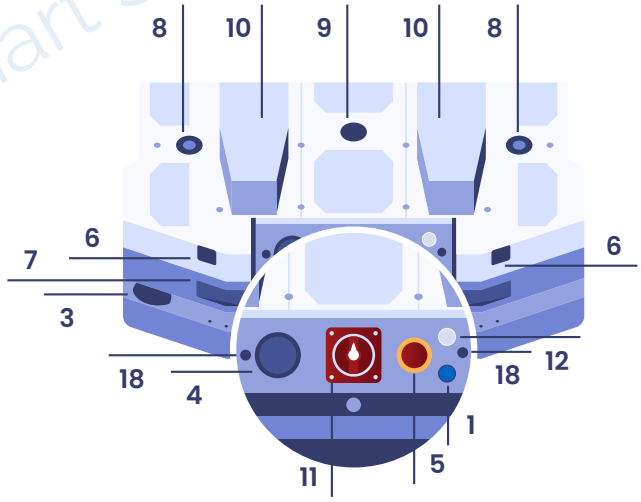
06

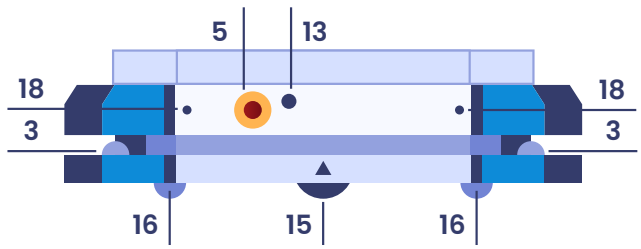
Elementy mechaniczne, czyli z czego może składać się robot mobilny

Budowa pojazdu

1. Przycisk RESET
2. Panel obsługi HMI
3. Laserowy skaner przestrzeni
4. Antena wi-fi
5. Przycisk zatrzymania awaryjnego E-STOP
6. Zaślepki śrub do unoszenia kół napędowych
7. Reflektory
8. Zaślepki otworów do montażu uszu transportowych
9. Czujnik optyczny sprawdzający obecność palety na robocie
10. Belki unoszące podnośnika
11. Wyłącznik główny
12. Czujnik ultradźwiękowy tylny
13. Panel obsługi HMI
14. Czujnik ultradźwiękowy boczny
15. Styki modułu ładowania
16. Koła napędowe
17. Koła jezdne
18. Zamek otwierania pokryw przednich, tylnych, bocznych







© Etisoft Smart Solutions 2023

© Etisoft Smart Solutions 2023

Jak zbudowany jest przykładowy robot mobilny AGV/AMR?

To pytanie często nurtuje nie tylko inżynierów wdrażających roboty do swojego parku technologicznego na hali produkcyjnej lub magazynowej. Jako producenci i projektanci tego typu robotów autonomicznych, jesteśmy w stanie odpowiedzieć na każde pytanie z obszaru jego budowy i dostępnych technologii. Poniżej kilkanaście najistotniejszych z naszego punktu widzenia elementów budowy konstrukcji flagowego robota AGV/AMR w Etisoft Smart Solutions, czyli IntraBot Lift, widocznych „gołym okiem".

1 - Przycisk reset

Przycisk reset jest niezbędny dla funkcjonowania robota wśród pracowników. W niektórych sytuacjach wymagana jest interwencja operatora, aby pojazd mógł kontynuować swoją pracę. Wynika to z wymogów normy dotyczącej bezpieczeństwa pojazdów autonomicznych ISO 3691-4. oraz rozsądnych praktyk współpracy z człowiekiem. Przycisk reset należy wcisnąć po uruchomieniu robota, aby ten mógł zacząć realizować zadania – wówczas operator musi potwierdzić, że wszystko wokół robota jest w należytym porządku i robot może jechać.

Podobnie w sytuacjach wystąpienia błędu, awarii lub zatrzymania robota za pomocą awaryjnego zatrzymania przyciskiem e-stop. Po opanowaniu sytuacji awaryjnej operator odbezpiecza przycisk e-stop i za pomocą reset potwierdza możliwość kontynuowania misji.

2 - Panel obsługi HMI

Jest to dotykowy wyświetlacz stanowiący podstawowe źródło informacji o robocie. Na panelu dostępny jest pulpit z podstawowymi danymi o godzinie, misji, stanie baterii, ostrzeżeniach, błędach i awariach. Po kliknięciu dostępne jest menu z konkretnymi kafelkami dotyczącymi m.in. systemu bezpieczeństwa, układu wykonawczego, układu napędowego, czujników, historii zdarzeń. W ten sposób możemy poznać ogólne i szczegółowe informacje o robocie. Poza danymi ogólnie dostępnymi po zalogowaniu się jako operator jest możliwość manualnego sterowania robotem. Panel posiada również konto serwisowe do logowania, gdzie dostępne są wszystkie informacje i możliwości konieczne do przeprowadzenia serwisu.

3 - Laserowy skaner przestrzeni (LIDAR)

Jest najważniejszym czujnikiem w pojeździe autonomicznym, z kilku powodów. Jeśli robot pracuje wśród ludzi skanery pełnią funkcję bezpieczeństwa, a ich zadaniem jest wykrycie przeszkody za pomocą wiązki lasera i przekazanie informacji do komputera pokładowego, który spowoduje zatrzymanie się pojazdu w ułamku sekundy. Drugim powodem jest orientacja w przestrzeni, gdzie skanery podają informacje o elementach znajdujących się w pobliżu robota. Na podstawie tego robot widzi, gdzie może przejechać, a gdzie droga jest zablokowana.

© Etisoft Smart Solutions 2023

4 - Antena wi-fi

Antena wi-fi wspomaga odbiór i wysyłanie informacji z systemu zarządzającego flotą robotów. W środku robota znajduje się moduł komunikacyjny, jednak ze względu na utrzymanie stałego i pewnego połączenia anteny są umiejscowione na zewnątrz pojazdu. Jest to tym bardziej ważne dla miejsca pomiędzy konstrukcjami metalowymi w budynku, gdzie zasięg jest ograniczony.

5 - Przycisk zatrzymania awaryjnego e-stop

Przycisk e-stop (grzybek) jest podstawowym i najważniejszym przyciskiem dla operatora. Przyciski powinny znajdować się z każdej strony pojazdu w łatwo dostępnych miejscach. Ich celem jest natychmiastowe zatrzymanie pracy maszyny po naciśnięciu przez operatora w sytuacjach, które operator uzna za niebezpieczne. Sygnał z przycisku przekazywany jest niezwłocznie do sterownika, który odcina zasilanie wszystkich silników i zaciąga hamulce.

6 - Śruby do unoszenia kół napędowych

Pod zaślepkami znajdują się śruby, których wykręcanie powoduje unoszenie kół napędowych poprzez cięgna linkowe. Koła napędowe są jednocześnie kołami hamującymi i podczas awarii lub wyłączenia robota są zahamowane. Ta funkcja jest niezwykle istotna w momencie, gdy pojazd mógłby zablokować ruch na wąskiej ścieżce. Wówczas należy unieść koła i ręcznie przesunąć pojazd w bezpieczne miejsce.

7 - Czujnik optyczny sprawdzający obecność palety na robocie

Czujniki te potwierdzają układowi bezpieczeństwa, że paleta w prawidłowej pozycji znajduje się na pojeździe. W momencie, gdyby paleta była zbyt przesunięta do przodu lub do tyłu mogłaby spaść przy gwałtownym hamowaniu lub przyspieszaniu robota.

8 - Belki unoszące podnośnika

Podnośnik palet składa się z dwóch belek unoszących, dzięki którym robot potrafi pobierać i odkładać na doki palety z ładunkiem. W belkach znajduje się mechanizm unoszenia oraz silniki napędowe wraz ze złączami elektrycznymi. Wykonane są w kształcie pozwalającym na niezawodne pozycjonowanie pod paletami.

9 - Wyłącznik główny

Wyłącznik główny służy do uruchomienia i wyłączenia robota. Wyłącznik odcina zasilanie z akumulatorów od wszystkich układów w pojeździe za pomocą rozsunięcia styku przewodów. Wyłącznik powinien spełniać niezbędne normy elektryczne traktujące o bezpieczeństwie, ponieważ jest podstawowym mechanizmem odcinającym źródło zasilania podczas awarii lub sytuacji niebezpiecznej.

© Etisoft Smart Solutions 2023

10 - Czujnik ultradźwiękowy tylni

Czujnik służy do wykrywania palet w dokach buforowych i jest pewnego rodzaju zabezpieczeniem przed sytuacją, w której robot próbuje oddać paletę na miejsce paletowe, ale w tym czasie inna paleta została cofnięta w to miejsce. Czujnik podaje informacje o braku możliwości bezpiecznego odłożenia palety we wskazanym miejscu.

11 - Czujnik ultradźwiękowy boczny

Podczas pracy systemu razem z ludźmi zdarzają się pomyłki, gdy pracownik odłoży ładunek w miejsce, gdzie robot już wiózł paletę. Zanim robot rozpocznie obrót i wjazd do doku sprawdza czujnikiem bocznym czy dok jest pusty. Jeśli jest pełny, robot prześle informację do systemu zarządzania flotą robotów, o którym będzie mowa w dalszej części artykułu.

12 - Styki modułu ładowania

Miedziane styki służą do kontaktowego połączenia się ze stykami ładowarki umieszczonymi na posadzce, podłączonymi do szafy z ładowarką. Styki składają się z trzech pojedynczych styków o potencjale ujemnym, dodatnim oraz styku pilotowego, który w bezpieczny sposób uruchamia proces ładowania akumulatorów w robocie.

13 - Koła napędowe

W robocie znajdują się dwa niezależne od siebie koła napędowe umiejscowione w centralnej osi pojazdu, dzięki czemu robot potrafi obracać się w miejscu (tzw. napęd różnicowy). Jako oponę zastosowano wysokowytrzymały poliuretan. Układ zawieszenia pozwala na pokonywanie nierówności terenu bez odrywania kół od podłoża.

14 - Koła jezdne

Cztery koła jezdne są kołami samonastawnymi, spełniającymi funkcję podparcia pojazdu. Wszystkie koła jezdne są zamontowana na wahaczach. Zastosowane ogumienie kół amortyzuje drgania pochodzące od ruchu po nierównej posadzce.

15 - Zamek otwierania pokryw przednich, tylnych i bocznych

Zamki na specjalny klucz znajdują się w każdej pokrywie i zabezpieczają pokrywy przed samoczynnym lub nieuprawnionym otwarciem podczas ruchu pojazdu. Robot mobilny to bardzo zaawansowane urządzenie, które wykorzystuje dużo więcej komponentów niż tylko przywołane powyżej przykłady. Chcąc opisać je szczegółowo należałoby znacząco wykroczyć poza zakres tego opracowania, dlatego szanując czas naszych czytelników na wszelkie dodatkowe pytania o budowę robota chętnie odpowiemy podczas indywidualnego spotkania.

