

ANALYSIS OF RELIABILITY STATES OF AN INDUSTRIAL NETWORK DATA TRANSMISSION SYSTEM

ANALIZA STANÓW NIEZAWODNOŚCIOWYCH SYSTEMU TRANSMISJI DANYCH W SIECI PRZEMYSŁOWEJ

Marcin Bednarek ¹, Tadeusz Dąbrowski ²

¹ Rzeszów University of Technology, Faculty of Electrical and Computer Engineering
Politechnika Rzeszowska, Wydział Elektrotechniki i Informatyki

² Military University of Technology, Faculty of Electronics
Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Elektroniki

Abstract: *Industrial networks combine elements of distributed control systems. These elements are process stations, operator stations, engineering stations and other elements, which enable the exchange of data between industrial systems. Industrial systems are used to send process variable values and other data exchanged between the stations - elements of a distributed control system and SCADA systems. The fitness of an entire station system depends on the fitness of the communication system. This is why industrial networks are characterized by high reliability. When speaking about the fitness of a data transmission system, we can consider its instantaneous fitness (functional) or interval fitness (task-related). It is not always necessary to maintain instantaneous fitness. Sometimes interval fitness is enough. The paper discusses the issue of a need to maintain one of them, relative to various types of data transmission.*

Keywords: *instantaneous fitness, task-related fitness, data transmission system, industrial network*

Streszczenie: *Sieci przemysłowe łączą ze sobą elementy rozproszonych systemów sterowania. Elementami tymi są stacje procesowe, stacje operatorskie, stacje inżynierskie oraz pozostałe elementy pozwalające na wymianę danych pomiędzy systemami przemysłowymi. Za pomocą sieci przemysłowej przesyłane są wartości zmiennych procesowych oraz inne dane wymieniane pomiędzy stacjami - elementami rozproszonego systemu sterowania oraz systemami SCADA. Zdatność całego systemu stacji zależy od zdatności układu komunikacji. Dlatego sieci przemysłowe charakteryzują się wysoką niezawodnością. Mówiąc o zdatności systemu transmisji danych można rozpatrywać jego zdatność chwilową (funkcjonalną) oraz zdatność przedziałową (zadaniową). Nie zawsze konieczne jest utrzymanie zdatności chwilowej, nieraz wystarcza zdatność przedziałowa. W artykule przeprowadzono dyskusję dotyczącą konieczności zachowania jednej z nich w odniesieniu do różnego rodzaju przesyłu danych.*

Słowa kluczowe: *zdatność chwilowa, zdatność zadaniowa, system transmisji danych, sieć przemysłowa*

ANALYSIS OF RELIABILITY STATES OF AN INDUSTRIAL NETWORK DATA TRANSMISSION SYSTEM

1. Introduction

Industrial networks combine elements of distributed control systems (fig. 1). These elements are process stations, operator stations, engineering stations and other elements, which enable the exchange of data between industrial systems [1]. Process stations are industrial controllers who manage process control, operator stations are used for visualization and operator interactions, engineering stations are designed for configuration, programming and executing control and visualization software. Industrial systems are used to send process variable values and other data exchanged between the stations - elements of a distributed control system (DCS). The simplest mini-DSC system variant is shown in figure 1.

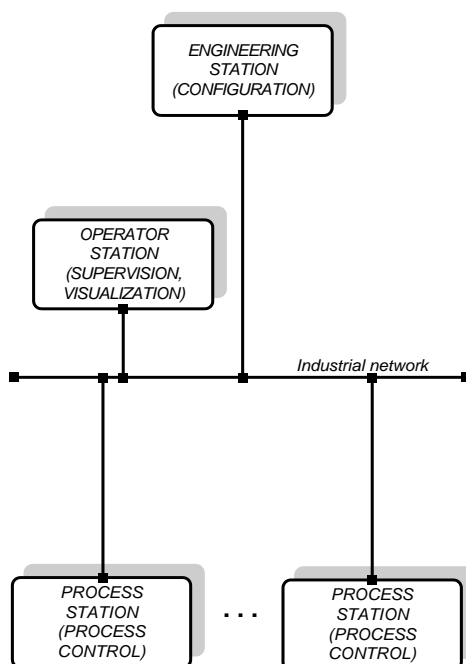


Fig. 1 Considered variant – basic variant

It should be noted that industrial networks may combine stations of not only one, individual control system. They can be also used to manage communication between the stations of various distributed control systems, separate in terms of control. Intermediate stations are used for this purpose, which act as gateways or rather servers providing data to other systems, as per standard, open, industrial transmission protocols.

They enable inter-exchange of data between industrial systems [11], as well as SCADA systems (Supervisory Control And Data Acquisition) (fig. 2). An example of such “intermediaries” may be, e.g. a gateway of the Freelance system [2] or a suite link necessary for communication with a SCADA Intouch package [3]. As can be seen, a computer network joining the a/m elements is used to transmit various types of messages, containing both raw process variable values, as well as redundant information, e.g. timestamps meaning the variable value readout time.

