

TECHNOLOGIE INFORMATYCZNE W ZASTOSOWANIU DO KOREKCJI TORU NARZĘDZIA SKRAWAJĄCEGO NA OBRABIARKACH CNC

Monika KULISZ

Streszczenie: Dynamicznie rozwijająca się technologia informatyczna Internet rzeczy umożliwia łączenie obiektów, ich identyfikację oraz komunikację i interakcję między sobą. Świadczenie usług informatycznych w Chmurze obliczeniowej pozwala na uproszczenie procesów wytwarzania i wyeliminowanie z nich człowieka. Warunkiem zastosowania tej technologii jest automatyzacja procesu kontroli po obróbce i wszystkich procesów wymiany informacji. W artykule przedstawiono koncepcję zastosowania takich rozwiązań do korekcji toru narzędzia skrawającego w procesie obróbki skrawaniem na obrabiarkach sterowanej numerycznie.

Słowa kluczowe: Internet rzeczy, Chmura obliczeniowa, proces wytwarzania, korekcja, obrabiarka CNC

1. Technologia Internet rzeczy

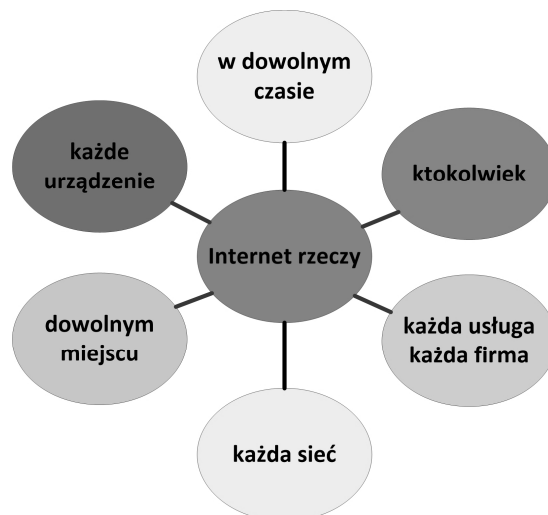
Internet rzeczy (*ang. Internet of Things*) jest technologią informatyczną umożliwiającą komunikację obiektów między sobą. Łączy ona w sobie różne aspekty: wszechobecną komputeryzację, sieć Internet, technologie komunikacyjne i urządzenia wykonawcze. Została zdefiniowana po raz pierwszy przez brytyjskiego przedsiębiorcę i twórcę start-upów Kevina Ashтона w 1999 roku w prezentacji Procter & Gamble (P&G). W prezentacji tej zaproponowano wykorzystanie transmisji danych przez sieć Internet z wykorzystaniem RFID (*ang. Radio-frequency identification*) do sterowania łańcuchem dostaw w P&G. Technologia RFID pozwala na przechwytywanie danych z wykorzystaniem oznakowanych obiektów, które reagują na sygnał radiowy bądź go emitują oraz są odczytywane w celu umożliwienia ich śledzenia i identyfikacji. Technologia RFID jest stosowana w systemach do automatycznego rozpoznawania rzeczy [1, 2].

W literaturze nie występuje jedna definicja technologii Internet rzeczy. Definiując Internet rzeczy, można go opisać jako dynamiczną, globalną infrastrukturę sieciową, w ramach której informacje są wytwarzane, zbierane i przetwarzane, dokładnie tam, gdzie w danej chwili istnieje taka potrzeba. Technologia ta ma umożliwić identyfikację danych urządzeń, zapewnić komunikację między nimi i użytkownikiem oraz współdziałanie (rys. 1.) [3, 4].