© Etisoft Smart Solutions 2023

16 - Sygnalizacja świetlna

Na oświetlenie pojazdu składają się przede wszystkim światła typu ostrzegawczego, potocznie zwane bluespot. Robot posiada z przodu i z tyłu po dwa reflektory, które rzucają niebieską poświatę na posadzkę półtorej metra przed jadącym pojazdem. Dostrzeżenie takiego światła na podłodze jest informacją dla innych uczestników ruchu o nadjeżdżającym robocie. Robot wyposażony jest także w listwę LED pozwalającą na informowanie użytkownika o aktualnym jego stanie poprzez zmianę kolorów.

Autor

dr inż. Olaf Dudek

Product Owner robotów typu IntraBot

© Etisoft Smart Solutions 2023

07

„Kierowca" pojazdu autonomicznego, czyli kto tym steruje

Roboty mobilne są skomplikowanymi maszynami, od których wymaga się odpowiednich reakcji, o czym powiemy więcej w dalszej części artykułu. Mówimy, że są to pojazdy autonomiczne, jednak nasuwa się pytanie – w takim razie co lub kto nimi steruje?

Tak jak istnieje wiele typów robotów, tak istnieje wiele typów układów sterowania. Opisany jednak zostanie typ stosowany w IntraBotach.

Spektrum rozwiązań znajduje się na skali, która opisuje podział odpowiedzialności za proces biznesowy. Jedną skrajnością jest to, by roboty wiedziały o wszystkim i same się organizowały, drugą sytuacja, w której roboty są niemalże zdalnie sterowane przez systemy nadrzędne. W Etisoft Smart Solutions uznaliśmy, że najlepszym rozwiązaniem z tej skali jest „odpowiednio mądry robot i odpowiednio mądry system". Roboty mają za zadanie poradzić sobie w jak najszerszym zbiorze sytuacji. Muszą być zdolne do pracy nawet w przypadku chwilowego zaniku łączności bezprzewodowej (wi-fi), muszą zrobić wszystko co w ich mocy, by zakończyć zleconą im akcję. Akcje to proste zadania, z których będzie składać się proces biznesowy. Takie rozwiązanie powoduje, że robot wyposażony jest w pewną grupę kierowców i w zależności od tego o którym mówimy, spełnia on inną rolę.

Z jakimi wyzwaniami należy się zmierzyć? Roboty, o czym już pisaliśmy, są złożonymi maszynami. Postawmy się na miejscu robota i rozważmy do czego musi być on przystosowany.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Obsługa mechaniki

Pierwszą niezbędną i dość oczywistą funkcjonalnością robota jest to, że musi on się poruszać. Zapewnienie odpowiedniej obsługi silników, sterowania prędkością oraz odczytu parametrów pracy jest kluczowe, bez tego cała reszta funkcjonalności przestaje mieć znaczenie. Do tego celu AGV/AMR musi mieć swój system operacyjny (Operating System).

Dlatego w ESS opracowaliśmy IntraBotOS bazujący na systemie ROS (Robot Operating System), który pozwala na sterowanie, komunikację i łatwą wymianę modułów w robocie. Zadaniem tego oprogramowania jest standaryzacja tego z czym komunikuje się reszta systemu.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Odnajdywanie się w przestrzeni

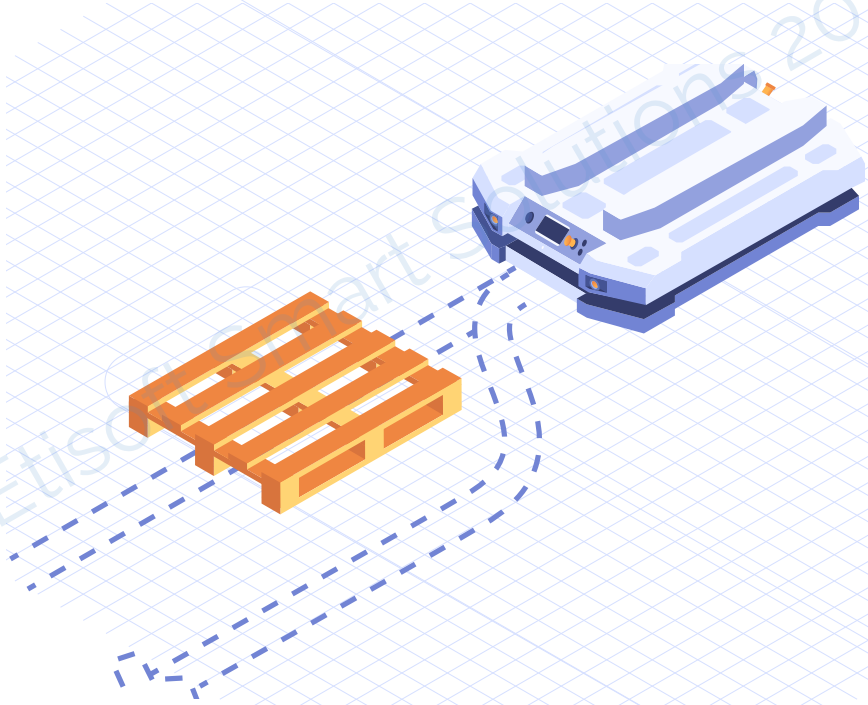
Robot jest już zdolny, by się poruszać. Niewiele mu brakuje do tego, by jeździć. Gdzie on jednak jeździ? Czy da się gdziekolwiek dostać nie wiedząc, gdzie się jest?

Odpowiedź na pytanie, gdzie znajduje się robot, przychodzi z algorytmów odpowiedzialnych za rozwiązanie problemu lokalizacji. Algorytmy lokalizacyjne pozwalają na wykorzystanie wielu metod obliczania pozycji, od ręcznego wskazania, gdzie robot się znajduje, przez lokalizację SLAM na bazie skanerów przestrzeni i kamer, po obsługę systemów czy punktów charakterystycznych. Wewnątrz systemów lokalizacji znajduje się jeszcze jeden niepozorny element, o którym wiele osób zapomina. Opis zakładu, w tym - gdzie są punkty, w których robot może coś robić, gdzie są ścieżki i czy są jakieś ograniczenia prędkości. Czy istnieją specyficzne wymagania dla przestrzeni, w której robot się znajduje. Zapewnienie odpowiedniego systemu lokalizacji, niczym posiadanie mapy, jest wstępem do następnej czynności robota.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Przemieszczanie się i nawigowanie

Robot jest już „świadomy" tego, w jaki sposób może się poruszać, gdzie się znajduje, oraz gdzie położone są ważne miejsca. Jak jednak z miejsca, w którym obecnie jest dojechać do innego? Oprogramowanie nawigacyjne rozwiązuje dwa problemy, nawigacji lokalnej i globalnej. Czym różnią się te dwa problemy? Problem nawigacji globalnej odpowiada na pytanie jak z punktu A najlepiej dojechać do punktu B. To te algorytmy odpowiadają za poszanowanie zasad ruchu, kierunku dróg. Można go porównać do nawigacji samochodowej, wskazuje trasę, ale to człowiek prowadzi.



Rolę kierowcy przejmują algorytmy nawigacji lokalnej, które odpowiadają na pytanie, jak najlepiej podążać trasą. To one odpowiadają za omijanie nieznanych przeszkód czy pieszych. To również one dbają o nieprzekraczanie dopuszczalnych parametrów jazdy.

© Etisoft Smart Solutions 2023

© Etisoft Smart Solutions 2023

Złożone zachowania

Wcielając się w robota, potrafimy już dużo. Lecz jak wytworzyć złożone zachowania? Robot nie tylko jeździ, musi również korzystać z infrastruktury, pobierać ładunki, decydować co w sytuacjach innych niż normalne powinien zrobić. Jak sprawić, by z całych swoich sił wykonał powierzone mu zadanie.

Systemy behawioralne, bo o nich teraz mowa, należy traktować jak rutyny, jak pewnego rodzaju instrukcje, które odpowiadają za podejmowane działania. Dzięki temu można bardzo elastycznie podejść do wykonywanych akcji, czyli najmniejszych czynności w trakcie procesu biznesowego.

Systemy behawioralne odpowiadają też za zachowanie robota w przypadkach, które są niepoprawne, takich jak brak możliwości przejazdu, brak ładunku w punkcie pobrania, potrzebę dynamicznej zmiany parametrów ze względu na proces. Dzięki temu można utrwalać zachowanie robota, dodawać mu coraz to bardziej wyrafinowane metody rozwiązywania problemów.

Niestety, nie każdy problem ma rozwiązanie.

© Etisoft Smart Solutions 2023

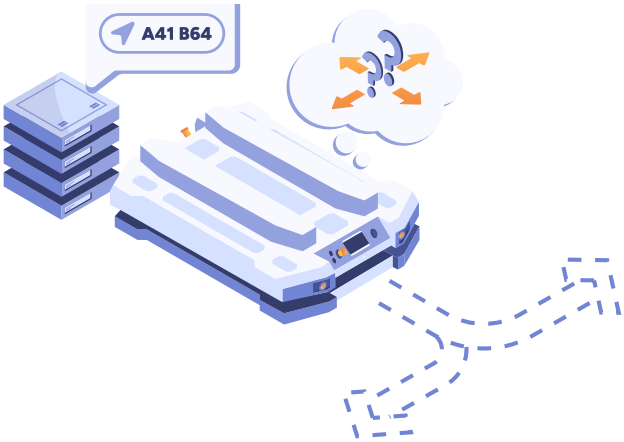
Wewnętrzna diagnostyka

Gdy już robot zaczyna być funkcjonalny, należy liczyć się z tym, że kiedyś będzie wymagać napraw i konserwacji. Systemy diagnostyczne i agregacyjne obserwują to, co się dzieje wewnątrz robota. To one informują zainteresowane strony o tym, że np. temperatura procesora niebezpiecznie wzrosła.

Może to sugerować potrzebę wyczyszczenia wentylatorów chłodzących. Taki system może wydawać się niepotrzebny, jednak roboty są naprawdę złożonymi maszynami, a liczbę błędów, które każdy robot może zwrócić, trzeba określać w setkach. Ten natłok informacji jest przytłaczający, pozwala jednak na to, by przeszkolone osoby wiedziały dokładnie, co należy sprawdzić lub wymienić.

