

Dwuwymiarowy skaner laserowy w nawigacji autonomicznych jednostek mobilnych

Mariusz Stolarski

W robotyce mobilnej, szczególnie w przypadku jednostek autonomicznych olbrzymie znaczenie odgrywają systemy percepcyjne. To od ich niezawodności i dokładności w dużej mierze zależy powodzenie wykonania powierzonych robotowi misji. Naukowcy konstruując jednostki mobilne ograniczają się, głównie ze względów finansowych, do implementacji pojedynczych ale za to bardzo precyzyjnych układów percepcyjnych. Zazwyczaj są to kamery [9], skanery laserowe [6], sonary [5]. Nierzadko spotyka się też rozwiązania stanowiące połączenie całego szeregu tańszych i mniej dokładnych czujników, jak np. pierścieni czujników zbliżeniowych [7]. Istnieje również wiele prac, w których w celu zwiększenia niezawodności układu służącego do opisu otoczenia wykorzystuje się połączenie wszystkich lub kilku wybranych z wyżej wspomnianych elementów percepcyjnych [1]. Połączenie czujników jest dokonywane głównie w celu eliminacji błędów, jakimi są obciążone dane pomiarowe z jednego czujnika [6], uzupełnienia ograniczonych zakresów ich detekcji i zwiększenia ich niezawodności. Podstawowym zadaniem układów pomiarowych w robotyce mobilnej jest ostrzeżenie o występowaniu przeszkody w pobliżu robota, dostarczanie danych do budowania mapy środowiska w jakim robot się porusza i do samolokalizacji w konkretnym środowisku. W [4] opisano znaczenie i sposoby wykorzystania laserowych detektorów odległości, a autorzy nie ograniczyli swoich rozważań jedynie do zagadnień związanych z robotyką. Inne źródła pokazują, że skanery laserowe, choć z reguły o charakterystykach liniowych, mogą służyć nie tylko do opisu przestrzeni w sposób dwuwymiarowy, ale również trójwymiarowy [6]. Aby jednak tak postawione zadania

Przedstawiono wyniki badań dwuwymiarowego skanera laserowego pod względem wykorzystania w nawigacji autonomicznych jednostek mobilnych. Ze względu na przeznaczenie urządzenia, rozważania ograniczono do zjawisk charakteryzujących pomieszczenia zamknięte. Takie czynniki jak oświetlenie, kolor przeszkód, materiał z jakiego są wykonane, odległość oraz ich wymiary stanowią podstawowe źródła błędów pomiarowych. W artykule podjęto próbę oszacowania wielkości tych błędów, ich znaczenia, możliwości ich eliminacji lub sposobów zmniejszenia ryzyka jakie jest związane z ich występowaniem

nia były możliwe do realizacji, konieczna jest dogłębna znajomość wykorzystanego czujnika, a więc nie tylko parametry podawane przez producenta, ale rzeczywiste charakterystyki, które nierzadko mogą być przypisane konkretnemu egzemplarzowi urządzenia.

W literaturze można znaleźć wiele pozycji poświęconych badaniu skanerów laserowych pod względem wykorzystania ich w robotyce. Są to zarówno prace opisujące komercyjne i bardzo popularne skanery [2], jak i poświęcone mniej znanym, prototypowym rozwiązaniom [3, 6, 8].

W szczególności zwrócono uwagę na wpływ otoczenia na jakość danych pomiarowych. Skanery laserowe, jako urządzenia wykorzystujące zjawiska świetlne są szczególnie wrażliwe na wiele czynników, takich jak oświetlenie, kolor przeszkód, materiał z jakiego są wykonane, wielkość, kąt padania promienia lasera oraz wiele innych.

W dalszej części artykułu zostaną przedstawione badania wykonane skanerem laserowym URG-04LX (rys. 1), które pozwoliły zauważyć wiele zależności.