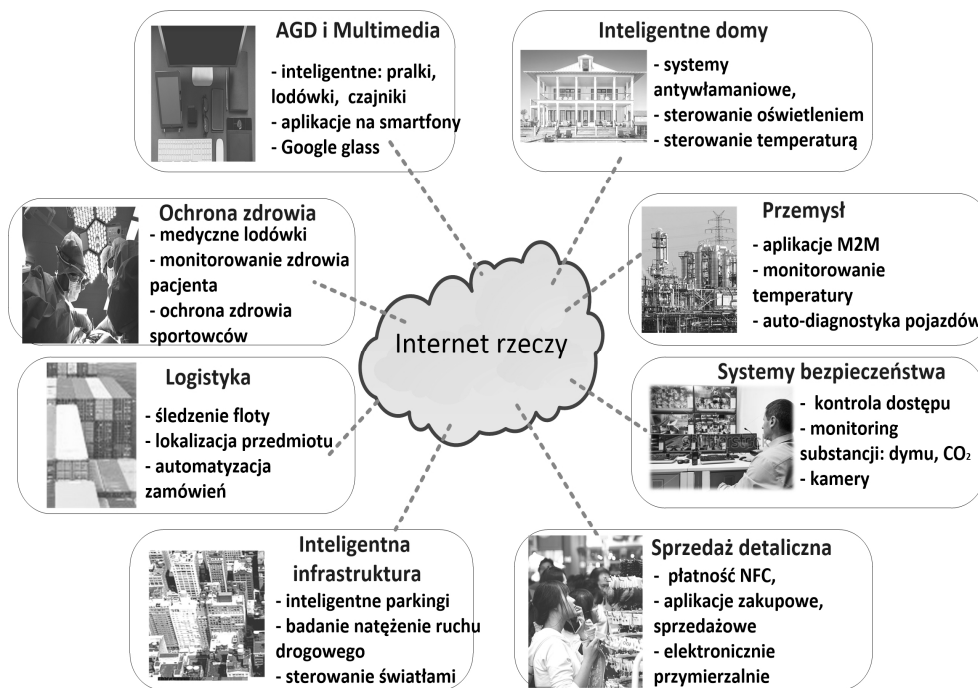
Zastosowania Internetu rzeczy można obserwować na co dzień i stale poszerza się obszar jego zastosowań. Na rys. 2 przedstawiono tylko główne, wybrane obszary działalności człowieka, gdzie rozwiązania opierające się na tej technologii znajdują zastosowania. Są to [2]:

- sprzęt AGD i multimedia,
- inteligentne domy, budynki, miasta,
- inteligentny przemysł,

- systemy bezpieczeństwa,
- sprzedaż detaliczna,
- logistyka,
- systemy ochrony zdrowia.



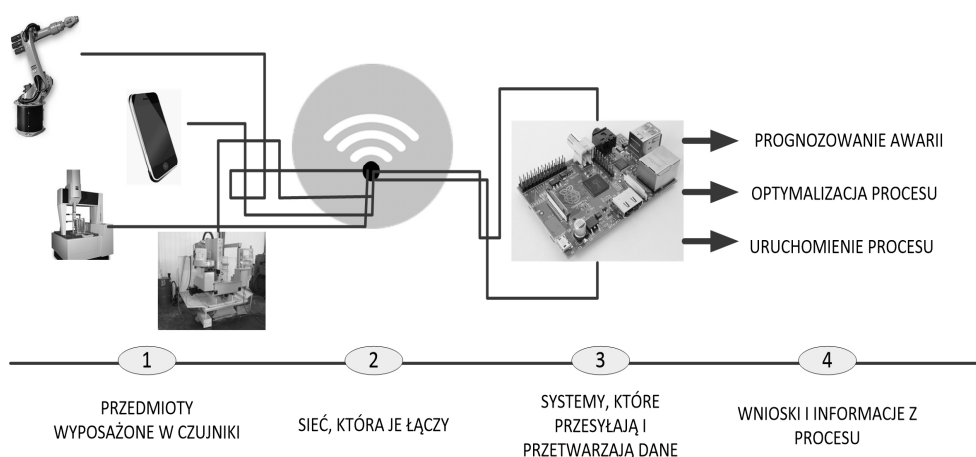
Rys. 1. Internet rzeczy [3]



Rys. 2. Obszary zastosowania Internetu rzeczy [5, 6]