Oczywiście nie każdy jest serwisantem, więc podobnie jak w przypadku samochodu dane diagnostyczne są agregowane w zrozumiały komunikat. Ostatecznie nie ma znaczenia dla użytkownika czy silnik samochodu jest niesprawny ze względu na uszkodzone wtryski czy ze względu na uszkodzoną uszczelkę pod głowicą, samochód w obu sytuacjach należy odwieźć do mechanika.

© Etisoft Smart Solutions 2023



Komunikacja zewnętrzna

Wszystkie wcześniej opisane programy mają jedną cechę, nie wychodzą poza robota, nikt poza robotem o nich nie musi wiedzieć. Jednak roboty nie żyją w próżni. Muszą przyjmować rozkazy, informacje, które są wytworzone wewnątrz systemu, mogą być potrzebne innym. Powinny więc być komunikowane.

System komunikacji zewnętrznej pozwala na „rozmowę" wielu systemów z robotem, obserwacji ważnych parametrów, zdalnej zmiany konfiguracji. Obecnie stosujemy lekki protokół MQTT powszechnie używany w systemach IOT oraz Przemysłu 4.0. Samo oprogramowanie jest jednak znacznie potężniejsze. W przypadku potrzeby komunikacji innym protokołem lub nawet innym fizycznym medium niż wi-fi istnieje możliwość wpięcia się w te same zasady komunikacji.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Podsumowanie układu sterowania

Jak widać, oprogramowanie jest dość złożone. Niestety, nie istnieje coś takiego jak oprogramowanie w pełni uniwersalne. Mimo, że dwa roboty mogą składać się z podobnych podzespołów, różnice pomiędzy nimi często są znaczne.

Przykładowo, roboty IntraBot Lift 550 są robotami, które poruszają się jak czołg - jazda do przodu jest niezależna od obrotu. Ma to wiele zalet, ale i swoje ograniczenia. Algorytmy nawigacyjne powiązane z krótkoterminowym planowaniem, omijaniem przeszkód i podążaniem za ścieżką są stosunkowo proste. Ale trzeba uwzględnić, że nie można w pełni wykorzystać mocy silników, jeżeli chcemy zawsze osiągać te same maksymalne prędkości liniowe i kątowe.

Inne roboty, takie jak IntraBot Fork 1100 sterują się bardziej jak samochód, a prędkość kątowa zależy od skrętu i prędkości koła napędowego. Ten model jazdy jest trudniejszy do opanowania ze względu na powiązanie pomiędzy prędkością liniową a kątową. Inne układy kinematyczne, pomimo braku tego utrudnienia, nie są odpowiednie dla tego typu robota. Roboty te, nawet jeżeli korzystałyby z tych samych komponentów, muszą posiadać nieco inne oprogramowanie. Oczywiście duża część pozostaje ta sama, ale zmieniają się, i to bardzo znacząco, algorytmy nawigacji oraz niektóre elementy obsługi hardware'u. Dodatkowo, istnieje jeszcze jeden niezwykle istotny układ o którym należy napisać.

Układ bezpieczeństwa

Niezależnie od typu robota, niezbędnym jest zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. W tym celu każdy robot jest wyposażony w dodatkowy układ spełniający wymogi norm takich jak **ISO3691-4, czy EN-13849-1.**

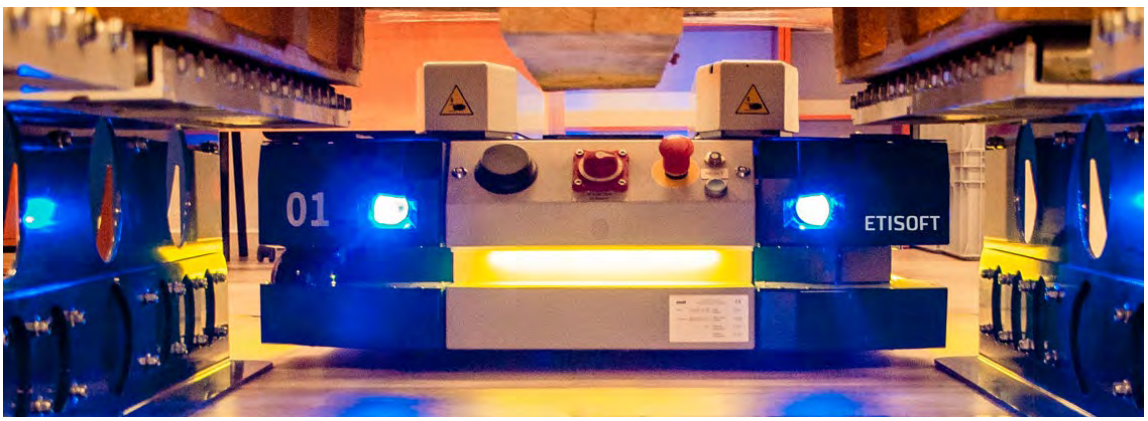
Układ bezpieczeństwa należy traktować jak nadzorcę. Obserwuje on za pomocą specjalizowanych czujników stan robota oraz jego otoczenia. Jeżeli w wyniku niepoprawnego działania robota lub nieprzewidywalnej sytuacji nastąpi niebezpieczny wzrost ryzyka wypadku, robot zostanie unieruchomiony do czasu, w którym ryzyko będzie akceptowalne.

Rola tego bezpiecznego nadzorcy może być porównana do policji na drodze. Jeżeli wszystko co się dzieje jest zgodne z kodeksem drogowym, nie będzie reagować. Jednak nawet najmniejsze wykroczenie będzie zauważone. Oczywiście elementy układu sterowania, które zostały wcześniej wspomniane pracują tak, by wyprzedzić układ bezpieczeństwa. Należy więc traktować go jako ostatnią linię obrony, formalnego nadzorcę i sędziego rozpatrującego zachowania robota.

Czy to oznacza, że roboty są w pełni bezpieczne?

Tak, należy jednak zachować zdrowy rozsądek. Możemy założyć, że robot jest racjonalnym i bardzo uprzejmym uczestnikiem ruchu. Jednak nawet najbardziej racjonalni i uprzejmi biorą udział w wypadkach, bo fizyki nie da się oszukać. Zachowania, które uznano by na drodze publicznej za nieodpowiedzialne lub niebezpieczne trzeba uznawać też za takie w obecności robota. Gdy ktoś z premedytacją wbiegnie pod koła, robot będzie chciał się zatrzymać, ale nie zatrzyma się w miejscu.

Wiemy już kto kieruje robotem, jak może odnajdować się w przestrzeni oraz że możemy mu zaufać. W przypadku jednego robota, w skrajnie uproszczonym procesie (który w praktyce nie występuje) może to być wystarczające. Co jednak, kiedy mamy dużo robotów?



© Etisoft Smart Solutions 2023

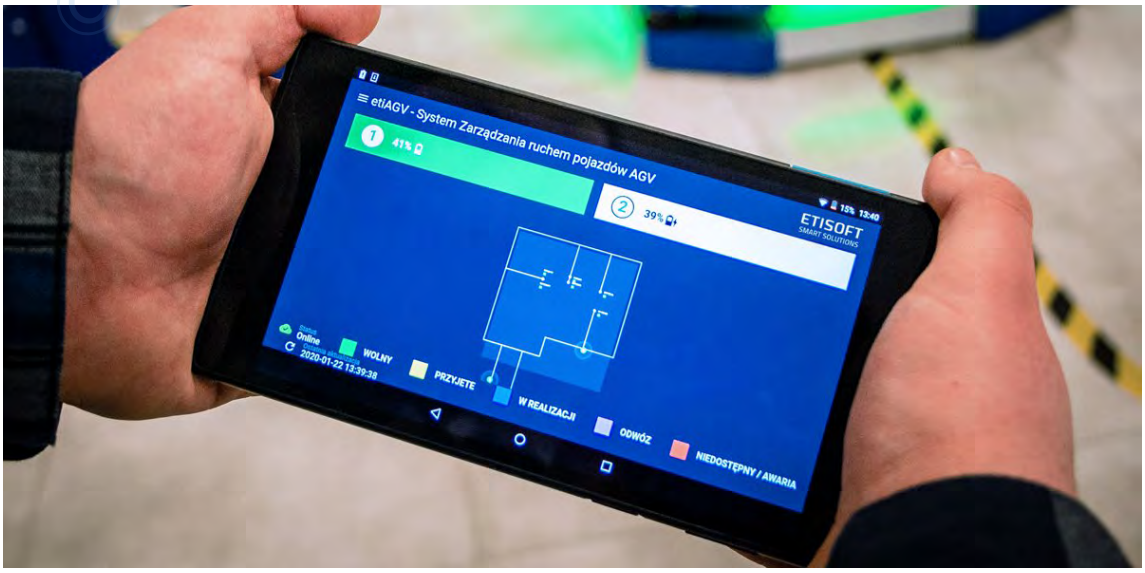
08

Zarządzanie flotą robotów

W przypadku zarządzania wieloma robotami, w procesie o różnym stopniu skomplikowania, natrafiamy na wiele wyzwań, które są dla robotów trudne do rozwiązania. W jaki sposób mamy definiować całe misje, złożone z wielu powiązanych ze sobą kroków? Co w przypadku gdy różne misje dotyczą różnych grup robotów oraz jak zarządzać ruchem tak, by był on możliwie optymalny ze względu na czas, energię, którą trzeba wydać, by wykonać misję, czy ze względu na ryzyko zakorkowania? Floty robotów rządzą się swoimi prawami, podobnie jak na drodze. Bez zdefiniowanych zasad poruszania się, sygnalizacji świetlnej, rond czy ograniczeń prędkości, duże grupy robotów nie byłyby w stanie poruszać się w sposób wydajny i bezpieczny. System nadrzędny daje rozwiązanie dla tych wyzwań.

Oprogramowanie zarządzające pojazdami, podobnie jak same oprogramowanie robotami, jest bardzo zróżnicowane. Wynika to zarówno z potrzeby zapewnienia wysokiej elastyczności, skalowalności rozwiązania, jak i z przyjętego przez producenta podejścia. Możemy przecież mówić o sytuacjach, w których roboty są sterowane centralnym „mózgiem", ale możemy również rozważyć przypadek o całkowicie rozproszonej odpowiedzialności, w której to roboty, niczym rój, same będą się organizować. Każde podejście ma plusy, ale również wyzwania, z którymi trzeba się mierzyć.

Niezależnie od wybranego rodzaju filozofii dostarczania wartości, nadal pozostaje wiele dziedzin, które będą wpływać na system. Każdy klient jest nieco inny, ale problemy pozostają w podobnym spektrum.