Rys. 1. Skaner laserowy URG-04LX

Dzięki takim badaniom możliwe jest zmniejszenie do minimum niepewności jaką obciążone są dane pomiarowe. Zdaniem autora pozwolą one na wyeliminowanie ryzyka niepowodzenia misji powierzonych robotowi, które może być wynikiem niewłaściwej interpretacji danych pomiarowych. Przeprowadzone badania mają również wpływ na zwiększenie bezpieczeństwa układu mobilnego i jego otoczenia.

*mgr inż. Mariusz Stolarski
Instytut Automatyki, Politechnika Łódzka*

Skaner laserowy URG-04LX

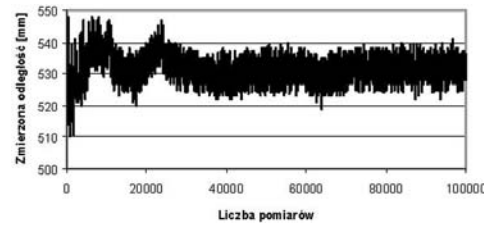
Skaner laserowy URG-04LX jest produktem japońskiej firmy HOKUYO. Jest to urządzenie pozwalające na precyzyjne skanowanie płaskiej przestrzeni opisanej kątem 240° o zasięgu od 20 mm do 4 m. Rozdzielczość skanowania to pomiar co $0,36^\circ$ z dokładnością do 1 mm. Dokładność podawana przez producenta wynosi ± 10 mm dla odległości do 1 m i $\pm 1\%$ dla odległości do 4 m. Zasada działania polega na pomiarze różnicy fazy wiązki światła laserowego o długości fali 785 nm, wysłanej i powracającej po odbiciu od przeszkody. Taka metoda, zdaniem producenta, zwiększyła stabilność pomiaru przy niewielkim wpływie refleksyjności optycznej i koloru przeszkód. Z urządzeniem można komunikować się zarówno przez port szeregowy RS-232C jak i przez złącze USB2.0, które pozwala na wykorzystanie całego zakresu prędkości transmisji danych do 9 Mbit/s. Możliwe jest zmniejszanie ilości danych przesyłanych między czujnikiem a urządzeniem nadrzędnym przez tworzenie tzw. bloków uśredniających. Polega to na deklarowaniu ilości promieni, spośród których wybierana jest minimalna wartość stanowiąca pomiar w danym zakresie kątowym. W przeprowadzonych badaniach nie dokonywano takich uśrednień i każda wartość jest opisywana pojedynczym promieniem.

Stanowisko pomiarowe

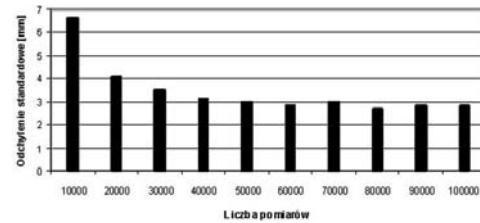
W celu scharakteryzowania wpływu otoczenia na jakość danych pomiarowych, urządzenie zostało na sztywno przymocowane do szyny z naniesioną podziałką milimetrową. Punkt zerowy szyny pomiarowej umieszczono w punkcie opisującym środek podstawy czujnika. Na szynie zainstalowano uchwyt, pozwalający na łatwą zmianę badanych przeszkód, jak i na ich przesuwanie wzdłuż szyny z dokładnością ± 1 mm na odległość do 2,7 m. W trakcie dokonywania pomiarów zwrócono szczególną uwagę na zachowanie takich samych warunków otoczenia, czyli oświetlenia i temperatury. Wszystkie prezentowane poniżej wyniki, stanowią średnią arytmetyczną z co najmniej 300 próbek tego samego pomiaru (w niektórych badaniach liczba próbek wynosiła 500, 1000 lub 2000). Jednocześnie kolejne doświadczenia były przeprowadzane kilkakrotnie w ciągu następujących dni.