Jednym z wymienionych obszarów jest przemysł wytwórczy. Coraz częściej spotyka się zastosowanie Internetu rzeczy w przedsiębiorstwach produkcyjnych. W tym środowisku już od dawna stosowany był Intranet rzeczy, czyli wykorzystanie sieci, w której komunikują się urządzenia i maszyny. W ten sposób przesyłane były informacje o stanie maszyn i przebiegu procesów wytwarzania oraz realizowana była łączność między wydziałami fabryki. Technologia Internetu rzeczy pozwala rozszerzyć jej zasięg o inne zakłady produkcyjne oraz zautomatyzować proces produkcji. Firma General Electric stosuje takie rozwiązania w produkowanych samolotach Boeing 787 – GenX. W konstrukcję silnika wbudowane są czujniki, za pomocą których są zbierane i przetwarzane informacje dotyczące warunków panujących w silniku, parametrów pracy oraz stanu poszczególnych części mechanicznych. Gromadzenie takich danych pozwala monitorować stan części i procesów, a także umożliwia zapobieganie ich awarii [7]. Internetu rzeczy wykorzystywany jest również w procesach, gdzie istotny jest poziom, np. wielkość produkcji danego typu elementów, itp. W takich przypadkach wykorzystywane są czujniki, np. obciążenia, które przekazują dane o uzyskanym obciążeniu do mikrokomputera. W momencie uzyskania odpowiedniej wartości mikrokomputer automatycznie uruchamia proces zakończenia produkcji tego typu części. Innym przykładem jest monitorowanie stanu magazynu. Gdy poziom zapasów osiągnie poziom minimalny, automatycznie wysyłana jest informacja o zamówieniu do dostawcy [4].

Wykorzystanie technologii Internetu rzeczy pozwala na uproszczenie procesów i wyeliminowanie z nich człowieka. Dotyczy to sytuacji, które można zautomatyzować, kiedy podejmowane są decyzje na podstawie wyników algorytmu, czyli tam, gdzie decyzje są jasno określone przez analizę równań logicznych. Ideę funkcjonowania rozwiązań Internetu rzeczy ilustruje rys. 3. Architektura narzędzi składających się na takie rozwiązania zawiera: przedmioty wyposażone w czujniki, mogące się komunikować, odbierać i przekazywać informacje, sieci pośredniczącej w dialogu oraz systemy i aplikacje, które przetwarzają zgromadzone dane i przesyłają je do urządzeń [8]. Często aplikacje gromadzące i przetwarzające dane są zlokalizowane w Chmurze obliczeniowej (*ang. Cloud Computing*). W celu wykorzystania Chmury obliczeniowej w technologii Internetu rzeczy istotne jest opracowanie mechanizmów dostępu do zasobów sieciowych oraz możliwość tworzenia i uruchamiania aplikacji w Chmurze.



Rys. 3. Idea funkcjonowania rozwiązań Internetu rzeczy [8]

2. Zastosowanie Internetu rzeczy w procesie korekcji toru narzędzia skrawającego

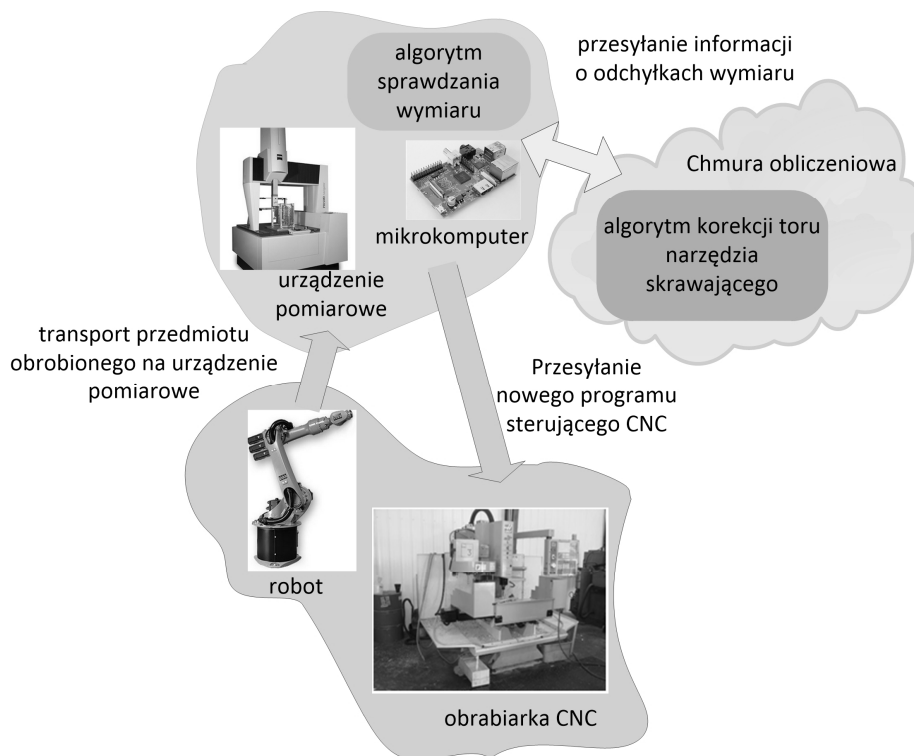
Internet rzeczy znajduje coraz szersze zastosowanie w procesach wytwarzania. Potencjalnym obszarem wykorzystania tej technologii jest kompensacja odchyłki wymiaru dla procesu obróbki frezowaniem.