© Etisoft Smart Solutions 2023

Nowoczesne architektury oprogramowania pozwalają na rozbicie całej olbrzymiej dziedziny zarządzania logistyką wewnątrzzakładową na mniejsze, lepiej zrozumiałe procesy. W Etisoft Smart Solutions podążyliśmy tą drogą.

Z czego składają się systemy Etisoft Smart Solutions? Systemy, które wyszły spod ręki naszych pracowników, zostały podzielone na kilka głównych podsystemów (które w rzeczywistości również są rozdzielone na mniejsze fragmenty).

Zarządzanie robotami

Pierwszym jest system IntraFleet. Jest to menedżer robotów, zarządza ich logiką biznesową, kumuluje akcje robota w misje spełniające wymogi klienta. Ponadto zarządza i monitoruje ruch robotów oraz kolejkuje zlecenia, organizuje roboty w grupy funkcjonalne - floty. To nie wszystko co oferuje, jednak należy założyć, że są to jego najważniejsze zadania. Będziemy go wykorzystywać niemal w każdym systemie. Wiele jego zalet wspomaga prace nawet gdy proces wymaga jednego robota.

Metody generowania misji

Zlecenia, czyli informacja o potrzebie użycia robota, muszą zostać w odpowiedni sposób wygenerowane. Tutaj pojawiają się cztery możliwości, każda odpowiednia dla innego scenariusza. W najprostszych systemach, gdzie proces wymaga tylko wywołania, a same roboty nie wchodzą w interakcje z pracownikami, wystarczy dedykowany moduł systemu Intrafleet pozwalający na wygenerowanie odpowiedniego panelu operatora jako strony internetowej.

W trudniejszych przypadkach możliwym jest podłączenie dedykowanych paneli operatora, które mogą mieć większą liczbę funkcji, szczególnie wtedy, gdy operator musi potwierdzić, że robot może odjechać dalej. A co w przypadku, gdy wiele sygnałów ma wpływ na wygenerowanie jednej misji, gdy należy zbadać odpowiednie zależności lub zapewnić odpowiednią kolejność? To rozwiązywane jest modułem, który nie zajmuje się samym transportem, ale przygotowaniem odpowiednich planów na misje. Menedżer zleceń, o którym tu wspominamy, będzie niezbędnym elementem systemów o wysokiej złożoności.

Integracja z istniejącymi systemami

Większość z zakładów, w których mają się pojawić roboty, już w pewien sposób jest zautomatyzowana. W trakcie dotychczasowych prac rozwojowych, podjęto decyzję o automatyzacji procesów zakupowych, magazynowych i wielu innych, które do tej pory wymagały olbrzymiej ilości dokumentów albo nakładu pracy. Czy systemy klasy ERP, MES lub WMS mogą zostać zintegrowane z nowym systemem? Czy urządzenia automatyki, maszyny i manipulatory mogą również komunikować się z nowym nabytkiem fabryki? Oczywistym absurdem byłoby wymaganie, by wymienić te systemy, istnieje więc możliwość integracji. Doświadczenie pokazuje, że za każdym razem wygląda to nieco inaczej, więc mimo szczerych chęci, ta możliwość musi być dostosowywana dla konkretnego klienta, co niestety

© Etisoft Smart Solutions 2023

nieznacznie wydłuża czas potencjalnego wdrożenia.

Integrację, niezależnie czy to zewnętrzne systemy mają informować o stanie, wywoływać misje lub wpływać na ich przebieg, czy też otrzymywać raporty i informacje o przemieszczonych ładunkach, wykonuje się za pomocą specjalnie przygotowanych adapterów. Można o nich myśleć jako o tłumaczach, którzy rozumiejąc wiele języków, przekładają znaczenie słów dwóch rozmawiających osób. Dlaczego więc same systemy ESS nie będą rozmawiać w wielu językach? Uzasadnienie jest proste. Istnieje wiele protokołów, wiele magistral, wiele specyficznych wymagań klienta, lepiej więc, by te adaptery były osobnym elementem, który jest wykorzystywany tylko wtedy, kiedy jest niezbędny.

Wizualizacja procesów i raportowanie

Dobry system transportu nie tylko zapewnia przewóz ładunku. Powinien pozwalać również na wnioskowanie, dostarczać dane pozwalające na szukanie dalszej optymalizacji procesu.

Dotychczas opisane oprogramowanie jest rozszerzalne o moduły raportujące oraz rozwiązania pozwalające na prezentacje stanu, takie jak dedykowane panele i tablice synoptyczne. Rozwiązanie to, modularne o wysokiej granulacji, pozwala na stosunkowo szybkie dostosowanie się do specyficznych wymagań konkretnego zakładu oraz dostarczenie precyzyjnie danych, które są potrzebne, bez zbędnego szumu informacyjnego.

Nietypowe wymagania, czy to wszystko co mamy do zaoferowania?

W przypadku, w którym żaden system, który oferujemy nie spełnia pewnych nietypowych wymagań, istnieje możliwość rozszerzenia oferty o dedykowane oprogramowanie. Oczywiście nie jest to proces prosty, i w zależności od skomplikowania, czas dostarczenia takiego rozwiązania, może nieco wydłużyć wdrożenie oraz zwiększyć jego koszt. Niemniej, nasze standardowe oprogramowanie jest przemyślane w taki sposób, by proces ten był możliwie szybki i nie wymagał zmian w naszych produktach.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Autor

inż. Dominik Ługowski

Product Owner oprogramowania IntraBotOS i IntraFleet

© Etisoft Smart Solutions 2023

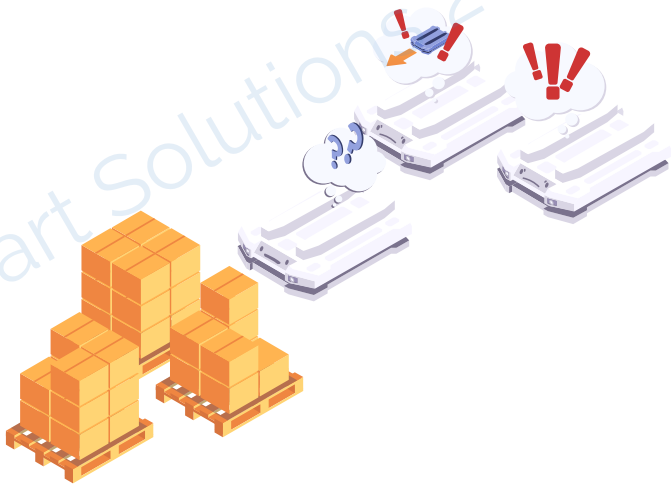
09

Robert Robotny implementuje system AGV/AMR, czyli przykładowe wyzwania wdrożeniowe

Mimo, że opis systemu został w znaczny sposób uproszczony, może przyprawiać o zawrót głowy. Ilość modułów, podsystemów, funkcji może wydawać się przytłaczająca. **W jaki sposób wykorzystać te wszystkie możliwości?**

Rozważmy fikcyjny zakład produkcyjny. Robert Robotny, właściciel dobrze prosperującej fabryki postanowił, ze względu na problemy wywołane brakiem pracowników na rynku, że zainwestuje w roboty mobilne. Jego proces jest prosty! Zdecydował się więc kupić dwa roboty, by zapoznać się z systemem.

Etap 0
Wdrożenie na własna rękę



Proces pana Roberta, w którym testuje możliwości robotów jest trywialny. Pracownicy produkcji, po naciśnięciu przycisku, przywołują robota, by ten odebrał wyrób gotowy z dedykowanego stanowiska i przewiózł do magazynu na inny element dedykowanej infrastruktury.

© Etisoft Smart Solutions 2023

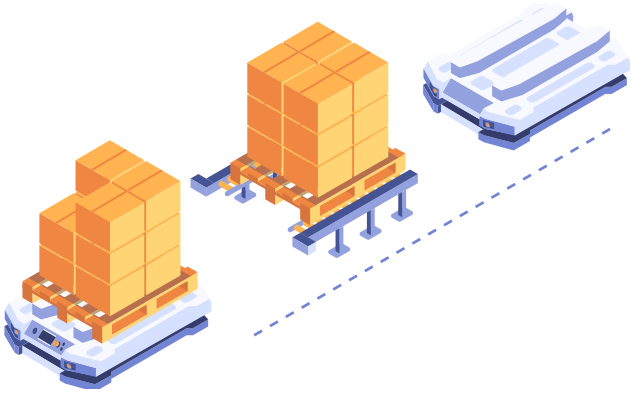
Zdolna kadra odpowiadająca za systemy IT oraz utrzymanie ruchu wykonała taką integrację. Faktycznie roboty, ze względu na niski takt produkcyjny testowanego przypadku oraz obsługę tylko dwóch z kilkunastu linii radzą sobie doskonale, a inwestycja się zwraca. Pan Robotny postanawia więc kupić więcej robotów tak, by te obsługiwały odbiór elementów gotowych na wszystkich liniach.

I tu pojawia się problem. Zakład jest niewielki, zwiększenie częstotliwości dostaw oraz liczby robotów doprowadziło do korków. Ze względu na brak doświadczenia, pracownicy IT rozłożyli ręce i stwierdzili, że tego nie da się zrobić. Inwestycja, mimo włożonych w nią środków, przestaje się opłacać. Wszystko wraca do stanu sprzed wdrożenia, a roboty zostają sprzedane ze stratą.

Czy Robert Robotny mógł to zrobić lepiej?

© Etisoft Smart Solutions 2023

Etap 1
Roboty i IntraFleet

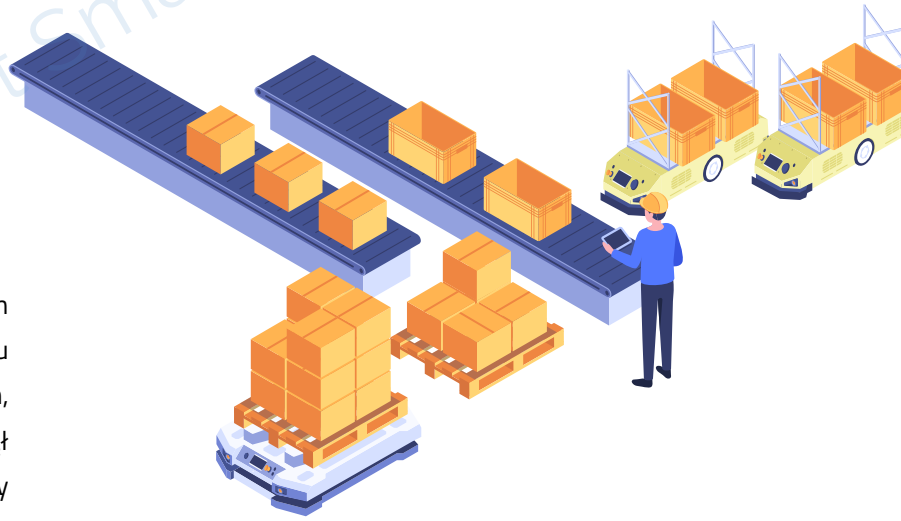


Rozważmy ten sam scenariusz co wyżej, ale z wykorzystaniem odpowiedniego systemu. Nie jest on tani, ale jego rozwój i utrzymanie nie jest po stronie działu IT oraz innych pracowników, którzy mogą zajmować się swoimi normalnymi obowiązkami (a jak wiadomo, zawsze jest więcej pracy, niż można wykonać). Pan Robert decyduje się więc na kupno dwóch robotów wraz z odpowiednim systemem, a ze względu na prostotę swojego przypadku, otrzymuje minimalną ofertę, w której skład wchodzi jedynie IntraFleet.