Wpływ czasu pracy skanera na dokładność pomiarów

Jak zauważono w pracy [2], czas działania urządzenia może mieć dość znaczący wpływ na jakość danych pomiarowych. W celu sprawdzenia, czy efekt nagrzewania ma znaczenie również w przypadku tego skanera, dokonano w ciągu około 3 godzin 100 000 pełnych pomiarów, zapisując co dziesiąty z nich. Jak można zaobserwować na rys. 2, dla pierwszych 30 000 pomiarów zauważalne są znaczne oscylacje średniej wartości mierzonej sięgające 20 mm.



Rys. 2. Wpływ czasu pracy urządzenia na dane pomiarowe



Rys. 3. Wpływ czasu pracy urządzenia na odchylenie standardowe rozkładu mierzonych wartości

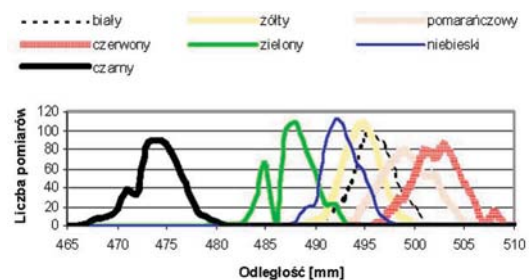
Analiza zmian odchylenia standardowego opisująca średni błąd kwadratowy pomiaru, liczona na podstawie kolejnych 10 000 pomiarów przedstawiona została na rys. 3. Zauważalna stabilizacja następuje dopiero po 50 000 pomiarach, to jest po około 1,5 godziny ciągłej pracy. Tak długi czas nagrzewania się skanera może mieć znaczący wpływ na pracę urządzenia w układach mobilnych z własnym zasilaniem.

W celu znormalizowania danych pomiarowych, wszystkie kolejne badania przeprowadzane były po wcześniejszym rozgrzaniu czujnika.

Wpływ koloru i optycznej refleksyjności przeszkody na dane pomiarowe

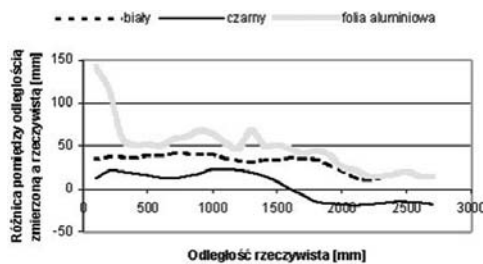
Aby określić wpływ koloru i refleksyjności przeszkód na wskazania skanera, badaniu poddanych zostało kilka nacięć różnych materiałów. Były to matowe, papierowe płytki w kolorach: białym, żółtym, pomarańczowym, czerwonym, zielonym, niebieskim i czarnym. Inne przeszkody to drewno nielakierowane i z naniesionym przezroczystym błyszczącym lakierem, folia aluminiowa, lustro, szkło przezroczyste, szkło ciemne – nieprzezroczyste, czarny materiał typu polar, futro. Doświadczenia wykonano najpierw przy pełnym zaciemnieniu pomieszczenia a następnie przy jaskrawym oświetleniu. Badanie zostało powtórzone dla różnych odległości.

Rys. 4 jednoznacznie pokazuje występowanie zależności pomiędzy kolorem a mierzoną odległością. Ciekawą



Rys. 4. Wpływ koloru na dane pomiarowe

właściwością jaką można zaobserwować jest to, że kolory jaskrawsze, czyli żółty, biały, pomarańczowy i czerwony dają skanerowi złudzenie większych odległości niż kolory zielony, niebieski i czarny. Badania wykonane dla drewna nielakierowanego, materiału typu polar i futra, były bardzo zbliżone do wyników uzyskanych dla papieru w kolorze czarnym. Przeszkody o błyszczącej powierzchni, takie jak folia aluminiowa, drewno lakierowane, nieprzezroczyste szkło czarne, podobnie jak jaskrawe kolory dawały złudzenie znacznie większych odległości nawet do 20 mm względem papieru w kolorze białym. Wyniki badań uzyskane dla lustra wahały się pomiędzy wartością zbliżoną do tej uzyskanej dla folii aluminiowej, a błędem o numerze 7¹⁾. Szkło przezroczyste nie było wykrywane przez skaner.