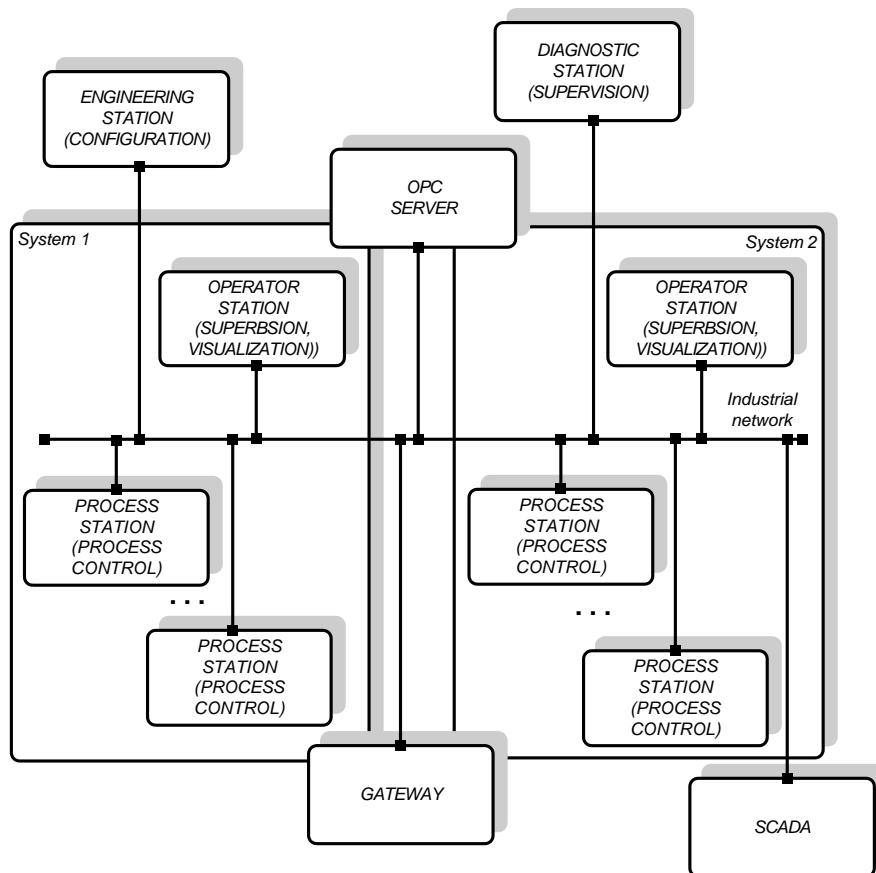


Fig. 2 Considered variant – extended variant

The fitness of an entire station system depends on the fitness of the communication system. This is why, industrial networks must be characterized by high reliability. When speaking about the fitness of a data transmission system, we can consider its instantaneous fitness (functional) or interval fitness (task-related). The authors of the paper indicate that it is not always necessary to maintain instantaneous fitness, and in some operating situations interval fitness is sufficient.

The paper discusses the issue of a need to maintain one of them, relative to various types of data transmission. It considers the communication between:

- the process stations,
- the process and operator stations,
- the process and engineering stations.

It is assumed that a communication task involves transmitting a defined portion of data within a required, assumed time. In the case of demanding interval fitness from a system, a transmission system is deemed fit in the interval approach, if a recipient receives ordered data (message) within a defined, set time – namely, it executes a functional task. A transmission operation is repeated in cycles. A cycle time is also the permitted task execution time. In this case, additional therapeutic actions are possible, which enable repeating a message in the event of a temporary, transient unfitness of a communication system. In the event of demanding instantaneous fitness, a communication system is expected to send a message as quickly as possible (as far as possible in terms of the technical capacity of the equipment).

2. Communication between process stations

When considering the communication between system stations, we can distinguish several operating states of a data transmission system (table 1). A desirable fitness state type, selected from a two-element set was marked with a “+” symbol for each of these states in the table (1):

$$Z=\{Z_m; Z_d\} \quad (1)$$

where:

Z_m – instantaneous fitness of a system;

Z_d – interval fitness.

During the configuration process of a control system design, process stations may be defined as elements of the same, common project tree (table 1, No. 1). The standard communication at that point takes place through built-in company protocols, which should ensure message transmission at every request of a process station or at each change of a process variable modification. Similarly, when using the a/m method of communication between stations configured within separate project trees (table 1, No. 2). With the variable value export option checked, a transmission system should transmit a variable immediately after a request or changing the value. In both cases, instantaneous fitness of a data transmission system is required.