Kluczowym aspektem podczas wytwarzania części maszyn jest osiągnięcie założonej dokładności wymiarowej. Jednym ze sposobów jej uzyskania jest zastosowanie korekcji toru narzędzia skrawającego [9 - 11]. Metoda ta może zostać zastosowana przy założeniu powtarzalności parametrów i warunków obróbki przedmiotu na obrabiarce sterowanej numerycznie. Polega ona na modyfikacji programu sterującego obrabiarką CNC. Proces korekcji przeprowadzany jest w kilku etapach. Pierwszy z nich polega na testowaniu dokładności przedmiotu po obróbce przy założeniu podwyższonych parametrów skrawania zapewniających dużą wydajność obróbki. W drugim etapie po dokonaniu pomiaru odchyłek wymiarów otrzymanych w wyniku eksperymentu, wyznacza się wartość korekcji, którą należy zastosować na kolejnych odcinkach toru narzędzia. W następnym etapie obliczone wartości korekcji uwzględnia się w modelu geometrycznym obrabianego przedmiotu. Ostatni etap to wykorzystanie zmodyfikowanego modelu geometrycznego do wygenerowania programu sterującego obrabiarką. Tak zmodyfikowany program sterujący obrabiarką CNC wykorzystuje się do seryjnej obróbki przedmiotów [8]. Poszczególne fazy przygotowania produkcji z uwzględnieniem technik korekcji toru narzędzia wymagają zaangażowania zarówno technologa, jak i pracownika obsługującego obrabiarkę CNC. Dynamicznie rozwijające się technologie informatyczne, Internet rzeczy i świadczenia usług informatycznych w Chmurze obliczeniowej pozwalają na uproszczenie tego procesu i ograniczenie czynnika ludzkiego. Warunkiem jest automatyzacja procesu kontroli po obróbce i wszystkich procesów wymiany informacji. Artykuł przedstawia koncepcję takiego rozwiązania.

Opracowaną koncepcję zastosowania technologii Internet rzeczy w procesie kompensacji odchyłek wymiaru z wykorzystaniem korekcji toru narzędzia skrawającego przedstawia rys. 4. Schemat obejmuje trzy obszary. Pierwszy – obrabiarka CNC i obsługujący ją robot manipulujący przedmiotem obrabianym. Drugi - system pomiarowy rejestrujący wymiary po obróbce. Trzeci obszar to mikrokomputer sterujący (np. Raspberry Pi) komunikujący się przez sieć Internet z aplikacją w Chmurze obliczeniowej oraz ze sterownikiem obrabiarki. Algorytmy realizowane przez ten mikrokomputer zastępują działania obsługi (technologa i operatora obrabiarki), które byłyby niezbędne dla wdrożenia korekcji, czyli realizują funkcje charakterystyczne dla Internetu rzeczy.

Algorytm doregulowania programu sterującego procesem obróbki przebiega w następujący sposób. Przedmiot jest obrabiany na obrabiarce sterowanej numerycznie z założonymi przez technologa dużymi prędkościami skrawania. Po zakończonej obróbce robot przemieszcza przedmiot obrobiony na urządzenie pomiarowe, gdzie dokonywany jest pomiar ustalonych przez technologa wymiarów. W trakcie dokonywania pomiaru, robot przemieszcza następny przedmiot do obróbki w przestrzeń roboczą obrabiarki. Dane z pomiaru są przesyłane do mikrokomputera. Następny etap to sprawdzenie czy otrzymane wyniki pomiarów mieszczą się w polu tolerancji założonym przez konstruktora. Schemat algorytmu sprawdzania wymiaru przedstawia rys. 5.