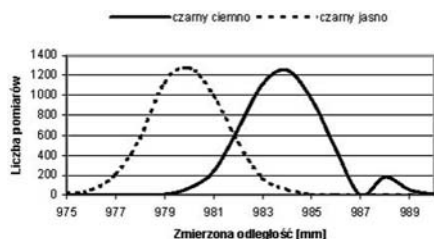
Rys. 5. Wielkość różnicy pomiędzy odległością do przeszkody podawaną przez skaner a rzeczywistą

Na rys. 5 można prześledzić natomiast stopień dokładności pomiaru odległości w zależności od odległości do przeszkody i jej rodzaju. Przy założeniu, że punkt zerowy pomiaru przechodzi dokładnie przez środek podstawy czujnika widzimy, że najdokładniej rozpoznawane są materiały ciemne. Wartość błędu wynosi 20 mm dla odległości do 1,5 m i -20 mm dla odległości większych niż 1,5 m.

Papier biały daje złudzenie odległości większych nawet o 40 mm a folia aluminiowa o 50 mm. Różnica ta maleje ze wzrostem odległości, a dla niektórych materiałów zmienia również znak.

Wpływ oświetlenia na dane pomiarowe

Wykonanie poprzedniego doświadczenia w dwóch warunkach oświetleniowych pozwoliło na zaobserwowanie kolejnej zależności. Na rys. 6 pokazano widma rozkładu zmierzonych odległości dla przeszkody w postaci



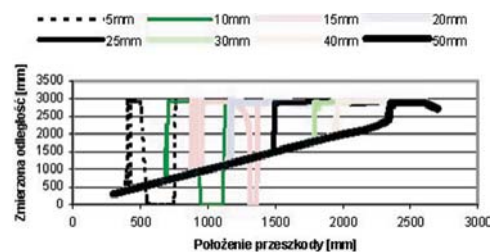
Rys. 6. Wpływ oświetlenia na wyniki pomiarowe

¹⁾ Zgodnie z dokumentacją dołączoną do URG-04LX, błąd o kodzie 7 oznacza, że odległości podane w kroku poprzednim i następnym obarczone są błędem.

czarnej kartki papieru. Jednak takie same relacje występują również w przypadku wszystkich pozostałych badanych obiektów. Widoczne jest znaczne przesunięcie zmierzonej odległości, która w przypadku oświetlenia obiektu jest krótsza o około 5 mm.

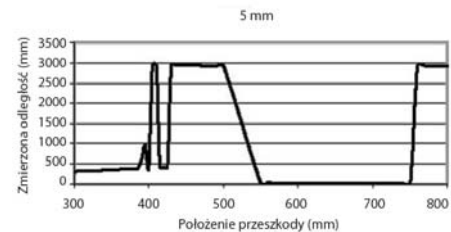
Zjawisko znikania cienkich przeszkód

Ponieważ w otoczeniu robota mobilnego pracującego w pomieszczeniach, może występować szereg przeszkód, których szerokość nie przekracza 5 cm, konieczne jest zbadanie zachowania skanera wobec takich właśnie obiektów. Do eksperymentu użyto przeszkody w postaci pasków tekturowych o grubości: 50, 40, 30, 25, 20, 15, 10 i 5 mm. Kolejne obiekty oddalano od czujnika ze zmiennym krokiem, aby zwiększyć dokładność pomiaru w miejscach, w których zauważono jakieś zmiany. Każda odległość stanowi średnią z 300 pomiarów.



Rys. 7. Wykrywanie cienkich przeszkód w funkcji odległości od czujnika

Na rys. 7 pokazano, że kolejne przedmioty stają się niewidoczne dla skanera po odsunięciu ich na określoną odległość. Dla przykładu obiekt o szerokości 10 mm znika w odległości 0,7 m, o szerokości 30 mm w odległości 1,8 m.