A slightly different approach may be applied to the need of maintaining fitness during transmission, which utilizes the so-called process image (table 1, No. 3). The acquired variable values are then saved in a separate process station memory area. Process station peripheral devices, i.a., I/O modules, write to this area with own cycles, and only from here they are downloaded by other devices.

Although it accelerates variable acquisition from a process station, it does not guarantee time coherence of acquiring an actual variable value and its generation by I/O modules of a controller. Therefore, in this case instantaneous fitness of a communication system is desirable, although it is sufficient to maintain an interval fitness of a transmission system.

Process stations may also inter-communicate using Ethernet network interfaces and communication blocks operating in the TCP and UDP protocol. In TCP communication (table 1, No. 4), external mechanisms of a protocol ensure the delivery of messages to the other side with receipt confirmation. In turn, for data transmission as per UDP (table 1, No.5), two communication channels should be matched, which enable (1) transmitting a variable and feedback confirmation (2). Adding the specificity of the TCP/IP protocol and the possibility to use various message transmission paths, we need to assume that the only proper requirement regarding the transmission system fitness will be to maintain its interval fitness. A time interval shall be defined by a set variable acquisition cycle time.

Tab. 1 Process station-process station communication

| No. | Message recipient (communication type) | Demanded (desired) type of communication system fitness | |
|-----|--|---|------------------|
| | | instantaneous fitness | interval fitness |
| 1. | process station within a common project tree (dedicated embedded mechanism) | + | |
| 2. | process station of another system (dedicated embedded mechanism, export option) | + | |
| 3. | process station within a common project tree (communication using process image) | + | + |
| 4. | process station within a common/other project tree (UDP communication blocks) | | + |
| 5. | process station within a common/other project tree (TCP communication blocks) | | + |
| 6. | process station within a common/other project tree (Modbus TCP communication blocks) | | + |
| 7. | process station within a common/other project tree (using an OPC server) | | + |

Matching connections between process stations acc. to other available process data exchange protocols is also possible. In the case referred to herein (table 1, No. 6) of using a Modbus TCP protocol, it is possible to require only interval fitness, because the data exchange structure based on the Master-Slave principle [8] does not allow to expect instantaneous fitness from a communication system. In this case, we deal with a set time of a variable acquisition cycle. In addition, in case of a failure, timeouts are defined, after the expiry of which and the failure of the second side to receive ordered data, a message is repeated.

The number of repetitions is also defined. Aiming at ensuring fitness of a control system with an adequately high probability, we need to assume only the transmission system interval fitness requirement for this type of communication.

When configuring a message exchange scenario, we need to remember that uncompleted transmissions are repeated several times at a certain timeout interval, which may extend the information acquisition time.

The use of an OPC server (table 1. No. 7) [9] is based on a similar mechanism to the one described above; the so-called process image. An OPC server, with the use of appropriate drivers, individually analysed own base of process variables, in turn, making it available to other, now according to the OPC protocol. Due to the fact that the acquired variable values have own timestamps, the actual value change trend may be reproduced within a certain interval, which is why, in this case demanding interval fitness from a communication system is sufficient.

3. Communication: engineering station – process station

The communication between a process station and an engineering station is executed only for maintenance-diagnostic purposes. Certain stages may be distinguished:

- (I) establishing an online connection with a process station (table 2, No. 1,2);
- (II) transmitting process station parameters (table 2, No. 3,4);
- (III) supervising the operation of a control system during start-up and commissioning (table 2, No. 5);
- (IV) supervising process variable values (table 2, No. 8,9);
- (V) correcting parameter value settings (table 2, No. 6,7).

Tab. 2 Engineering station-process station communication

| No. | Communication type | Demanded (desired) type of communication system fitness | |
|-----|--|---|------------------|
| | | instantaneous fitness | interval fitness |
| 1. | establishing online engineering station-process station connection (online mode) | | + |
| 2. | project tree online preview (project tree in commissioning mode) | | + |
| 3. | transmitting process station configuration | | + |
| 4. | transmitting process station control software | | + |
| 5. | FBD diagram online preview (FBD language program in commissioning mode) | +* | + |
| 6. | correcting the configuration parameters of the process station and control program functional blocks | | + |
| 7. | introducing process variable values from the level of the engineering station commissioning mode | +* | + |
| 8. | process variable values preview in the value tracking window | +* | + |
| 9. | process variable values preview in the trend course window | +* | + |

*Designations: * – desirable for operator comfort and accelerating maintenance actions*

Due to the fact that communication within points 1-4 and 6 is used for maintenance activities mainly in the configuration phase, even before system start-up, it is not a time-critical action. Therefore, it is enough to demand a transmission system to maintain interval fitness.

On the other hand, communication from points 5 and 7-9 is used for correcting the control system operation and for maintenance activities suspending a normal operating process, also non time-critical ones, which is why interval fitness is required in this case. Requiring instantaneous fitness raises only the comfort of maintenance activities for an engineer-operator.

