

Wykorzystanie sieci Profibus-DP do określania stanu obrabiarki i procesu

The Profibus-DP as an effective tool for machine and process monitoring

PIOTR SZULEWSKI
TOMASZ KAPELUSZNY
ROBERT FULARSKI*

DOI: 10.17814/mechanik.2016.8-9.288

Wewnętrzna magistrala komunikacyjna obrabiarki może być interesującym źródłem aktualnych i precyzyjnych informacji o stanie maszyny i realizowanej obróbki. Omówiono samodzielnie wykonane oprogramowanie pozwalające na przechwytywanie informacji z wewnętrznej sieci Profibus-DP oraz zaprezentowano wyniki eksperymentu związanego z analizą pozyskanych danych. Poprawnie zinterpretowane dane zasilały zakładowy system informatyczny i ułatwiają skuteczne zarządzanie realizowanym procesem wytwarzania.

SŁOWA KLUCZOWE: monitorowanie procesu, obrabiarka, sterownik, sieć przemysłowa, Profibus-DP

For the purpose of accurate monitoring of production, there is necessary to use every available source of information. The internal communication bus machine can be an interesting, accurate and timely source of information about the machine state and process. The article discusses the self made software that allows to capture information from internal Profibus-DP and presents the results of an experiment related to the analysis of the acquired data.

KEYWORDS: process monitoring, machine tools, NC controller, fieldbus network, Profibus-DP

W zagadnieniach związanych z monitorowaniem produkcji, a zwłaszcza w kwestiach nadzorowania stanu obrabiarki lub procesu jednym z ważniejszych problemów jest posiadanie aktualnych i precyzyjnych informacji [5, 6].

Zazwyczaj dostęp do tych danych wymaga modyfikacji oprogramowania sterownika (PLC, PAC, NC), instalacji dodatkowego modułu programowego lub – w prostszych przypadkach – uaktywnienia zabudowanych funkcji [10]. Niestety nie zawsze jest to możliwe ze względu na brak dokumentacji, kwestie licencyjne, gwarancję producenta itp.

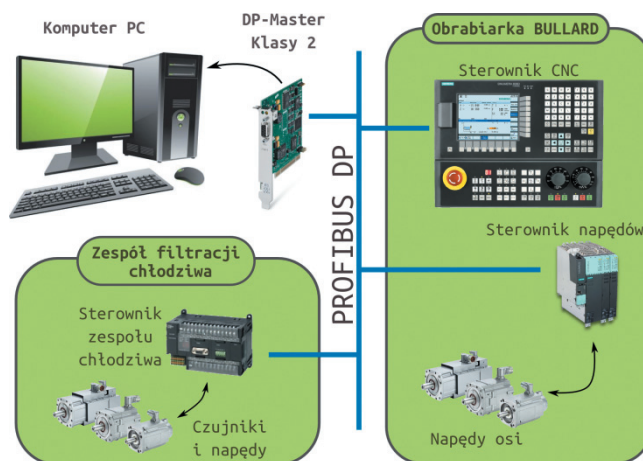
Od wielu lat prawie wszystkie sterowniki CNC wykorzystują do wewnętrznej komunikacji z podzespołami obrabiarki zaawansowane struktury sieci miejscowych (przemysłowych) [1÷3, 8]. Jak się wydaje, najprostszą i najbardziej elastyczną koncepcją jest zastosowanie programowego podsłuchu informacji cyrkulujących w wewnętrznej sieci obrabiarki [6, 7]. Po fizycznym dołączeniu się do magistrali szeregowej oprogramowanie rozpocznie stały nasłuch przesyłanych komunikatów [11, 12]. W przypadku pojawienia się interesujących danych, będą one przekazywane dalej do środowiska monitorującego. Proponowane w artykule rozwiązanie jest oparte na karcie firmy Siemens i autorskim oprogramowaniu stworzonym w środowisku inżynierskim.

Stanowisko badawcze

Do badań wybrano obrabiarkę sterowaną numerycznie – centrum tokarskie firmy Bullard. Jako wewnętrzną sieć

transmisyjną wykorzystuje ona standard przemysłowy Profibus-DP. Wszystkie informacje sterujące i odpowiedzi układów wykonawczych są przesyłane w tym standardzie. W obrabiarce Bullard sieć ta służy do utrzymania dwukierunkowej komunikacji pomiędzy CNC a peryferyjnymi zespołami, np. przy transporcie wiórów lub w sterowniku chłodziwa.

Głównym założeniem konstrukcji autorskiej instalacji programowo-sprzętowej była analiza informacji, jakie są wymieniane w istniejącej sieci. Nieznane były liczba, rodzaj ani nazwy zmiennych przepływających pomiędzy urządzeniami. Strukturę stanowiska badawczego przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska pomiarowego

Obszary w kolorze zielonym symbolizują istniejące podzespoły obrabiarki. Zespół filtracji chłodziwa jest bardzo istotnym elementem, ponieważ jakość i temperatura środka chłodzącego mają duży wpływ na osiąganą dokładność obróbki. Jako komputer nadzorujący i analizujący pobieranie pakietów z sieci użyta została stosunkowo silna jednostka z procesorem Intel Core i7. Całość pracowała pod kontrolą standardowego systemu operacyjnego MS Windows 7.