Rys. 8. Zaobserwowane dewiacje w zbliżeniu na przykładzie przeszkody o szerokości 5 mm

Proces znikania przebiega w podobny sposób dla przeszkód o różnych szerokościach. Analizując pokazany na rys. 8 przypadek obiektu o szerokości 5 mm widzimy, że zanim przeszkoda stanie się zupełnie niewidoczna, występują oscylacje, w czasie których obiekt pojawia się i znika. Zjawisko to obserwuje się odpowiednio na odcinku 50 mm (w odległości od 385 do 435 mm) dla przeszkód o szerokości 5 mm, 10 mm dla przeszkody 20 mm, 15 mm dla przeszkody 30 mm. Tak więc okres oscylacji maleje ze wzrostem szerokości przeszkody

Dla cienkich przedmiotów zaobserwowano występowanie tak zwanej "strefy martwej". Miało to miejsce po odsunięciu wąskich przeszkód na specyficzną odległość, na której nie były one już widoczne dla skanera. Odcinek na jakim obiekty te powodowały występowanie

nie takiego zjawiska, był tym krótszy im szersza przeszkoda. Dla porównania dla przedmiotów o szerokości 5 mm strefa martwa występowała nieprzerwanie na odcinku 20 cm (przesuwanie przeszkody na dystansie od 0,5 do 0,7 m) a dla przedmiotów 15 milimetrowych na odcinku 2 cm (przeszkoda przesuwana na dystansie od 1,35 do 1,37 m). W przypadku obiektów szerszych nie zaobserwowano opisanego zjawiska, przynajmniej w badanej odległości do 2,7 m.

Po konsultacjach z producentem okazało się, że przeszkoda będzie widoczna dla czujnika dopiero po wykryciu jej przez co najmniej 3 sąsiadujące ze sobą promienie. Minimalną szerokość widzianych obiektów, można natomiast określić według zależności opisanej wzorem (1)

$$W = 2 \cdot L \cdot \tan(0,36^\circ \times 3 + 0,5) \quad (1)$$

gdzie: W - minimalna szerokość obiektu (mm),
 L - odległość do obiektu (mm).

Powyższe informacje sugerują jednak, że minimalną odległość powinno się wyznaczać na podstawie zależności opisanej wzorem (2).

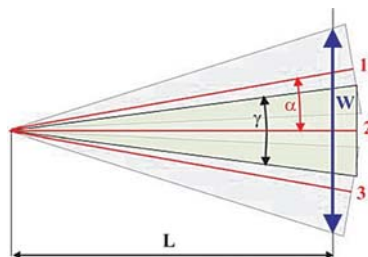
$$W = 2 \cdot L \cdot \tan(\alpha + a \cdot 0,5 \cdot \gamma) \quad (2)$$

gdzie: W i L - jak we wzorze (1)

α - kąt między sąsiednimi promieniami
 $(\alpha \approx 0,36^\circ)$

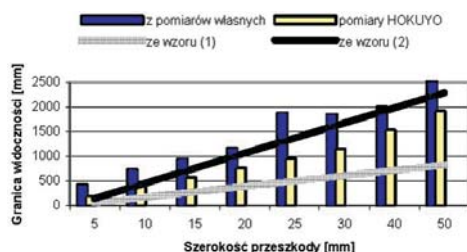
γ = kąt rozchodzenia się wiązki lasera
 $(\gamma \approx 0,57^\circ)$

Wzór ten można w prosty sposób wyznaczyć na podstawie rys. 9. Współczynnik a określa jak duża część pojedynczego promienia świetlnego musi odbić się od przeszkody aby wynik był jednoznaczny.



Rys. 9. Trzy kolejne promienie odbite od przeszkody

Na rys. 10 pokazano dla porównania wyniki uzyskane w drodze pomiarów i na podstawie zależności (1) i (2).