4. Communication: process station - operator station

The process station – operator station communication is executed for three main purposes:

- visualization of a process undergoing in the process station (table 3, No. 1, 2);
- alarming – signalization of unfitness states of the control system (table 3, No. 3-5);
- operator interaction (table 3, No. 1).

Tab. 3 Communication: process station - operator station

| No. | Communication type | Demanded (desired) type of communication system fitness | |
|-----|---|---|------------------|
| | | instantaneous fitness | interval fitness |
| 1. | transmitting process variable values | + | |
| 2. | transmitting variable values to trend image | | + |
| 3. | transmitting advisory messages for operator | | + |
| 4. | transmitting alarm signals | + | |
| 5. | transmitting alarm-related messages | | + |

Situations, which require immediate reaction of an operator or control system are:

- transmitting alarms informing about unwanted change of a controlled object or control system state, which can lead to a state of unfitness (No. 4).
- transmitting process variable values set by an operator from the operator station level (No. 1).

In both cases, immediate data transmission is desirable, therefore, instantaneous fitness of a communication system. We cannot allow delays or repetitions. Assuming the requirement of interval fitness in this case, therefore, too long data delivery time, may result in a controlled system shifting into emergency mode.

Only interval fitness is required from communication system in other cases. Extended transmission task execution time is acceptable.

5. Conclusions

The paper presents a discussion regarding the need to select a type of data transmission system fitness in an industrial network.

The choice of a desirable fitness type is influenced by:

- type of communicating sides (process, operator, engineering stations);
- type of operating process assisted by the communication process (use, maintenance);
- distribution control system operating process stage (station configuration, control software start-up, program debugging, correcting settings and other);
- type of transmitted data (e.g. process variable, advisory messages - hints);
- time coherence of received data (data with or without a timestamp).

It should also be emphasized that a comfortable situation in a data transmission process in an industrial network would be a preservation of instantaneous fitness of a communication system. On many occasions it is not possible due to restrictions: hardware or software in the station, industrial network and data volume. The paper presents operating situation, where maintaining interval fitness is sufficient.

6. References

- [1] Bednarek M.: Wizualizacja procesów. Laboratorium, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [2] Technical documentation of the Freelance 2000 system.
- [3] Informator techniczny Wonderware: Komunikacja OPC w pakiecie Wonderware FactorySuite 2000, nr 24 30-10-2001.
- [4] Będkowski L., Dąbrowski T.: Basics maintenance, part 2, Fundamentals of operational reliability [*Podstawy eksploatacji, cz. 2, Podstawy niezawodności eksploatacyjnej*], Wyd. Wojskowej Akademii Technicznej, Warszawa 2006.
- [5] Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
- [6] Scrimger R., LaSalle P., Leitzke C.: *TCP/IP. Biblia, Helion, Gliwice* 2002.
- [7] Fall K.R., Stevens R. W: *TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols (2nd Edition)*, Addison-Wesley Professional Computing Series, 2013.
- [8] MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0., October 24, 2006 <http://www.Modbus-IDA.org>.
- [9] Mahnke W., Leitner S.H., Damm M.: *OPC Unified Architecture*, Springer Science & Business Media, 2009.



Tadeusz Dąbrowski, Ph.D., D.Sc., prof. MUT - research interests are focused in the area of the theory of exploitation - mainly on technical diagnosis. The most important issues it deals with are: diagnostics of technical facilities and systems of anthropotechnical, optimization of diagnostic and maintenance, operational reliability objects. He is the author/co-author of over 100 publications (Share 40%).

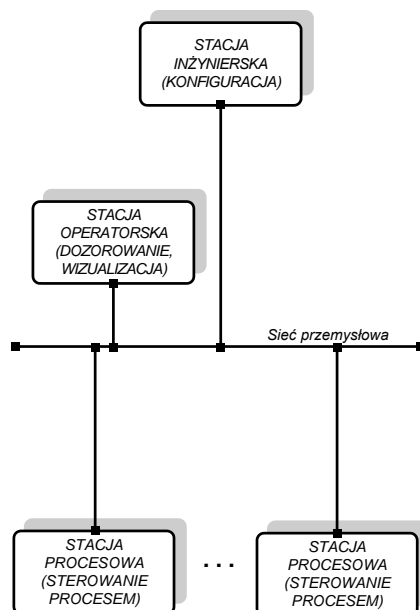


Marcin Bednarek, Ph.D. Eng. works as an assistant professor in the Department of Computer and Control Engineering the Faculty of Electrical and Computer Engineering Rzeszow University of Technology. The main area of his scientific interests includes diagnostics of the human-engineering systems, communication in distributed control systems, reliability and security of the systems. He is the author/co-author of over 100 publications (Share 60%).