Do komunikacji wykorzystano specjalizowaną kartę firmy Siemens CP5622. Pracuje ona w specjalnym trybie Master klasy 2. Jest to więc karta diagnostyczna, umożliwiająca kontrolę informacji przepływających do każdego z klientów, bez konieczności ingerowania w strukturę sieci [13, 14]. Ważne, że karta ta w żaden sposób nie zakłóca pracującej sieci w strukturze obrabiarki. Odnosi się to zarówno do warstwy sprzętowej (elektrycznej), jak i programowo-logicznej. Jest ona całkowicie przezroczysta dla sieci. Nie jest także wykrywana przez wewnętrzne mechanizmy kontroli sieci Profibus-DP, co jest bardzo istotne, ponieważ nie powoduje to generowania błędów przez istniejący fizycznie sterownik klasy Master. Po skończonym nasłuchu odłączenie jej nie powoduje zatrzymania obrabiarki. Sieć w opisywanym przykładzie pracuje ze standardową prędkością 1,5 Mbit/s.

* Dr inż. Piotr Szulewski (maxer@cim.pw.edu.pl), inż. Tomasz Kapeluszy (kapeluszy@gmail.com) – Instytut Techniki Wytwarzania Politechniki Warszawskiej; mgr inż. Robert Fularski (robert.fularski@pwrze.utc.com) – Pratt&Whitney Rzeszów S.A.

Oprogramowanie

Do obsługi karty zainstalowano na komputerze programy Simatic NET v8.2 oraz Step7 5.5. Po odpowiednim skonfigurowaniu oprogramowania oraz prawidłowej instalacji karty wykonano samodzielny projekt. Jak wynika z analizy otrzymanych komunikatów, w sieci znajdują się dwa urządzenia klasy Master i jedno klasy Slave.

Większość danych stanowią parametry diagnostyczne, poza zmiennymi $_I$ oraz $_Q$, które są informacjami przekazywanymi między sterownikami – odnoszą się do stanów konkretnych wejść/wyjść cyfrowych. Po odczytaniu wartości zmiennych niewiele można powiedzieć o zawartych w nich informacjach. Aby jednoznacznie określić, jakie informacje niosą poszczególne liczby, należy skontaktować się z producentem oprogramowania lub przeprowadzić obserwację obrabiarki i skorelować jej zachowanie ze zmieniającymi się informacjami przekazywanymi w sieci. Drugie rozwiązanie, choć nie jest idealne, jednak w przypadku braku dostępu do dokumentacji może okazać się konieczne.

Z przeprowadzonych badań wynika, że sterownik wysłał do klienta tablicę czterech zmiennych typu *byte*. W czasie wykonywania rzutu ekranu zmienne te miały wartość kolejno: 1, 3, 0, 0. Natomiast klient wystawia sterownikowi jednoelementową tablicę zmiennych typu *byte*, której wartość wynosiła 0.

Przydatne jest zestawienie zaobserwowanych stanów obrabiarki z wartościami zmiennych w celu znalezienia korelacji pomiędzy nimi [4] (tablica).

TABELA. Zestawienie odczytanych sygnałów i stanów obrabiarki

Nr zmiennej wyjściowej Sinumerica				Praca obrabiarki	Wykonywanie programu	Obroty wrzeciona		Posuw	Chłodziwo	Drzwi zamknięte
0	1	2	3			wolne	szybkie			
0	1	0	10	x	x	x	x	x	x	✓
0	1	0	9	x	x	x	x	x	x	x
0/1	1	0	10	✓	x	x	✓	✓	✓	✓
0/1	1	0	10	✓	x	✓	x	✓	✓	✓
0/1	1	0	9	✓	x	x	✓	x	x	✓
1	7	0	9	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
1	3	0	9	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓
1	5	0	8	✓	✓	x	✓	✓	✓	✓

Po wykonanej analizie i przyporządkowaniu otrzymanych informacji można jednoznacznie stwierdzić, że pierwsza zmienna wyjściowa bez wątplenia odpowiada za stan cyklu obróbki (obrabiaarka pracuje/nie pracuje). Jednak kolejne trzy zmienne są zagadką i można jedynie przyjąć, że druga informuje o posuwie osi (trwa skrawanie), a trzecia i czwarta zmienna to numer narzędzia, chociaż z badań nie można tego jednoznacznie wywnioskować. Przewidywane działania „detektywistyczne”, a właściwie ich wyniki, mogą być jednak bardzo interesujące i wartościowe.