Zamiast fizycznych przycisków, operatorzy otwierają odpowiednią stronę w przeglądarce, reszta jednak zostaje identyczna. Podobnie jak we wcześniejszym scenariuszu, roboty działają doskonale. Zapada więc decyzja o rozwoju systemu i obsłudze wszystkich linii. Roboty zostają dostarczone, wdrożone i działają, jak powinny działać. IntraFleet ciągle monitoruje to, co się dzieje. Mimo wysokiej autonomii roboty otrzymują ciągłe informacje o tym czy i jak powinny się zachowywać. Ta ciągła wymiana informacji sprawia, że korki niemalże nie istnieją. Proces udało się przeskalować.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Etap 2
Nowe roboty i inny proces

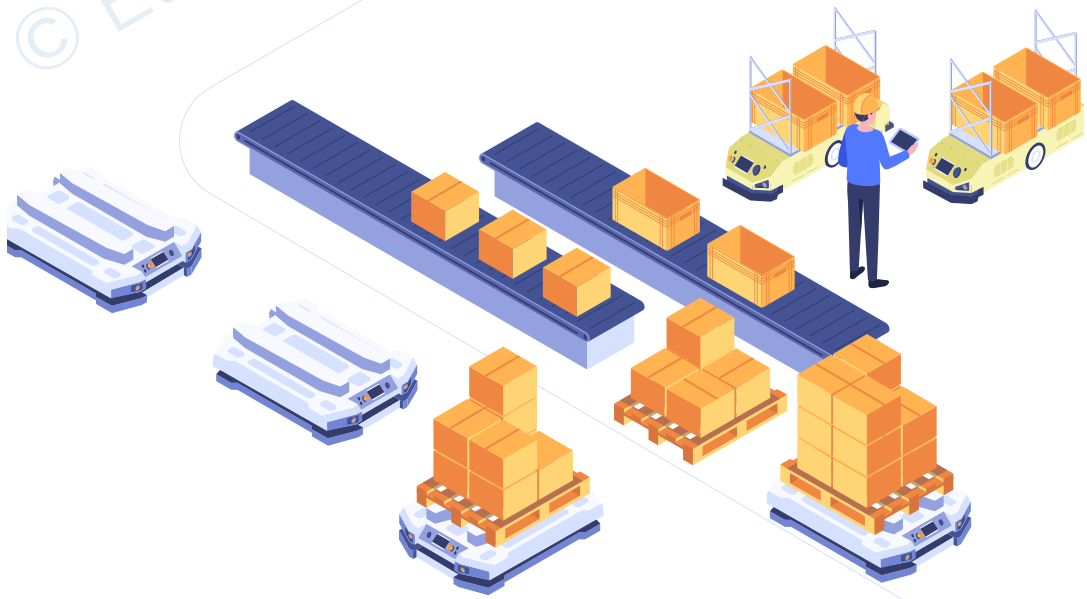


Zachęcony dotychczasowym zachowaniem się systemu odbioru produktów gotowych, pan Robert Robotny zaczął rozważać kolejne elementy procesu.

Wraz z menedżerami produkcji zdecydował, że należy zautomatyzować dostarczanie komponentów produkcji. Tych jednak, ze względu na wymagania procesu, nie można długotrwale składować w miejscu produkcji i muszą one być dostarczane just in time. Zdecydowano więc, że robot, który ma je dostarczać powinien poczekać, aż magazynier wyda mu odpowiednie komponenty zdefiniowane przez zamawiającego, a następnie, po dojechaniu na miejsce, w którym następuje produkcja, poczekać

aż operator odbierze te elementy. Jako że ładunek nie jest duży, ani w sensie masy ani gabarytu zdecydowano, by użyć małych robotów, które łatwo będą manewrować w wąskich przestrzeniach przy maszynach produkcyjnych. Rozpisano projekt na wdrożenie pierwszej linii, w ramach testów.
Mimo, że proces wydaje się podobny, to zawiera jeden szczegół, który dużo utrudnia. Operatorzy wchodzą w interakcje z robotem i sami między sobą wymieniają informacje, które podzespoły są potrzebne. System należy więc rozszerzyć o prawdziwe panele operatorów, które nie tylko pozwolą na zamówienie, ale i prostą komunikację i interakcje z robotem.

Wyobraźmy sobie sytuację, w której system oparty o roboty mobilne został zakupiony przez Roberta Robotnego, przeprowadzono wdrożenie i dokładnie wyjaśniono jak działają te panele, co do których zdecydowano, że również będą stroną w przeglądarce.
Panel zamawiającego, po przyciśnięciu odpowiedniego przycisku, wywołuje dwie wiadomości. Jedną do systemu IntraFleet, by ten wysłał robota, co natychmiast się dzieje, a drugą do panelu magazyniera, który pokazuje mu, że komponenty A, B i C będą zaraz niezbędne. Ten bez zwłoki zabiera się za kompletację zamówienia. Robot dojechał, magazynier odłożył na niego wymaganą paczkę.
Teraz następuje druga interakcja. Magazynier widzi na swoim panelu przycisk podpisany jako „Gotowe". Pojawił się on w momencie, w którym robot zadeklarował, że dojechał na miejsce. System IntraFleet, zgodnie ze skonfigurowaną misją, poprosił więc panel o potwierdzenie, że robot może jechać dalej, co spowodowało pojawienie się wspomnianego przycisku. Magazynier korzysta ze swojego panelu i potwierdza wydanie. Tym samym panel informuje menedżera robotów, że może kontynuować swoją misję, zaś panel operatora, że może wyświetlić informację o zbliżającej się dostawie.
Podobnie jak w przypadku współpracy z pracownikiem magazynu, robot po dojechaniu informuje oprogramowanie nadzorujące, że jest na miejscu, co powoduje pojawienie się odpowiedniego pola na panelu operatora. Po jego użyciu misja się kończy, robot wraca na swoje stanowisko ładowania.

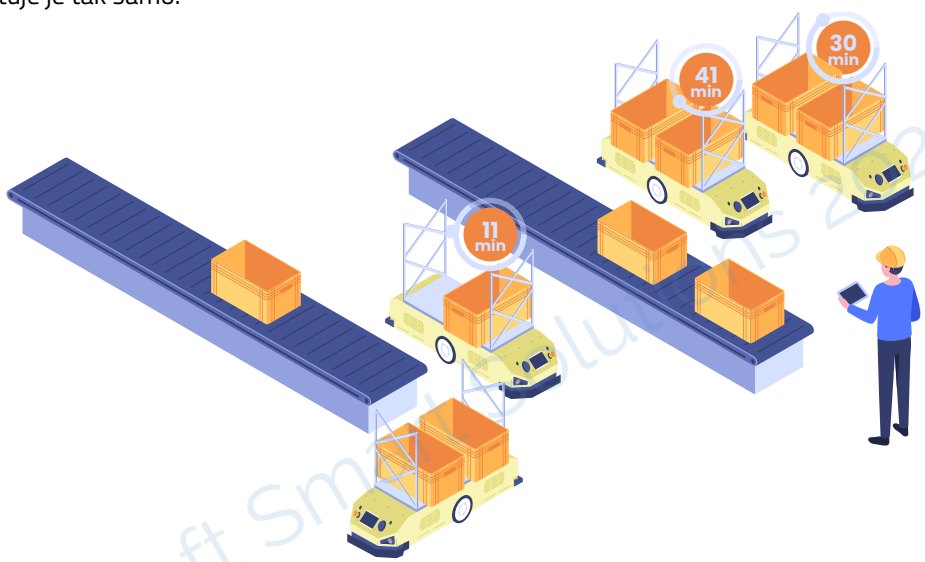


© Etisoft Smart Solutions 2023

© Etisoft Smart Solutions 2023

Proces przebiega sprawnie i istnieje możliwość na jego powtórzenie dla innych stanowisk.

Należy jeszcze tutaj zwrócić uwagę na dwa aspekty. Zarówno roboty z produktami gotowymi, jak i nowe odpowiadające za transport komponentów, nadzorowane są tym samym systemem, mimo to te procesy na siebie nie wpłynęły. Skąd system wie, że do jednych zadań należy brać jedne roboty, do innych inne? Roboty zostały zagregowane we floty – produktów gotowych i dostarczenia komponentów. Obie floty mają przypisane inne misje, a system paneli został tak zaprojektowany, by wysyłał prośbę o odpowiednią misję. Warto zauważyć też, że w dużej mierze roboty korzystają z tych samych ścieżek. Jak więc to się dzieje, że duże roboty z floty produktów gotowych nie kolidują z małymi? Mimo, że są to różne floty, obowiązują je te same zasady ruchu, IntraFleet w przypadku rozwiązywania konfliktów na trasie traktuje je tak samo.



Etap 3
Rozszerzenie ilości robotów i wymagana optymalizacja

Testowa automatyzacja procesu dostawy podzespołów wypadła dobrze. Robert Robotny jest zadowolony z tego, jak system pracuje i chce go rozszerzyć. Niestety, trafia na potężne wyzwanie. Proces ten, po przeskalowaniu na wszystkie podzespoły, które muszą zostać dostarczone dokładnie, gdy są wymagane, okazał się nieskalowalny. Częste transporty i obsługa jednego stanowiska sprawiły, że ilość wymaganych robotów, jest olbrzymia. Mimo tego, pełen nadziei zwrócił się do integratora z pytaniem czy jest to wykonalne.