ANALIZA STANÓW NIEZAWODNOŚCIOWYCH SYSTEMU TRANSMISJI DANYCH W SIECI PRZEMYSŁOWEJ

1. Wstęp

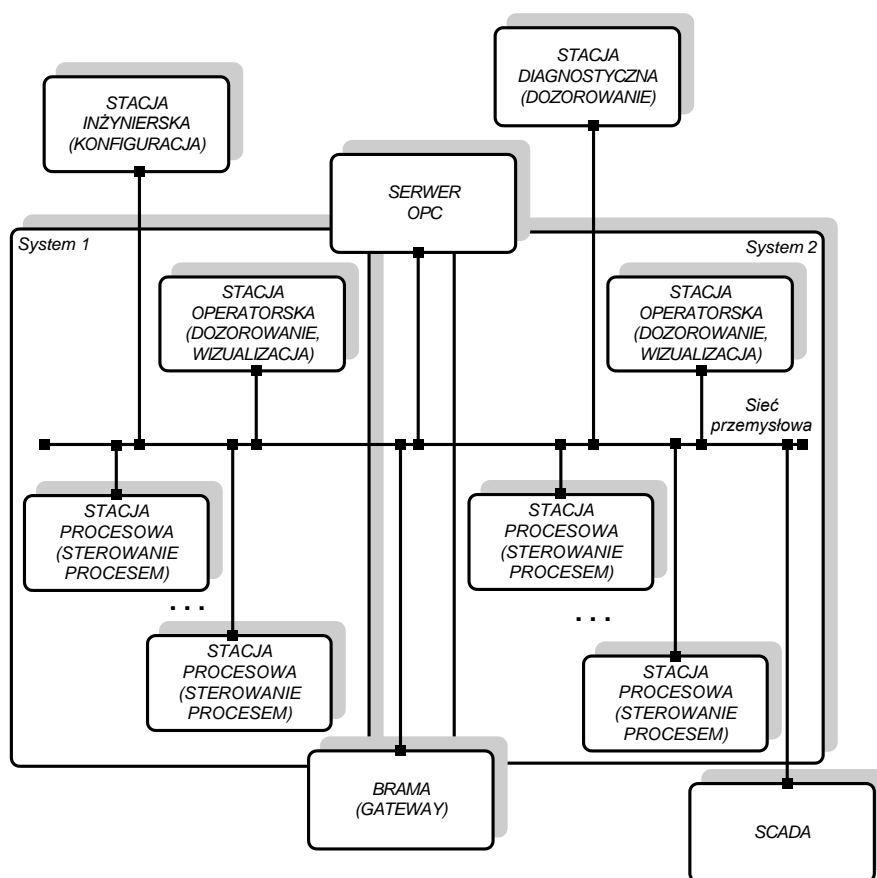
Sieci przemysłowe łączą ze sobą elementy rozproszonych systemów sterowania (rys. 1). Elementami tymi są stacje procesowe, stacje operatorskie, stacje inżynierskie oraz pozostałe elementy pozwalające na wymianę danych pomiędzy systemami przemysłowymi [1]. Stacje procesowe są sterownikami przemysłowymi prowadzącymi sterowanie procesami, stacje operatorskie służą do wizualizacji i oddziaływań operatorskich, stacje inżynierskie przeznaczone są do konfiguracji, programowania i uruchamiania programów sterowania oraz wizualizacji. Za pomocą sieci przemysłowej przesyłane są wartości zmiennych procesowych oraz inne dane wymieniane pomiędzy stacjami - elementami rozproszonego systemu sterowania (DCS – ang. *Distributed Control System*). Najprostszy wariant systemu mini-DSC przedstawia rysunek 1.



Rys. 1 Rozpatrywany system – wariant podstawowy

Należy także zauważyć, iż sieci przemysłowe mogą łączyć stacje nie tylko jednego, pojedynczego systemu sterowania. Za ich pomocą może być także prowadzona komunikacja pomiędzy stacjami różnych, odrębnych pod kątem konfiguracyjnym, rozproszonych systemów sterowania. Służą do tego stacje pośredniczące, pełniące rolę bram, czy też serwerów udostępniających dane innym systemom wg standardowych, otwartych, przemysłowych protokołów transmisji.

Pozwalają one na wzajemną wymianę danych pomiędzy systemami przemysłowymi, a także systemami SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*) (rys. 2). Przykładem takich „pośredników” może być np. *gateway* systemu Freelance [2], lub też *suite link* niezbędne do łączności z pakietem SCADA Intouch [3]. Jak widać, sieć komputerowa łącząca ww. elementy wykorzystywana jest do przesyłu różnego rodzaju wiadomości zawierających zarówno surowe wartości zmiennych procesowych, jak również informacje zawierające dane nadmiarowe, np. stemple czasowe oznaczające czas odczytu zmiennej.