Jeżeli otrzymany wymiar jest akceptowalny, to proces obróbki kolejnych części przebiega nadal bez zmian. Jeśli odchyłki wymiaru są większe od założonych, to następuje zatrzymanie obróbki następnego przedmiotu oraz uruchomienie procedury obliczenia i wprowadzenia korekcji. Schemat algorytmu obliczenia korekcji toru narzędzia



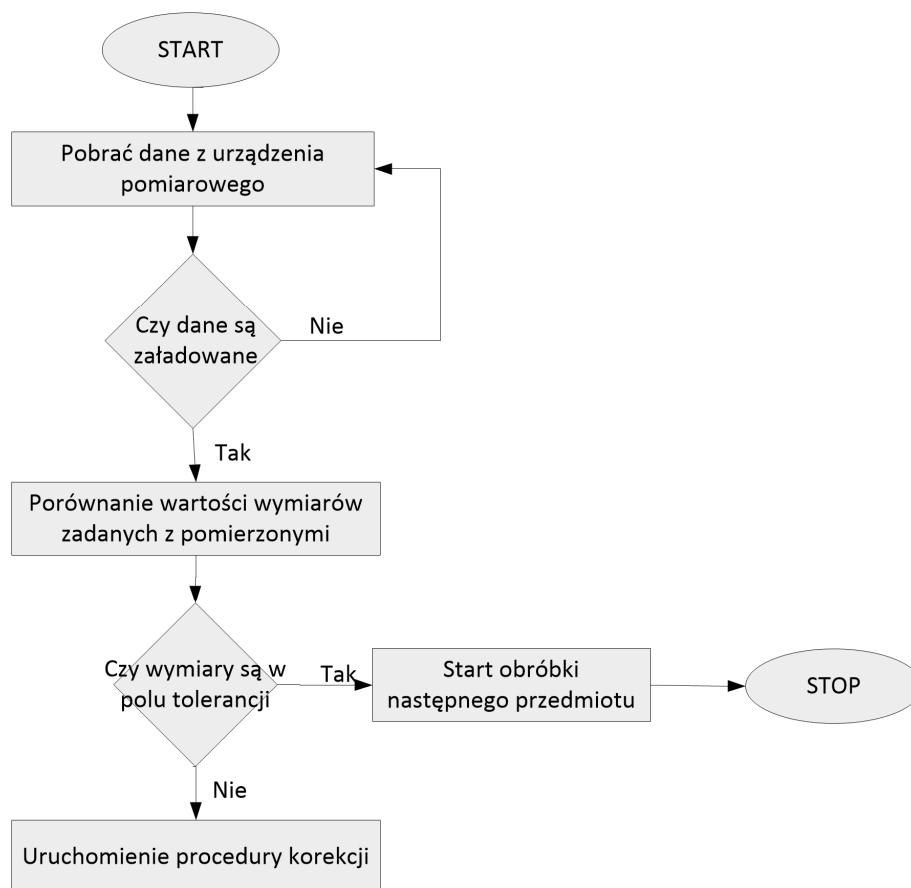
Rys. 4. Zastosowanie technologii Internet rzeczy w procesie kompensacji odchyłek wymiaru z wykorzystaniem korekcji toru narzędzia skrawającego

skrawającego przedstawia rys. 6. Odchyłki wymiaru są przesyłane z mikrokomputera do Chmury obliczeniowej. W Chmurze algorytm korekcji toru narzędzia skrawającego generuje nowy program sterujący obrabiarką. Program ten wysyłany jest z Chmury obliczeniowej do mikrokomputera, który łączy się z systemem sterowania obrabiarki sterowanej numerycznie i zamienia bieżący program sterujący na program skorygowany (rys. 7.). Po tym cyklu czynności ponownie uruchamiany jest proces obróbki następnej części.

Wykorzystanie technologii Internetu rzeczy i Chmury obliczeniowej podczas kompensacji odchyłki wymiaru dla procesów obróbczych pozwala wyeliminować z procesu obszar pracy człowieka. Ponadto pozwala, przy założeniu skuteczności stosowanych algorytmów, na uzyskanie przedmiotów obrabianych spełniających wymagania wymiarowe. Dodatkowo, stosując Internet rzeczy, można monitorować proces wytwarzania w każdym miejscu z dostępem do sieci Internet i jeżeli zajdzie taka potrzeba, ingerować w ten proces.