Po długich rozmowach i dokładnym zbadaniu wymogów okazało się, że proces dostaw można zebrać w grupy. Okazało się bowiem, że pracownicy i tak zgłaszają zapotrzebowanie w czasie, w którym jeszcze mają trochę zapasu. Po długotrwałych analizach uznano, że komponenty A nie mogą czekać, one muszą być dostarczone tak szybko, jak to możliwe. Komponenty B i C mogą czekać do 30 minut zanim rozpocznie się proces transportu, a komponent D może czekać nawet godzinę. Uwzględniając te

© Etisoft Smart Solutions 2023

zasady udało się zredukować wymaganą ilość robotów z kilkunastu dużych do kilku małych. Jak jednak tworzyć takie zależności? Przecież to bez sensu, by robot z transportem dla linii nr 1 oraz 4 musiał jechać w kolejności przez wszystkie. Pracownicy produkcji wiedzą tylko o swoich potrzebach. Może to magazynier powinien decydować, kiedy co wydać i przez jakie stanowiska powinien jechać robot za każdym razem wybierając inną misję?

Rozwiązaniem tutaj okazuje się system menedżera zleceń, który zostanie zintegrowany z panelami operatorów. Wywołuje on odpowiednio skonstruowaną misję i przekazuje jej odpowiednie parametry. Parametry te wynikają z prostych zasad popartych wcześniejszą analizą. Roboty transportujące komponenty zostały wyposażone w półki pozwalające na transport pięciu zamówień.

Zasady składania zleceń są więc następujące:

- Jeżeli pojawiło się pięć zleceń, należy wywołać misję
- Jeżeli pojawiło się zamówienie na komponent A należy wysłać misję, nawet jeżeli jest mniej niż 5 zleceń
- Jeżeli pojawiło się zamówienie na B lub C należy wysłać misje odpowiednio w 30 lub 60 minut od pojawienia się zamówienia, nawet jeżeli jest mniej niż 5 zamówień.

Dzięki takiemu podejściu, stosunkowo prosta misja, może być wysyłana tylko wtedy, gdy jest niezbędna. Sam jej przebieg jest niemal identyczny. Robot jedzie na magazyn, gdzie pracownik odkłada na niego odpowiednie ładunki. Następnie potwierdza załadunek. Kolejno pracownicy produkcji otrzymują komunikaty o zbliżającej się dostawie, a po jej odebraniu potwierdzają, że robot może jechać do kolejnego stanowiska. Jak można się domyślić, przebieg procesu satysfakcjonuje Roberta Robotnego. Z tego powodu szuka on dalszych metod optymalizacji procesu.

Etap 4
Integracja z systemami innych firm i kastomizacja

Po pewnym czasie Robert Robotny wraz z pracownikami znaleźli obszar, w którym ich proces jest nieoptymalny. Pracownik magazynu, w trakcie kompletacji, musi wprowadzać informacje co zostało pobrane. Zajmuje to jego czas, niestety zdarza się też, że popełnia błędy lub zwleka z wydaniem komponentów. Nie ze złej woli lub lenistwa, zwyczajnie proces wprowadzenia zmian jest długotrwały. Czy można tego uniknąć? Ostatecznie system menedżera zleceń dokładnie wskazuje, ile elementów musi zostać pobrane, dla której linii i kiedy takie zlecenie się pojawiło.

Po zapytaniu Roberta Robotnego o możliwość integracji z dotychczasowymi systemami, został zaproponowany mu odpowiedni adapter, pozwalający na spięcie systemów robotyki mobilnej z zainstalowanym systemem MagicWMS. Niestety, nie jest to system, którego specyfika byłaby znana integratorowi. Z tego względu konieczne jest studium wykonalności takiego połączenia. Okazało się, że system ten można zintegrować jedynie przez odpowiednią bazę danych. Nie jest to sytuacja optymalna, ale pada decyzja o rozpisaniu projektu na taką integrację. Samo oprogramowanie nie

© Etisoft Smart Solutions 2023

jest mocno skomplikowane, musi bowiem odbierać odpowiednie wiadomości, które system zleceń przesyła do panelu magazyniera. To standardowy przypadek, więc ta część oprogramowania zostaje szybko wytworzona. Druga część, mimo swojej wykonalności, musi być uznana za trudną. Pierwsze testy wskazują, że należy dodatkowo „odpytać" bazę o kilka kluczowych informacji przed próbą wpisania informacji o wybraniu komponentów. Wynikło to ze specyfiki systemu WMS, nie dało się tego przewidzieć. Niemniej po tych perturbacjach system zaczyna działać poprawnie. Następuje, nieco opóźnione, ale wdrożenie systemu. W samym systemie transportu nie trzeba nic zmieniać. Instalacja przebiega sprawnie, a projekt może zostać uznany za sukces.

Podsumowanie

Czy opowieść o zakładzie Roberta Robotnego jest uproszczona i przedstawiona w nadmiernie optymistyczny sposób? Odrobinę tak, pokazuje bowiem pewnego rodzaju docelową ścieżkę rozwoju systemu automatyzacji transportu. Pominięte zostały pewne detale, a część systemu została nieco pozbawiona technicznej głębi.
Mimo to opowieść ta, mam nadzieję, pozwoliła zrozumieć jakie elementy mogą składać się na system nadrzędny oraz w jakim celu można je zastosować.

© Etisoft Smart Solutions 2023

10

Projektowanie i wdrożenie systemu intralogistycznego

Kluczem do udanego wdrożenia jest planowanie. A to oparte jest w znacznej mierze o dane. Im lepsze dane, tym łatwiej zaprojektować i wdrożyć efektywne rozwiązanie. Oto kluczowe etapy dla udanego wdrożenia systemu opartego o pracę robotów AGV/AMR.

Możliwości techniczne i założenia biznesowe

Przed rozpoczęciem rozmowy z dostawcą systemu AGV/AMR, dobrze jest przygotować podstawowe dane dotyczące automatyzowanego procesu takie jak: rodzaj nośników logistycznych (co ma być transportowane) i wydajność (ile transportów ma być zrealizowanych w jednostce czasu). Warto również określić przy jakich parametrach (ROI, KPI) system ma szanse wdrożenia. Pierwszy dialog z dostawcą, takim jak Etisoft Smart Solutions, dotyczyć będzie przede wszystkim tych parametrów – na ich podstawie można określić bardzo wstępną estymację kosztów oraz potwierdzić potencjalne możliwości techniczne wykonania systemu. Jeśli ten wstępny etap przebiegnie pomyślnie, przeprowadzany jest audyt lokalny pozwalający na uszczegółowienie specyfikacji projektowanego procesu intralogistycznego.

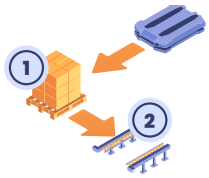
© Etisoft Smart Solutions 2023

Specyfikacja procesu

Ten etap najczęściej odbywa się na hali produkcyjnej. W tej fazie:

- definiuje się proces i jego parametry (logika procesu, sposób wyzwalania misji, pożądane zachowania systemu),
- określa się masę przewożonych ładunków,
- określa się trasy przejazdów robotów mobilnych AMR,
- określa się ograniczenia wynikające z istniejącej infrastruktury i procesów (dostępność powierzchni, szerokość korytarzy, ew. obecność bram, uwarunkowania sieciowe czy systemów informatycznych),
- analizuje się zakłócenia ruchu na trasie przejazdu robotów oraz warunki środowiskowe (np. zapylenie, temperatury),
- wyznacza się z danych historycznych wydajność procesu (np. liczbę przewożonych palet w jednostce czasu) biorąc także pod uwagę potencjalne zmiany layoutu fabryki,
- przewiduje się wystąpienie sezonowych obciążeń systemu, np. przez wystąpienie „pików produkcyjnych".

© Etisoft Smart Solutions 2023

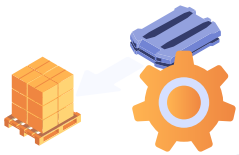


Koncepcja rozwiązania oraz projekt systemu

W dalszym kroku, na podstawie zebranych danych powstaje wstępny projekt systemu. Na koncepcję rozwiązania składają się przede wszystkim opis procesu z punktu widzenia logiki systemu oraz dobór komponentów niezbędnych do zbudowania rozwiązania i ich konfiguracja/kastomizacja.

Opis procesu dekomponuje działanie systemu na konkretne zachowania robotów i oprogramowania oraz definiuje interakcje pomiędzy człowiekiem, robotami AGV/AMR oraz systemem nadrzędnym. Określane są tu m.in.: logika biznesowa procesu, sposób wyzwalania misji, zachowania robotów przy podejmowaniu i odkładaniu ładunku, zadania operatorów itp.

Na komponenty systemu składają się przede wszystkim roboty mobilne odpowiedniego typu, a także dobrane pod dany proces oprogramowanie - składające się z systemu operacyjnego robota (IBOS) i systemu nadrzędnego (np. Intrafleet – system do zarządzania flotą robotów) z odpowiednimi modułami. Uzupełnieniem są urządzenia dodatkowe w postaci np. doków, doków z rolotokami, windy palet, czujników wizyjnych itp.



Symulacja oraz analiza procesu

Narzędziem wspierającym analizę procesu są również zaawansowane symulacje numeryczne odwzorowujące projektowane procesy logistyczne w danym zakładzie produkcyjnym lub magazynie.

Tego typu symulacje systemów intralogistycznych wykonywane są dzięki wykorzystaniu specjalistycznego oprogramowania, które odwzorowuje warunki produkcyjne w rzeczywistości wirtualnej. Pozwala ono m.in. na: wizualizację rozwiązania, wyznaczenie wskaźników wydajnościowych, wyznaczanie liczby robotów, wskazanie ryzyka projektowego (np. wąskie gardła) czy wstępny audyt zastosowanych systemów bezpieczeństwa.

Na tym etapie jest też możliwość doboru różnych wariantów rozwiązań i porównania ich między sobą. W konsekwencji, dobierana jest niezbędna liczba robotów mobilnych oraz potrzebna infrastruktura (doki, stacje ładowania, magazyny palet itp.).

To także w tej fazie następuje weryfikacja logiki biznesowej procesu zaimplementowanej w systemie nadrzędnym – oprogramowaniu zarządzającego flotą robotów. Określane są tu sposoby wyzwalania misji, zasady ruchu dla floty robotów (tzw. traffic control), sposoby konfiguracji panelu operatora, itp. Za symulacją rozwiązania idzie prognoza kosztów, a ta z kolei jest bazą do wyceny rozwiązania.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Wdrożenie

Kiedy projekt systemu został zaakceptowany oraz przebiegły pomyślnie wymagane testy w siedzibie dostawcy (FAT - Factory Acceptance Test), czas na wdrożenie. Zespół projektowy, w ścisłej współpracy z Klientem, implementuje rozwiązanie w docelowej fabryce lub magazynie. Kluczowym etapem wdrożenia jest test odbiorczy w siedzibie (SAT - Site Acceptance Test), którego celem jest weryfikacja już na miejscu, czy system działa poprawnie i jest zgodny ze specyfikacją. Ważnym elementem wdrożenia są także szkolenia pracowników i przekazanie instrukcji obsługi działania systemu.