Rys. 2 Rozpatrywany system – wariant rozszerzony

Zdatność całego systemu stacji zależy od zdatności układu komunikacji. Dlatego sieci przemysłowe muszą charakteryzować się wysoką niezawodnością. Mówiąc o zdatności systemu transmisji danych można rozpatrywać jego zdatność chwilową (funkcjonalną) oraz zdatność przedziałową (zadaniową). Autorzy w artykule wskazują, że nie zawsze konieczne jest utrzymanie zdatności chwilowej, a w pewnych sytuacjach eksploatacyjnych wystarcza zdatność przedziałowa.

W artykule przeprowadzono dyskusję dotyczącą konieczności zachowania jednej z nich w odniesieniu do różnego rodzaju przesyłu danych. Rozpatruje się komunikację pomiędzy:

- stacjami procesowymi,
- stacją procesową i operatorską,
- oraz stacją procesową i inżynierską.

Zakłada się, że zadanie komunikacyjne polega na przesłaniu określonej porcji danych w wymaganym, założonym czasie. W przypadku wymagania od systemu transmisji zdatności przedziałowej, uznaje się, że system transmisji jest zdatny w ujęciu przedziałowym, jeżeli odbiorca otrzyma zamówione dane (komunikat) w określonym, zadanim czasie – czyli zrealizuje zadanie użytkowe. Operację przesyłu przeważnie powtarza się cyklicznie. Czas cyklu jest zarazem maksymalnym dopuszczalnym czasem realizacji zadania. W tym przypadku możliwe są dodatkowe działania terapeutyczne, pozwalające na repetycję komunikatu w razie pojawienia się chwilowej, przejściowej niezdatności układu komunikacji. W przypadku wymagania zdatności chwilowej od układu komunikacji oczekuje się przesyłu komunikatu tak szybko, jak to możliwe (jak wynika to z możliwości technicznych sprzętu).

2. Komunikacja pomiędzy stacjami procesowymi

Rozpatrując komunikację pomiędzy stacjami systemu można wyróżnić kilka stanów eksploatacyjnych systemu transmisji danych (tabela 1). Dla każdego z tych stanów w tabeli zaznaczono symbolem „+” pożądany rodzaj stanu zdatności, wybrany spośród dwuelementowego zbioru (1):

$$Z = \{Z_m; Z_d\} \quad (1)$$

gdzie:

Z_m – zdatność chwilowa systemu

Z_d – zdatność przedziałowa

W procesie konfiguracji projektu układu sterowania stacje procesowe mogą być zdefiniowane jako elementy tego samego, wspólnego drzewa projektu (tabela 1, Lp.1). Wtedy standardowo komunikacja odbywa się za pomocą wbudowanych protokołów firmowych, które powinny zapewniać przesył komunikatów na każde żądanie stacji procesowej lub przy każdorazowej zmianie wartości transmitowanej zmiennej. Podobnie przy wykorzystaniu ww. sposobu komunikacji pomiędzy skonfigurowanymi w ramach oddzielnych drzew projektu (tabela 1, Lp.2). Zaznaczając opcję eksportu wartości zmiennej system transmisji powinien natychmiast po żądaniu lub po zmianie wartości transmitować zmienną. W obydwu przypadkach wymagana jest zdatność chwilowa systemu transmisji danych. Nieco inaczej można spojrzeć na konieczność utrzymania zdatności w trakcie transmisji, gdzie używa się tzw. obrazu procesu (tabela 1, Lp.3).

Pozyskiwane wartości zmiennych zapisywane są wówczas do wydzielonego obszaru pamięci stacji procesowej. Do tego obszaru z własnym cyklem zapisują urządzenia peryferyjne stacji procesowej, m.in. moduły wejść i wyjść i dopiero stąd pobierane są przez inne urządzenia. Wprawdzie przyspiesza to pozyskiwanie zmiennej ze stacji procesowej ale nie gwarantuje spójności czasowej pozyskania rzeczywistej wartości zmiennej i jej produkcji przez moduły wejść/wyjść sterownika.

Pożądana zatem jest tu zdatność chwilowa układu komunikacji, ale wystarczające jest też zachowanie zdatności przedziałowej systemu transmisji.

Stacje procesowe mogą także komunikować się wzajemnie z użyciem interfejsów sieciowych Ethernet i bloków komunikacyjnych pracujących w protokole TCP i UDP [6,7]. W komunikacji TCP (tabela 1, Lp.4) mechanizmy wewnętrzne protokołu zapewniają pewne dostarczenie komunikatów drugiej stronie z potwierdzeniem otrzymania. Z kolei do transmisji danych wg. UDP (tabela 1, Lp.5), należy zestawić dwa kanały komunikacyjne umożliwiające (1) nadawanie zmiennej i zwrotne potwierdzenie (2). Dodając do tego specyfikę protokołu TCP/IP i możliwość wykorzystania różnych tras przesyłu komunikatów, należy założyć, że jedynym właściwym wymaganiem, dotyczącym zdatności systemu transmisji będzie utrzymanie go w zdatności przedziałowej. Przedział czasu określony będzie ustawionym czasem cyklu pozyskiwania zmiennych.