3. Podsumowanie

Internet rzeczy może podnieść poziom gospodarki poprzez powstawanie nowych innowacyjnych produktów, podnieść ich jakości oraz doskonalić usługi. Może się przyczynić do stworzenia szans biznesowych i możliwości rozwoju dla przedsiębiorstw [12]. Jedną z podstawowych korzyści wprowadzania Internetu rzeczy jest możliwość

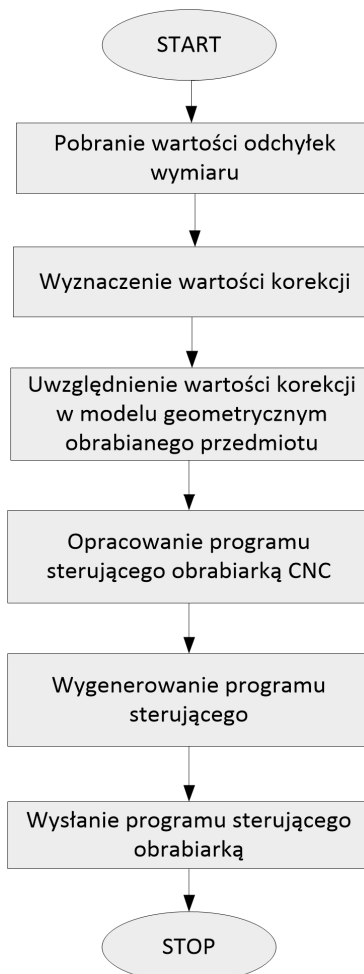


Rys. 5. Algorytm identyfikacji błędów

szybkiego dostosowywania się procesów do zmieniających się warunków zewnętrznych, czyli większa elastyczność procesów produkcyjnych. Wynika to z możliwości śledzenia procesów produkcyjnych, wykrywania zdarzeń i analizy w czasie rzeczywistym [2]. Dodatkowo, możliwa jest automatyczna predykcja awarii oraz uruchamiania procesów zarówno zatrzymania, jak i uruchomienia obróbki. Ponadto wykorzystanie tej technologii pozwala zwiększyć wykorzystanie zasobów, efektywność pracowników i wydajność maszyn.

Zaawansowana automatyzacja procesów produkcyjnych, której sprzyja wykorzystywanie Internetu rzeczy, może jednak być przyczyną powstawania pewnego rodzaju zagrożeń. W raporcie: Internet rzeczy w Polsce [8], przedstawiono zestawienie zagrożeń i niebezpieczeństw spowodowanych wykorzystaniem tej technologii (rys. 8). Według polskich internautów, największym zagrożeniem jest utrata prywatności i wyciek danych osobowych zarówno własnych, jak i bliskich im osób oraz wyrządzenie szkód osobowych. Należy te aspekty uwzględnić praktykując rozwiązania Internetu rzeczy.

W obszarze procesów wytwarzania poważnym zagrożeniem, poza tymi wymienionymi wcześniej, może być m.in. awaria systemów pomiarowych lub sprzętu transmitującego, umyślna manipulacja mająca na celu spowodowanie zakłóceń procesu. Ich skutkiem może

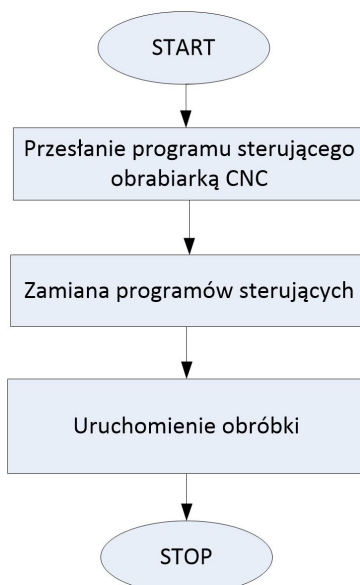


Rys. 6. Algorytm korekcji toru narzędzia skrawającego

być otrzymanie i przetwarzanie fałszywych danych, a w dalszym etapie procesu podejmowanie błędnych decyzji. W celu eliminacji tych zagrożeń stosowana jest redundancja sprzętowa i programowa. Dotyczy ona zarówno czujników jak i urządzeń przetwarzających. Poprzez wykorzystanie Chmury obliczeniowej istnieje ponadto możliwość ataku na serwery i routery w przedsiębiorstwie. Niezbędne jest zatem odpowiednie zabezpieczenie sieci lokalnej poprzez postawienie zapory oraz zastosowanie technologii szyfrowania danych. Konieczne jest także zakodowanie danych u źródła i rozkodowywanie ich dopiero w poszczególnych algorytmach w Chmurze obliczeniowej, następnie po zakończonym działaniu algorytmu ponowne zakodowanie informacji [13,14].