Rys. 10. Granice znikania kolejnych przeszkód

SCHMERSAL

Dbamy o Twoje bezpieczeństwo

Firma Schmersal-Polska jest wyłącznym dystrybutorem produktów niemieckiej grupy Schmersal na terenie Polski. Oferta obejmuje ponad 18.000 produktów z zakresu **systemów bezpieczeństwa dla przemysłu oraz automatyki przemysłowej**:

- wyłączniki bezpieczeństwa z oddzielną zworą
- blokady elektromagnetyczne bezpieczeństwa
- czujniki bezpieczeństwa
- wyłączniki zawiasowe
- wyłączniki krańcowe z funkcją bezpieczeństwa
- wyłączniki linkowe stopu awaryjnego
- kurtyny i bariery świetlne oraz skanery laserowe
- listwy i maty naciskowe bezpieczeństwa
- przyciski stopu awaryjnego
- moduły przekaźnikowe bezpieczeństwa

oraz automatyka przemysłowa:

- przyciski i osprzęt tablicowy (również dla przemysłu spożywczego)
- czujniki indukcyjne, pojemnościowe, optyczne i magnetyczne
- wyłączniki nożne
- wyłączniki wrzecionowe
- sygnalizacyjne kolumny świetlne i dźwiękowe

Prowadzimy doradztwo techniczne w zakresie doboru odpowiedniego systemu bezpieczeństwa do poszczególnych typów maszyn w zgodności z obowiązującymi przepisami. Pomagamy w przeprowadzeniu analizy ryzyka i określeniu wymaganej kategorii bezpieczeństwa.



www.schmersal.pl

Schmersal-Polska Sp.j.

ul. Kremowa 65A, 02-969 Warszawa

tel: (22) 816 85 78, faks: (22) 816 85 80, email: info@schmersal.pl

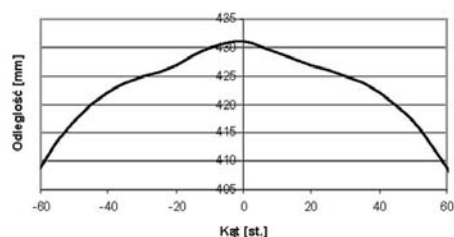
Jak widać wzór (2) w lepszym stopniu przybliża wyniki pomiarowe, zarówno te uzyskane przez autora jak i dostarczone przez producenta czujnika. Różnica ta jest szczególnie widoczna dla szerszych obiektów.

Zauważalne różnice pomiędzy wartościami zmierzonymi a wyliczonymi na podstawie wzoru (2) mogą zależeć od rodzaju materiału z jakiego wykonano przeszkodę i jej oświetlenia co wpływa na współczynnik a . W doświadczeniu przyjęto jego wartość jako 0,85, jednak występowanie oscylacji i strefy „martwej” widocznych na rys. 8 oraz zależność czasu ich trwania od szerokości przeszkody i odległości od czujnika mogą sugerować, że współczynnik a nie jest wartością stałą, a zależy od powyższych wielkości, $a(\cdot)$.

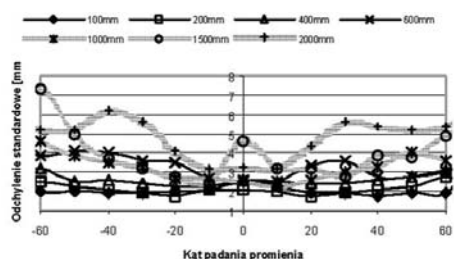
Na podstawie powyższej zależności można przy założeniu posiadania wiedzy o tym jakiej minimalnej szerokości przeszkody występują w otoczeniu robota, określić odległość, w jakiej będą one dla niego widoczne. Umiejętność oszacowania zakresu widoczności w danych warunkach może mieć olbrzymie znaczenie przy określaniu maksymalnej prędkości z jaką robot może się poruszać.