Tab. 1 Komunikacja stacja procesowa-stacja procesowa

| Lp. | Odbiorca komunikatów (rodzaj komunikacji) | Wymagany (pożyczony) rodzaj zdatności układu komunikacji | |
|-----|---|--|-----------------------|
| | | zdatność chwilowa | zdatność przedziałowa |
| 1. | stacja procesowa w ramach wspólnego drzewa projektu (dedykowany mechanizm wbudowany) | + | |
| 2. | stacja procesowa innego systemu (dedykowany mechanizm wbudowany, opcja eksport) | + | |
| 3. | stacja procesowa w ramach wspólnego drzewa projektu (komunikacja z użyciem obrazu procesu) | + | + |
| 4. | stacja procesowa w ramach wspólnego/innego drzewa projektu (bloki komunikacyjne UDP) | | + |
| 5. | stacja procesowa w ramach wspólnego/innego drzewa projektu (bloki komunikacyjne TCP) | | + |
| 6. | stacja procesowa w ramach wspólnego/innego drzewa projektu (bloki komunikacyjne Modbus TCP) | | + |
| 7. | stacja procesowa w ramach wspólnego/innego drzewa projektu (wykorzystanie serwera OPC) | | + |

Pomiędzy stacjami procesowymi możliwe jest także zestawienie połączeń wg innych dostępnych protokołów wymiany danych procesowych. W przytoczonym tu (tabela 1, Lp. 6) przypadku wykorzystania protokołu Modbus TCP można wymagać tylko zdatności przedziałowej, bowiem konstrukcja wymiany danych bazująca na zasadzie Master-Slave [8] nie pozwala oczekiwać od układu komunikacji zdatności chwilowej.

Mamy tu do czynienia z ustawianym czasem cyklu, z jakim pozyskuje się zmienne. Dodatkowo w razie niepowodzenia definiuje się czasy *timeout*, po upływie których i nieotrzymaniu przez drugą stronę zamówionych danych następuje repetycja komunikatu. Liczba repetycji też jest definiowalna. Chcąc z dostatecznie wysokim prawdopodobieństwem zapewnić zdatność systemu sterowania, należy założyć dla tego typu komunikacji wymaganie jedynie przedziałowej zdatności systemu transmisji. Konfigurując scenariusz wymian komunikatów trzeba pamiętać, iż niezrealizowane przesyły powtarzane są kilkakrotnie, co pewien przedział czasu *timeout*, co może wydłużyć czas pozyskania informacji.

Zastosowanie serwera OPC (tabela1, Lp. 7) [9] bazuje na podobnym mechanizmie, jak opisany wcześniej tzw. obraz procesu. Serwer OPC za pomocą odpowiednich driverów samodzielnie aktualizuje własną bazę zmiennych procesowych, udostępniając ją z kolei innym, już wg. protokołu OPC. Ze względu na to, iż pozyskiwane wartości zmiennych mają swoje stemple czasowe, można odtworzyć rzeczywisty trend zmian wartości, w pewnym przedziale czasowym, dlatego wystarczy tu wymaganie od układu komunikacji zdatności przedziałowej.

3. Komunikacja stacja inżynierska - stacja procesowa

Komunikacja pomiędzy stacją procesową a stacją inżynierską prowadzona jest wyłącznie w celach obsługowo-diagnostycznych. Wśród nich wyróżnić można pewne etapy:

- (I) nawiązanie połączenia on-line ze stacją procesową (tabela 2, Lp. 1-3);
- (II) przesył parametrów stacji procesowej (tabela 2, Lp. 3,4);
- (III) dozоровanie działania układu sterowania podczas uruchamiania (tabela 2, Lp. 5);
- (IV) dozоровanie wartości zmiennych procesowych (tabela 2, Lp. 8,9);
- (V) korekta ustawień wartości parametrów (tabela 2, Lp. 6,7).

Tab. 2 Komunikacja stacja inżynierska - stacja procesowa

| Lp. | Rodzaj komunikacji | Wymagany (pożądany) rodzaj zdatności układu komunikacji | |
|-----|---|---|-----------------------|
| | | zdatność chwilowa | zdatność przedziałowa |
| 1. | nawiązanie połączenia stacji inżynierskiej ze stacją procesową, (tryb <i>on-line</i>) | | + |
| 2. | podgląd <i>on-line</i> drzewa projektu (drzewo projektu w trybie uruchomieniowym) | | + |
| 3. | przesył konfiguracji stacji procesowej | | + |
| 4. | przesył programu sterowania stacji procesowej | | + |
| 5. | podgląd <i>on-line</i> schematu FBD (program w języku FBD w trybie uruchomieniowym) | +* | + |
| 6. | korekta parametrów config. stacji procesowej i bloków funkcyjnych programu sterowania | | + |
| 7. | wprowadzanie wartości zmiennych procesowych z poziomu trybu uruchomieniowego stacji inżynierskiej | +* | + |
| 8. | podgląd wartości zmiennych procesowych w oknie śledzenia wartości | +* | + |
| 9. | podgląd wartości zmiennych procesowych w oknie przebiegu trendu | +* | + |