Do zalet technologii Internet rzeczy w procesach sterowania wytwarzaniem należy zaliczyć:

- transmisja danych w czasie rzeczywistym,
- łatwość do zaaplikowania nawet złożonych algorytmów decyzyjnych w Chmurze obliczeniowej,



Rys. 7. Algorytm uruchomienia produkcji



ŹRÓDŁO: IAB Polska/GoldenSubmarine, „Internet Rzeczy”; maj 2015, internauci w wieku 15+, N=1221, realizacja: Webankieta.pl.

Rys. 8. Zestawienie zagrożeń i niedogodności wykorzystania Internetu rzeczy wg polskich internautów

- automatyzacja wielu procesów wymagających wymiany informacji i podejmowania decyzji,
- zwiększenie wydajności procesów i podniesienie jakości oferowanych produktów,
- wyeliminowanie niepewności wynikającej z pracy człowieka podczas interpretacji danych oraz ograniczonej szybkości reakcji na zmiany otoczenia,
- dostęp do informacji o aktualnym stanie procesu oraz możliwość podejmowania decyzji w każdym miejscu na świecie z dostępem do sieci Internet.

Literatura

1. Ashton, K. That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. RFID Journal, 22.06.2009. Pobrano z: <http://www.rfidjournal.com/articles/pdf?4986>.
2. Kwiatkowska E. M.: Rozwój Internetu rzeczy – szanse i zagrożenia. Internetowy Kwartalnik Antymonopolowy i Regulacyjny, 2014, nr 8(3), s.60-70.
3. The Cluster of European Research Projects on the Internet of Things (CERP-IoT):Internet of Things: Strategic Research Roadmap. Pobrano z: http://www.grifs-project.eu/data/File/CERP-IoT%20SRA_IoT_v11.pdf.
4. Kulisz M., The application of cloud computing and the internet of things in the manufacturing process, red. Jachowicz T., Kłonica M., [W:] Advanced Technologies in Designing, Engineering and Manufacturing. Research problems. Perfekta info Renata Markisz, Lublin 2015, s.78-87.
5. <https://bensontao.wordpress.com/2013/10/06/vivante-internet-of-things/> [dostęp z dnia 25.11.2015]
6. http://www.libelium.com/50_sensor_applications/ [dostęp z dnia 25.11.2015]
7. http://www.geaviation.com/press/genx/genx_20140904.html [dostęp z dnia 25.11.2015]
8. Raport: Internet rzeczy w Polsce, <http://iab.org.pl/badania-i-publikacje/raport-internet-rzeczy-w-polsce/> [dostęp z dnia 20.12.2015]
9. Kulisz M., Lipski J.: Correction of the cutting tool path for milling operations with circular interpolation, red. Świć A., Lipski J., Bojanowska A., [W:] Informatics method as tools to solve industrial problems. Lublin, 2012, s.41-50.
10. Kulisz M., Weryfikacja algorytmu korekcji toru narzędzia przy toczeniu przedmiotów o małej sztywności, red. Jachowicz T., Kłonica M., Rudawska A., [W:] Postęp w technikach wytwarzania i konstrukcji maszyn: wybrane zagadnienia problemowe. Perfekta info Renata Markisz, Lublin 2013, s.26-36.
11. Kulisz M.: Correction method of the cutting tool path by the average value deviation of dimension for high performance milling operations. Materiały z międzynarodowej konferencji "Machine-Building And Technosphere Of The XXI Century". Donieck, 2012, s.144-147.
12. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno – Społecznego i Komitetu Regionów, Internet przedmiotów – plan działań dla Europy, Bruksela, 18.6.2009, KOM(2009) 278.
13. Lipski J.: Internet rzeczy w zastosowaniu do sterowania produkcją, red. R. Knosala, [W:] Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Polskie Towarzystwo Zrządzania Produkcją, vol. 2, Opole, 2015, s. 755-766.
14. Kulisz M., Pizoń J.: The Application of Cloud Computing with the Internet of Things. Applied Mechanics and Materials, 2015, nr 791, s. 42-48.

Mgr inż. Monika KULISZ
Katedra Organizacji Przedsiębiorstwa
Politechnika Lubelska
20-618 Lublin, ul. Nadbystrzycka 38
tel./fax: (81) 53844 80
e-mail: m.kulisz@pollub.pl