Kąt padania promienia

W środowisku rzeczywistym wykryte przeszkody nie są zawsze skierowane pod kątem prostym do padających promieni lasera. Aby sprawdzić czy istnieje zależność pomiędzy kątem padania wiązki światła a otrzymanymi wynikami przeprowadzono następujące doświadczenie: tekturowa płytka umieszczona przed czujnikiem była obracana o 10 stopni w zakresie kąta od -60° do $+60^\circ$. Dla każdego położenia przeszkody dokonano 500 pomiarów. Doświadczenie powtórzono kilkakrotnie dla różnych odległości. Do analizy wybrano promień padający na centralny punkt przeszkody, którego rzeczywista odległość od czujnika nie ulegała zmianie podczas



Rys. 11. Zależność zmierzonej odległości w funkcji kąta padania wiązki lasera



Rys. 12. Zależność wartości odchylenia standardowego rozkładu zmierzonych odległości w funkcji kąta padania promienia dla różnych odległości przeszkody

obrotu. Nie mniej jednak na rys. 11 widać, że zmierzone odległości dla kolejnych kątów różnią się.

Na rys. 12 pokazano, że kąt pod jakim rozpoznawana jest przeszkoda ma również wpływ na stabilność wyników pomiarów. Dla większych kątów, widmo zmierzonych odległości jest znacznie bardziej rozciągnięte.

Analiza wyników badań

Opisywany w artykule skaner pozwala na dokonywanie pomiarów odległości w zakresie kąta 240° , z precyzją do 1 mm. Komunikacja poprzez łącze USB2.0 dawała możliwość pobierania i zapisywania pełnego zakresu wyników z prędkością dziesięciu pomiarów na sekundę. Nie odnotowano przy takiej pracy jakiegś znaczącej ilości utraty danych pomiarowych, na którą należałoby zwrócić uwagę. Czujnik uzyskuje dokładność pomiaru rzędu ± 10 mm dla odległości mniejszej niż 1 m po wcześniejszym rozgrzaniu się, co jak wykazały badania następuje po minimum 20 000 (nie rzadko po 30 000) pomiarów. Przed rozgrzaniem pomierzone wartości podawane są z dokładnością ± 20 mm. W miarę rozgrzewania czujnika wykładniczo zwiększa się wartość średniej zmierzonej odległości nawet o 10 mm w porównaniu do wartości odległości zmierzonych przed rozgrzaniem. Najdokładniej jest odwzorowana odległość do przeszkód ciemnych, charakteryzujących się niewielkim odbiciem światła. Przedmioty jaskrawe oraz lśniąca dają złudzenie, że znajdują się w większej odległości nawet o 50 mm. Oświetlenie przedmiotu jest interpretowane przez czujnik jako przybliżenie o około 5 mm. Powyższe zależności mogą mieć znaczący wpływ na pracę urządzenia w warunkach naturalnych, w których przeszkody mogą mieć różne kolory, różny stopień refleksyjności jak i mogą być oświetlone bardzo nierównomiernie. Sugeruje się więc przyjęcie maksymalnej możliwej do przewidzenia niejednoznaczności wyniku pomiaru rzędu ± 50 mm. Pozwoli to na uniknięcie przykrych niespodzianek jak np. zderzenie z przeszkodą silnie odbijającą światło w ciemnym pomieszczeniu. W przypadku występowania elementów szklanych i przezroczystych, należy pamiętać, że czujnik nie będzie w stanie wykryć ich obecności.

Należy zwrócić szczególną uwagę na fakt znikania cienkich przedmiotów. Na podstawie zależności opisanej równaniem (2), możemy w przybliżeniu określić bezpieczną odległość, z której czujnik będzie widział wszystkie drobne elementy występujące na obszarze jego działania.