Podsumowanie

Jak wynika z przeprowadzonych badań, zaproponowany kierunek działań jest rozwojowy i może być bardzo atrakcyjną formą rozbudowy systemu monitorowania stanu obrabiarki. Do podstawowych zalet tej formy pozyskiwania informacji o stanie obrabiarki i procesu można zdecydowanie zaliczyć:

- aktualność – dane pochodzą bezpośrednio ze sterownika lub współpracujących podzespołów obrabiarki,
- szybkość dostępu do danych – opóźnienia nie przekraczają kilku milisekund, co jest związane z szybkością pracy magistrali Profibus-DP,

- uniwersalność – możliwość zastosowania do każdego rodzaju maszyny technologicznej lub obrabiarki wyposażonej w sieć Profibus-DP.

W proponowanym rozwiązaniu nie jest konieczna wcześniejsza ingerencja w sterownik obrabiarki. Nie trzeba modyfikować programu PLC uruchamianego w środowisku sterownika – choć oczywiście jest to możliwe i na pewno wygodne [15].

Obecnie, po potwierdzonym uruchomieniu wykonanego narzędzia, konieczne są dalsze badania, zwłaszcza idące w kierunku porównania pozyskiwanych danych i zmienionych z rzeczywistym zachowaniem się obrabiarki. Należy podkreślić uniwersalność opracowanego narzędzia, może ono bowiem być zastosowane w dowolnej sieci wspierającej standard Profibus-DP, bez względu na producenta czy firmę konfigurującą [9].

Długofalowym celem wszystkich przedstawionych działań jest wprowadzenie rozwiązań usprawniających zarządzanie, upraszczających obieg informacji, pozwalających na uporządkowanie i skrócenie drogi podejmowania decyzji, poprawę organizacji pracy i uzyskanie lepszych wyników ekonomicznych [16]. Stanowiąc one będą element składowy zakładowego, zintegrowanego systemu informacyjnego.

Badania realizowane w ramach Projektu „Zaawansowane techniki wytwarzania przekładni lotniczych”, nr umowy InnoLot/1/10/NCBR/2014 – INNOGEAR, współfinansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

LITERATURA

1. Yang L., Lin H., Zheng L. "Real-time synchronization method based on dual ring fieldbus in CNC system". *Chinese Journal of Mechanical Engineering*. Vol. 27, Iss. 1 (January 2014): pp. 111-121.
2. Xiang Z. "Study on communication scheduling of fieldbus". *Chinese Control and Decision Conference*. June 2009, pp. 565-570.
3. Oborski P., Szulewski P. „Integracja operatora z systemem nadzoru wytwarzania – koncepcja wdrożenia w warunkach przemysłowych”. *Mechanik*. Nr 8-9 (2015): pp. 488-496, <http://dx.doi.org/10.17814/mechanik.2015.8-9.460>.
4. Verhappen I. "Effective data management, interpretation improves reliability". *Offshore Automation Solutions*. Vol. 75, Iss. 4 (2015): p. 34(2).
5. Moisescu M., Sacala I. "Towards the development of interoperable sensing systems for the future enterprise". *Journal of Intelligent Manufacturing*. Vol. 27, Iss. 1 (February 2016): pp. 33-54.
6. Kniff R.M. "Control systems/SCADA forensics, what's the difference?" *Digital Investigation*. Vol. 11, Iss. 3 (September 2014): pp. 160-174.
7. Liang G. "Control and communication co-design: Analysis and practice on performance improvement in distributed measurement and control system based on fieldbus and Ethernet". *Isa Transactions*. Vol. 54 (January 2015): pp. 169-192.
8. Szulewski P. „Nowoczesne funkcje diagnostyczne we współczesnych sterownikach NC”. *Mechanik*. Nr 1 (2016): pp. 5-12.
9. Smith D. "Fieldbuses and HART". *Power Engineering*. Vol. 107, Iss. 9 (September 2003): p. 50.
10. Martinov G., Lyubimov A., Bondarenko A. "An approach to building a multiprotocol CNC system". *Automation and Remote Control*. Vol. 76, Iss. 1 (2015): pp. 172-178.
11. Henning C. "Profibus and Profinet troubleshooting". *InTech*. Vol. 62, Iss. 3 (May/June 2015): pp. 48-50.
12. Li Q., Jiang J., Rankin D. "Evaluation of delays induced by Profibus PA networks". *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*. Vol. 60, Iss. 8 (August 2011): pp. 2910-2917.
13. Motoyoshi S. "PROFIBUS and PROFINET technology and standardization". *Proceedings of the 41st SICE Annual Conference*, Vol. 2 (2002): pp. 921-924.
14. Mossin E., Brandao D. "Intelligent diagnostic for PROFIBUS DP networks". *2012 IEEE International Conference on Industrial Technology*. March 2012, pp. 772-777.
15. Szulewski P. „Możliwości komunikacji układu diagnostycznego ze sterownikiem obrabiarki”. *Konferencja SOS 2013. Mechanik*. Nr 8-9 (2013): s. 427-438.
16. Muth T. "Uniting Top Floor and Shop Floor for Improved Performance: MES-ERP Integration". *Quality*. Vol. 54, Iss. 11 (November 2015): pp. 35-36. ■