Monitorowanie

Od momentu wdrożenia, rozpoczyna się stałe monitorowanie parametrów pracy systemu, w tym: ewidencja liczby przewiezionych jednostek logistycznych, średnie czasy realizacji misji, wydajność czy skuteczność. Kastomizacja systemu pozwala także na tworzenie indywidualnych modułów prezentacji danych, np. zdefiniowanych przez Klienta wskaźników KPI. Elementem monitorowania systemu są także okresowe przeglądy dokonywane w miejscu pracy systemu.

Gwarancja i serwis

Dobrą praktyką jest udzielenie Klientowi, tuż po uruchomieniu systemu, bezpłatnego okresu wsparcia inżynierów w miejscu wdrożenia. Domyślnie, udzielana jest także 12-miesięczna gwarancja. W jej okresie, ewentualne niezgodności pracy systemu ze specyfikacją są korygowane na koszt dostawcy. Po tym okresie usługi serwisowe są płatne. Prace serwisowe realizowane są zarówno online (zmiany w oprogramowaniu zarządzającym flotą robotów), jak i offline (wymiana części, zmiany w systemie operacyjnym robota).

© Etisoft Smart Solutions 2023

11

Przykład wdrożenia, czyli automatyzacja i optymalizacja w Lumileds

W 2020 roku firma Etisoft Smart Solutions Sp. z o.o. zrealizowała projekt bazujący na robotyce mobilnej dla przedsiębiorstwa produkcyjnego Lumileds Poland, który jest potentatem branży automotive, liderem technologii źródeł światła.

Firma Lumileds dostarcza dla klientów oświetlenie samochodowe, ogólne oświetlenie LED-owe oraz produkty LED dla segmentu konsumenckiego. Zakład produkuje samochodowe oświetlenie przednie, sygnalizacyjne oraz wewnętrzne wykorzystując technologię halogenową i konwencjonalną. Wizją firmy jest rozwój i produkcja innowacyjnych produktów najwyższej jakości oraz dostarczanie ich do klientów w terminie.

Celem współpracy firmy Lumileds Poland i Etisoft Smart Solutions Sp. z o.o. była automatyzacja procesów dostawy komponentów na linie produkcyjną oraz wyrobów gotowych do strefy wysyłki z przepustowością 30 palet na godzinę. Podstawą wdrożenia było opracowanie projektu systemu intralogistycznego. W tym celu przeprowadzono zaawansowaną symulację w środowisku FlexSim poprzez zmapowanie hali produkcyjnej oraz istniejącego procesu produkcyjnego. Uwzględnienie zewnętrznych zakłóceń procesów umożliwiło przeprowadzenie symulacji procesów w warunkach zbliżonych do rzeczywistości. Wykonana dzięki temu analiza potwierdziła możliwość realizacji projektu według przyjętych założeń.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Założenia i realizacja projektu

W tabeli przedstawiono główne założenia projektu, uwzględniające aspekty wydajnościowe oraz budżetowe wdrożenia robotów AGV/AMR w zakładzie produkcyjnym automotive.

Główne założenia projektu:

Wydajność/efektywność systemu	30 palet/h
Redukcja kosztów zatrudnienia	10 etatów
ROI – zwrot z inwestycji	5 lat
Czas pracy	7 dni/24h
Zaprojektowanie, wyprodukowanie i wdrożenie nowego modelu AGV/AMR	wymagane

Cząstkowe założenia projektu:

Liczba robotów funkcjonujących w zakładzie	6
Liczba punktów logistycznych	40
Liczba stacji ładowania dla robotów AGV	6
Integracja z IT Klienta	Wymagane
Pełna integracja systemu z infrastrukturą Klienta	Wymagane
Pokonywany dystans robotów AGV	250 m w pętli
Interfejs użytkownika	Aplikacja webowa, panel operatorski, panel umieszczony bezpośrednio na robocie
Bezpieczeństwo i higiena pracy w zakładzie	Roboty przystosowane do pracy z ludźmi, zgodnie z normą ISO 3691-4 i CE

Wszystko to odbywało się w ramach ustalonego z Klientem harmonogramu, a efekty prac poszczególnych etapów projektu były regularnie prezentowane i odbierane przez zamawiającego. Po uzgodnieniu specyfikacji i założeń projektu z Klientem przygotowaliśmy zaawansowany model numeryczny w środowisku FlexSim dla Klienta, aby zwizualizować i przeanalizować dostępne rozwiązania.

Do najważniejszych zalet systemu, które wyróżniają go na tle rozwiązań konkurencyjnych można zaliczyć:

- Głęboką integrację z systemami IT pozwalającą na automatyczne generowanie misji logistycznych zgodnie z zapotrzebowaniem produkcyjnym,
- Współpracę floty robotów mobilnych IntraBot w wykonywaniu zadań logistycznych dzięki zaawansowanym algorytmom sterowania oraz kontroli ruchu,
- Integrację z bliźniakiem cyfrowym procesu wykonanym w technice HiL (Hardware in the Loop), pozwalającą przewidzieć zachowanie się systemu podczas niestandardowych sytuacji, takich jak np. pliki produkcyjne, czynności serwisowe itp. określa się ograniczenia wynikające z istniejącej infrastruktury i procesów (dostępność powierzchni, szerokość korytarzy, ewentualnie obecność bram, uwarunkowania sieciowe czy systemów informatycznych),
- Bezobsługową pracę systemu, w tym system automatycznej wymiany baterii realizowany w ramach projektu RPSL.01.02.00-24-0459/19 pt. „Opracowanie wysokowydajnego systemu intralogistycznego bazującego na rodzinie mobilnych robotów transportowych typu AMR (system HEPIS)" wyznacza się z danych historycznych wydajność procesu (np. liczbę przewożonych palet w jednostce czasu) biorąc także pod uwagę potencjalne zmiany layoutu fabryki,
- Współpracę z aktywnymi oraz pasywnymi systemami bezpieczeństwa umożliwiającą współpracę z ludźmi oraz innymi pojazdami stosowanymi w procesach intralogistycznych,
- Modułowość systemu pozwalającą na jego adaptacyjność zarówno pod względem mechanicznym, jak i programistycznym,
- Doskonałą manewrowość robotów mobilnych IntraBot (obrót w miejscu oraz ruch dwukierunkowy) umożliwiających ich użycie w wąskich ścieżkach oraz liniach produkcyjnych.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Jakie efekty operacyjne odnotowano po zrealizowaniu projektu?

Nastąpiła pełna automatyzacja procesów logistycznych. Dostarczony system spełnia wymagania funkcjonalne i wydajnościowe. Miesięcznie system w sposób autonomiczny przewozi kilka tysięcy palet. Funkcjonowanie systemu pomaga rozwijać optymalizację procesów produkcyjnych i jego dalszą integrację z funkcjonującymi systemami informatycznymi. Powyższe umożliwiło redukcję pracochłonności i kosztów zatrudnienia w zakresie logistyki wewnętrznej.

System pomaga rozwijać optymalizację procesów produkcyjnych oraz ich integrację z funkcjonującymi systemami informatycznymi. Dzięki jego wdrożeniu porządkowane i standaryzowane są funkcjonujące procesy logistyczne. Poprawia się jakość funkcjonowania transportu wewnętrznego. Konkretną korzyścią ekonomiczną jest możliwość redukcji pracochłonności i kosztów osobowych w zakresie logistyki wewnętrznej. Do dodatkowych korzyści można zaliczyć:

- Wirtualne wdrożenie (bliźniak cyfrowy) pozwalające na znaczne usprawnienie procesu automatyzacji poprzez dokładne zaplanowanie etapów względem wymagań Klienta. Przyczynia się to do redukcji kosztów całego projektu oraz ma wpływ na bezpieczeństwo funkcjonowania procesu.
- Głęboką integrację z systemami klasy MES pozwalającą na automatyczną realizację zadań logistycznych. Wpływa to na bezobsługowość systemu i tym samym redukcję kosztów osobowych. Jednocześnie system IntraFleet 4.0 zasila danymi systemy MES, co pozwala na optymalizację procesu produkcyjnego.
- Automatyczną wymianę akumulatorów (projekt HEPIS) pozwalającą na redukcję floty robotów mobilnych IntraBot przy zachowaniu wymagań wydajnościowych. Przekłada się to na zmniejszenie kosztów bezpośrednich w projekcie (koszty robotów AGV/AMR).

© Etisoft Smart Solutions 2023

12

Cena systemu AGV/AMR i co na nią wpływa?

Pytanie o orientacyjną cenę systemu automatyzującego procesy intralogistyczne, wykorzystujące roboty AGV/AMR należy do najczęściej zadawanych. „Półkowa" cena robotów mobilnych to zwykle kilkadziesiąt tysięcy euro za robota w systemie. Wielu producentów dysponuje odpowiednimi cennikami, więc w zasadzie można uznać, że nie ma o czym mówić.

Odpowiedź na pytanie o cenę nie zawsze jest jednak prosta, wpływ na nią ma wiele czynników. Zwłaszcza w projektach wymagających dostosowania (kastomizacji) lub „szytych na miarę", czyli wszędzie tam, gdzie mamy do czynienia z dostosowaniem systemu pod specyficzne wymagania w danym procesie. Praktyka pokazuje, że takie sytuacje to zdecydowana większość przypadków.
Kastomizacja dotyczy przede wszystkim dopasowania części mechanicznej (np. interfejsy robota do transportowania nietypowego nośnika logistycznego) i oprogramowania (np. napisanie modułu do komunikacji systemu z bramą, przez którą ma przejeżdżać robot). Jakie są więc główne czynniki wpływające na cenę systemu AGV/AMR?

Wydajność

Wydajność to jeden z kluczowych czynników wpływających na cenę systemu. Liczba jednostek logistycznych, które muszą być dostarczone w jednostce czasu determinuje większość parametrów systemu. Roboty mogą poruszać się z prędkością do ok. 5 km/h. Każde dokowanie, zatrzymanie, ominięcie przeszkody, ładowanie to dodatkowy czas, który wpływa na częstotliwość dostaw. Liczba transportów, które muszą być zrealizowane w jednostce czasu determinuje liczbę potrzebnych robotów a te, w wycenach systemów, mają zwykle największą wagę.