Podsumowanie

Przeprowadzenie szeregu doświadczeń opisanych w niniejszym artykule pozwoliło na pełniejsze poznanie możliwości oferowane przez badany skaner laserowy. Stosowanie się do sugerowanych zaleceń, zapewni zdaniem autora prawidłowe funkcjonowanie układu percepcyjnego robota, chroniąc go przed przykrymi niespodziankami, jak np. zderzenie z przeszkodą, która ze względu na swoje właściwości i specyficzne warunki

otoczenia, może znajdować się nawet 5 cm bliżej niż to określi czujnik. Dopasowanie odpowiedniej prędkości robota w przypadku występowania w otoczeniu cienkich przeszkód może nastąpić przez oszacowanie maksymalnej odległości na jakiej mogą być one wykrywalne.

Praca współfinansowana ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego oraz Budżetu Państwa w ramach programu Mechanizm WIDDOK (nr umowy Z/2.10/II/2.6/04/05/U/2/06)

Bibliografia

1. Miura J., Negishi Y., Shirai Y., *Adaptive robot speed control by considering map and motion uncertainty*, Robotics and Autonomous Systems, 2005.
2. Borenstein J., Ye C., *Characterization of a 2-D Laser Scanner for Mobile Robot Obstacle Navigation*, IEEE Int. Conf. on Robotic and Automation, Washington, DC, 2002, s. 2512-2518.
3. Reina A., Gonzalez J., *Characterization of a Radial Laser Scanner for Mobile Robot Navigation*, Proc. IEEE/RSJ Int. Conf. On Intelligent robots and systems, s. 579-585, 1997.
4. Langer D., Mettenleiter M., Hartl F., Frohlich C., *Imaging Laser Scanners for 3-D Modeling and Surveying Applications*, IEEE Int. Conf. on Robotic and Automation, 2000, s.116-121.
5. A. Fujimori, T. Murakoshi, Y. Ogawa, *Navigation and Path-Planning of Mobile Robots with Real-Time Map-Building*, IEEE Int. Conf. on Industrial Technology, Japan, 2002, Vol 1. s. 7-12.
6. Hoffman R., Krotkov E., *Perception of Rugged Terrain for a Walking Robot: True Confessions and New Directions*, IEEE/RSJ Int. Workshop on Intelligent Robots and Systems IROS '91, 1991, s. 1505-1510.
7. Borenstein J., Koren Y., *Real-Time Obstacle Avoidance for Fast Mobile Robots*, IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics, 1989, Vol. 19, s. 1179-1187.
8. Myung-Jin Jung, Hyun Myung, Sung-Gi Hong, *Structured Light 2D Range Finder for Simultaneous Localization and Map-building (SLAM) in Home Environments*, IEEE, Int.Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science, 2004.
9. Huang W.H., Fajen B.R., Fink J.R., Warren W.H., *Visual navigation and obstacle avoidance using a steering potential function*, Robotics and Autonomous Systems, 2006. ■

REKLAMA

www.energoelektronika.com.pl

Twój branżowy serwis z przyszłością

SYSTEMY NAPĘDOWE NORD



Kiedy mówimy o "Kliencie", mamy na myśli planistów, projektantów, inżynierów, kierowników zakładu, techników oraz specjalistów marketingu i pracowników finansowych. Wszyscy oni są bezpośrednio lub pośrednio naszymi partnerami w rozmowach.

Słuchamy ich uważnie, ponieważ chcemy dowiedzieć się wszystkiego o ich planach, potrzebach i problemach. Również i my mamy im wiele do zaoferowania. Nasze zrozumienie problemu, nasze propozycje, założenia rozwiązań, wskazówki płynące z kompetencji specjalistów NORD i wszechstronnego doświadczenia projektowego.

Prowadzi to do pożytecznego dla obydwu stron dialogu i finalnie - optymalnego rozwiązania.



- Reduktory
- Motoreduktory
- Przetwornice częstotliwości
- Dobór napędów
- Doradztwo techniczne
- Serwis

NIEZAWODNY PARTNER NA CAŁYM ŚWIECIE

NORD
DRIVESYSTEMS



Nord Napędy
www.nord.pl

tel.: 012 / 288 99 00
fax: 012 / 288 99 11

ul. Grottgera 30
32-020 Wieliczka