

TOMASZ BURATOWSKI

**Roboty mobilne – zagadnienia wybrane**

## **Streszczenie**

Praca przedstawia wybrane zagadnienia związane z modelowaniem mobilnych robotów. W zależności od złożoności układu pod względem konstrukcji mechanicznej, sterowania wraz z czujnikami oraz zasilania wyróżnić można roboty mobilne do zastosowania wewnątrz obiektów (in-door solutions) oraz do poruszania się w otwartej przestrzeni (out-door solutions). Różnorodność koncepcji realizacji mobilności tego typu układów powoduje, iż możemy wyróżnić roboty holonomiczne (np. robot latający na bazie helikoptera) oraz roboty nieholonomiczne (mobilne roboty 2-kołowe), które posiadają narzucone więzy ograniczające sposób ich poruszania się w przestrzeni. W pracy przedstawiono wybrane konstrukcje robotów, które w szczególny sposób wykorzystują swoje własności mobilne. Pierwszym przykładem jest robot jednokołowy, który jest przykładem robota statycznie niestabilnego. To oznacza, iż aby robot mógł utrzymywać zadaną pozycję i orientację potrzebuje dynamicznie zmieniać swój środek ciężkości. W tym celu użyto filtr Kalmana, natomiast podczas ruchu efekt żyroskopowy utrzymuje robota na zadanej trajektorii. Kolejnym przykładem jest konstrukcja 2-kołowego robota. W tym rozwiązaniu zastosowano hierarchiczne sterowanie w celu optymalizacji obliczeń, a co za tym idzie konsumpcji energii. Opracowany model matematyczny został wykorzystany do sterowania robotem. Naturalnym rozszerzeniem prac związanych z mobilnymi robotami kołowymi było opracowanie algorytmu sterowania grupą robotów. Koncepcja ta została obszernie opisana i bazuje na metodach deterministycznych. Kolejnym rozszerzeniem tematyki sterowania robotem lub grupą robotów było zaproponowanie algorytmu redukcji błędów systematycznego związanego ze sposobem poruszania się robotów w nieznanym środowisku. Zaproponowane rozwiązanie bazuje na wykorzystaniu filtru Kalmana oraz technik opartych o trilaterację, triangulację do redukcji wyżej wymienionego błędów. Kolejne prace koncentrowały się na sterowaniu formacją robotów z wykorzystaniem sieci neuronowych Kohonena w celu eliminacji braku sposobu mijania specyficznego rodzaju przeszkód. Biorąc pod uwagę jedną z podstawowych własności robotów mobilnych taką jak możliwość dokonywania inspekcji trudno osiągalnych obszarów dla człowieka zaproponowano w pracy trzy konstrukcje robotów inspekcyjnych do monitorowania stanu rur, przewodów oraz zbiorników z cieczą. W pierwszej koncepcji wykorzystano jeden napęd, który za pomocą ruchu śrubowego umożliwia poruszanie się robota w rurach, dostosowując się do ich średnicy w pewnym zakresie. Druga koncepcja opiera się na wykorzystaniu napędów gąsienicowych, które są rozpychane za pomocą odpowiednio zaprojektowanego mechanizmu. Trzecia koncepcja robota jest przeznaczona do diagnostyki i monitoringu zbiorników wodnych i również wykorzystuje napędy gąsienicowe. Wszystkie przedstawione rozwiązania cechuje wysoka integracja poszczególnych systemów i ich optymalizacja pod kątem poboru energii.

## **Summary**

The work describes selected issues connected with modelling mobile robots. Depending on the complexity of the system in terms of mechanical structure, control system with sensors and power supply one can identify mobile robots for use inside structures (in-door solutions) as well as for use in the open space (out-door solutions). The variety of approaches to mobility of this type of systems allows us to distinguish holonomic robots (e.g. flying robot based on a helicopter) and nonholonomic robots (2-wheeled mobile robots), which have imposed constraints that limit their movement in space. In the work are described selected robot designs that use their mobile properties in a peculiar way. The first example is the one-wheel robot, which is a case of statically unstable robot. It means that if the robot is to maintain its position and orientation it has to dynamically change its centre of gravity, which is done by the use of the Kalman filter. During motion the gyroscopic effect keeps the robot on a set trajectory. The next example is the design and construction of a 2-wheeled robot. This case uses hierarchical control in order to optimize calculations, and thus the consumption of energy. Mathematical model has been developed and used to control the robot. An evident extension of the work related to mobile robots is development of an algorithm to control a group of robots. This concept was thoroughly described and it is based on deterministic methods. Another expansion of the field of control of a robot or a group of robots is introduction of reduction of systematic error connected with the type of motion of robots in an unknown environment. Proposed solution is based on a use of a Kalman filter and techniques connected with trilateration, triangulation in order to reduce said error. Further work was concentrated on controlling a formation of robots with the use of Kohonen neural networks, which are used in order to eliminate the lack of possibility to manoeuvre around certain types of obstacles. Taking into account one of the fundamental properties of the mobile robots, such as ability to perform inspection of areas hard to access for a human, three designs of inspection robots are introduced in the work. They are used to inspect pipes, ducts and tanks with liquid. First concept has one drive, which uses screw motion to move the robot in pipes. The robot can adjust itself in some range to fit different pipe sizes. Second concept is based on use of tracks, which are pushed against the pipe using a specially designed mechanism. Third concept of the robot is designed for diagnosis and monitoring of water tanks and also utilizes tracks. All of the presented solutions are characterized by high integration of individual systems and the optimization of energy consumption.