Nośnik logistyczny, czyli co transportujemy

Paleta EURO, pojemnik KLT, a może niestandardowa platforma lub kosz na kółkach?
Nośnik logistyczny jest kluczowy z punktu widzenia doboru odpowiedniego robota lub opracowanie dla niego odpowiednich dodatków konstrukcyjnych, pozwalających na pobranie i odłożenie nośnika. Od tego zależy, czy dostawca może zaoferować produkt „półkowy" czy też będzie musiał ingerować w konstrukcję robota lub tworzyć specjalne interfejsy kompatybilne z nośnikiem. Jak nietrudno się domyślić – ma to istotne znaczenie dla kosztów systemu.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Punkt logistyczny, czyli skąd i dokąd transportujemy

Dok, dok z rolotokiem, posadzka, a może regał?

Typ punktu logistycznego również wpływa na dobór odpowiedniego robota. Niektóre roboty umożliwiają podnoszenie nośników logistycznych bezpośrednio z posadzki, inne z doków, a jeszcze inne z regałów. Ceny robotów transportujących kosze na kółkach są inne od cen robotów przenoszących palety z posadzki na posadzkę. Punkt logistyczny ma więc także wpływ na dobór robota lub floty robotów, co również przekłada się na cenę.

Liczba punktów logistycznych

Każdy odwiedzany przez robota punkt logistyczny przekłada się na czas wykonywanej przez niego misji. Dokowanie to jedna z bardziej czasochłonnych czynności robota. Dłuższy czas misji obniża jej wydajność, a to z kolei przekłada się na liczbę robotów, które muszą być wykorzystane do obsługi procesu. Duża liczba dokowań to także więcej zużytej energii, a co za tym idzie, więcej czasu spędzonego w stacji ładowania.

Długość, szerokość, kształt i inne cechy trasy

Odległości jakie muszą pokonać roboty ma wpływ na wydajność całego systemu, a więc długość tras będzie miała wpływ na liczbę wykorzystywanych robotów. Oczywiście, przełoży się na cenę całego systemu. Dostępna szerokość trasy może determinować typ użytego robota oraz jego maksymalną prędkość. Może się okazać, że wąskie korytarze znacząco wpłyną na bezpieczeństwo użytkowania systemu, co przełoży się na zmniejszenie prędkości robotów, a to z kolei spowoduje zmniejszenie wydajności systemu intralogistycznego. Poziom złożoności trasy wpływa także na ilość niezbędnych prac programistycznych, w szczególności optymalizację algorytmów zarządzających ruchem floty robotów.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Autor

Marcin Młodożeniec

Dyrektor marketingu i sprzedaży

© Etisoft Smart Solutions 2023

13

Gwarancja i serwis

Na obecnym etapie rozwoju rynku w Polsce większość firm przygotowuje się do pierwszego wdrożenia systemu AGV/AMR, mimo to, jednym z najczęściej pojawiających się pytań na etapie zakupu systemu jest pytanie o opiekę techniczną nad wdrożonym rozwiązaniem już po jego wdrożeniu. I trudno się dziwić. Pytania o model współpracy serwisowej po wdrożeniu są w pełni uzasadnione.
Oto garść informacji o tym, jak może być realizowana opieka serwisowa: gwarancyjna i pogwarancyjna.

Okres gwarancji

Systemy oferowane przez ESS są w większości indywidualnie przygotowane pod potrzeby konkretnego Klienta. Ponieważ jesteśmy projektantem systemu, producentem robotów oraz oprogramowania, a także integratorem całego rozwiązania – znamy projekt „od podszewki". Serwisujemy więc cały system od A do Z. Domyślnie, udzielamy gwarancji na okres 12 lub 24 miesięcy. W tym czasie realizujemy wszelkie prace serwisowe niezbędne do funkcjonowania systemu bez dodatkowych opłat.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Zgłoszenia serwisowe

Jako dostawca oddajemy działający system (odbiory Klienta), zgodny ze specyfikacją. W sytuacji, kiedy z różnych powodów, system nie pracuje w zgodzie z ustalonymi wcześniej funkcjonalnościami, wyznaczone po stronie Klienta osoby zgłaszają incydent poprzez dedykowany do tego celu system informatyczny i/lub drogą telefoniczną na wskazany w umowie numer hotline. Po stronie dostawcy (ESS) odpowiednie służby podejmują zgłoszenie i rozwiązują problem w odpowiednim czasie, zgodnie z rygorami Service Level Agreement (SLA) zadeklarowanymi w umowie.

Co właściwie jest serwisowane?

Z punktu widzenia ESS, serwisowany jest system AGV/AMR, który najczęściej składa się z następujących komponentów: oprogramowanie (system operacyjny robota, system do zarządzania flotą robotów), roboty mobilne (część sprzętowa), urządzenia uzupełniające (np. doki, czujniki wizyjne).

© Etisoft Smart Solutions 2023

Typy usług serwisowych

Znaczną część wyzwań technicznych związanych z serwisem systemu można rozwiązać zdalnie. Dotyczy to prac związanych z oprogramowaniem. Najczęściej są to konsultacje telefoniczne związane z pracą systemu i jego konfiguracją oraz aktualizacje oprogramowania do zarządzania pracą robotów. W przypadku awarii sprzętowej najczęściej niezbędna jest wizyta serwisowa. W tej sytuacji służby techniczne dokonują naprawy na miejscu lub w uzasadnionych przypadkach, udostępniają robota zastępczego.

Opłaty za usługi serwisowe

Usługi serwisowe służące poprawności działania systemu w okresie gwarancji realizowane są nieodpłatnie. Po upływie gwarancji obsługa serwisu jest usługą płatną, rozliczaną w modelu abonamentowym. Elementem obsługi serwisowej mogą być także usługi dodatkowo płatne, wynikające z rozbudowy systemu. Najczęściej są to modyfikacje systemu związane ze zmianami u Klienta (np. zmiany layoutu w fabryce, dodawanie miejsc logistycznych, szkolenia dla pracowników).

© Etisoft Smart Solutions 2023

14

FAQ

Poza materiałami, które zebraliśmy w formie artykułów, poniżej zamieszczamy dodatkowo odpowiedzi na najczęściej pojawiające się pytania, z którymi spotykamy się w codziennej działalności.

Prędkość jazdy robota, od czego zależy?

W przypadku większości robotów ESS mówimy o maksymalnej prędkości robota wynoszącej 5 km/h. Prędkość jazdy robota jest ograniczona przede wszystkim ze względów bezpieczeństwa i wysokość kosztów. Bardzo często sama fabryka narzuca limity prędkości dla robotów wynikające z ryzyka wypadków i ich konsekwencji. Na szybkość poruszania się robota wpływ mają również ograniczenia procesowe – np. na zakrętach robot musi zwolnić. Do tego mamy kwestie przyczepności, hamowania przed przeszkodami, inne ograniczenia kinematyczne oraz normy. Przykładowo ISO 3691-4 mówi, że w odległości mniejszej niż 50 cm od przeszkody do sztywnego elementu robota bądź ładunku – prędkość powinna zostać ograniczona do 0,3 m/s, czyli ok. 1 km/h.

Jaka może być maksymalna masa ładunku?

Projektujemy roboty najczęściej do transportowania ładunków o masie do 550 kg oraz do 1100 kg.

Na jak długo wystarcza bateria?

Systemy projektowane są przede wszystkim w taki sposób, aby zapewnić niezbędną wydajność. To ona determinuje liczbę robotów niezbędnych do obsłużenia procesu. Należy jednak pamiętać, że roboty mobilne ładują się średnio ok. 30% czasu. Zwykle misje komponowane są w taki sposób, aby tuż po ich zakończeniu robot udał się do stacji ładowania. Ładowanie takie nazywamy buforowym, a jego główną zaletą jest zabezpieczenie systemu intralogistycznego na piki produkcyjne oraz zmniejszenie zużycia stosowanych ogniw Li-ion.

Na jak długo wystarcza bateria?

To zależy od ilości prac niezbędnych do dostosowania systemu do specyficznych warunków danej fabryki. Możliwa jest realizacja wdrożenia nawet w ciągu kilku tygodni od podpisania umowy. Im mniejsza potrzeba kastomizacji systemu pod proces Klienta, tym szybsze wdrożenie. Na ten czas mogą mieć wpływ również wyzwania związane z łańcuchami dostaw.

© Etisoft Smart Solutions 2023

Ile czasu od zamówienia do wdrożenia?

To zależy od ilości prac niezbędnych do dostosowania systemu do specyficznych warunków danej fabryki. Możliwa jest realizacja wdrożenia nawet w ciągu kilku tygodni od podpisania umowy. Im mniejsza potrzeba kastomizacji systemu pod proces Klienta, tym szybsze wdrożenie. Na ten czas mogą mieć wpływ również wyzwania związane z łańcuchami dostaw.

Jak problemy wpływają na rynku dostaw na harmonogramy wdrożeń?

Mogą wydłużyć czas oczekiwania na wdrożenie systemu. Wiele zależy od tego, czy dostawca ma odpowiednie roboty lub części niezbędne do ich zbudowania w magazynie.

Czy typ robota wpływa na cenę i termin dostawy?

Nieznacznie. Czas oczekiwania jest podobny i zwykle zależy od dostępności komponentów na rynku.

Jaka jest wydajność robotów AGV/AMR?

To zależy od wielu czynników, natomiast dla przeciętnej odległości w pętli 250 m potrzeba 5 robotów do zapewnienia wydajności 30 palet/godzinę.

Jakie nośniki logistyczne transportują roboty AGV/AMR?

W zależności od typu robota, można transportować: palety, pojemniki KLT oraz kosze logistyczne na kółkach. Istnieje możliwość zaprojektowania systemu dla niestandardowych nośników logistycznych. Wówczas należy zmienić konstrukcję robota lub zaprojektować zupełnie jego nowy typ.

Jak ocenić czy system AGV/AMR się u mnie sprawdzi?

W tym celu najlepiej przeprowadzić specjalistyczną symulację. Tworzy się tzw. cyfrowego bliźnika i dokładnie odwzorowuje warunki na hali testując różne koncepcje rozwiązania. Można sprawdzić m.in. wydajność i wąskie gardła. Przed wdrożeniem każdorazowo tworzymy symulację w cenie systemu, w innym przypadku usługa jest dodatkowo płatna. Aby ocenić możliwość wdrożenia w swoim zakładzie robotów AGV można umówić się też na bezpłatne spotkanie z naszym ekspertem.

Masz inne pytanie?

Jesli masz inne pytania związane z systemami AGV/AMR oferowanymi przez ESS,
skontaktuj się z nami!

https://etisoft.com.pl/zapytanie-ofertowe/

© Etisoft Smart Solutions 2023

ETISOFT
SMART SOLUTIONS

ess.etisoft.pl