Oznaczenia: * - *pożądana dla komfortu operatora i przyspieszenia czynności obsługowych*

Ze względu na to, iż komunikacja w ramach punktów 1-4 i 6 służy do czynności obsługowych prowadzonych przeważnie w fazie konfiguracji, jeszcze przed uruchomieniem systemu, nie jest to krytyczna czasowo czynność. Wystarczy zatem wymaganie od systemu transmisji utrzymania zdatności przedziałowej. Z kolei komunikacja z punktów 5 oraz 7-9 służy do korekty działania układu sterowania i czynności obsługowych przerywających normalny proces użytkowania, także niekrytycznych ze względu na czas, dlatego wymagana jest tu zdatność przedziałowa. Wymaganie tu zdatności chwilowej podnosi jedynie komfort czynności obsługowych inżyniera-operatora.

4. Komunikacja stacja procesowa - stacja operatorska

Komunikacja stacja procesowa- stacja operatorska prowadzona jest w trzech głównych celach:

- wizualizacji procesu przebiegającego w stacji procesowej (tabela 3, Lp. 1, 2);
- alarmowania - sygnalizacji stanów niezdatności systemu sterowania i sterującego (tabela 3, Lp. 3-5);
- oddziaływania operatorskiego (tabela 3, Lp. 1).

Tab. 3 Komunikacja stacja procesowa - stacja operatorska

| Lp. | Rodzaj komunikacji | Wymagany (pożądany) rodzaj zdatności układu komunikacji | |
|-----|--|---|-----------------------|
| | | zdatność chwilowa | zdatność przedziałowa |
| 1. | przesył wartości zmiennych procesowych | + | |
| 2. | przesył wartości zmiennych do obrazu trendu | | + |
| 3. | przesył komunikatów doradczych dla operatora | | + |
| 4. | przesył sygnalizacji alarmów | + | |
| 5. | przesył komunikatów związanych z alarmami | | + |

Sytuacjami, w których wymagana jest natychmiastowa reakcja operatora lub systemu sterowania są:

- przesył alarmów informujących o niepożądanym zmianie stanu obiektu sterowanego lub systemu sterowania, mogącej prowadzić do stanu niezdatności (Lp. 4).
- przesył wartości zmiennych procesowych ustawianych przez operatora z poziomu stacji operatorskiej (Lp. 1).

W obydwu przypadkach pożądany jest natychmiastowy przesył danych, a więc także zdatność chwilowa układu komunikacji. Nie można pozwolić sobie na opóźnienia i repetycje. Założenie tu wymagania zdatności przedziałowej, a co za tym idzie zbyt długiego czasu dostarczenia danych, może skutkować przejściem systemu sterowanego w stan awaryjny.

Od układu komunikacji w pozostałych przypadkach wymaga się jedynie zdolności przedziałowej. Dopuszcza się wydłużony czas realizacji zadania przesyłu.

5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono dyskusję dotyczącą konieczności wyboru zachowania zdolności systemu transmisji danych w sieci przemysłowej. Na wybór pożądanego rodzaju zdolności wpływ mają:

- typ komunikujących się stron (stacja procesowa, operatorska, inżynierska);
- rodzaj wspomaganego przez proces komunikacji procesu eksploatacyjnego (użytkowanie, obsługiwane);
- etap procesu eksploatacji rozproszonego systemu sterowania (konfiguracja stacji, uruchamianie programu sterowania, debugowanie programu, korekta ustawień i inne);
- rodzaj przesyłanych danych (np. zmienne procesowe, komunikaty doradcze);
- spójność czasowa otrzymania danych (dane ze stemplem czasowym lub bez).

Należy również podkreślić, iż komfortową sytuacją w procesie transmisji danych w sieci przemysłowej byłoby permanentne zachowanie zdolności chwilowej układu komunikacji. Niejednokrotnie nie jest to możliwe ze względu na ograniczenia: sprzętowe i programowe stacji, sieci przemysłowej i objętości danych. W artykule wykazano sytuacje eksploatacyjne, w których wystarcza zachowanie zdolności przedziałowej.

6. Literatura

- [1] Bednarek M.: Wizualizacja procesów. Laboratorium, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów 2004.
- [2] Dokumentacja elektroniczna systemu Freelance 2000.
- [3] Informator techniczny Wonderware: Komunikacja OPC w pakiecie Wonderware FactorySuite 2000, nr 24 30-10-2001.
- [4] Będkowski L., Dąbrowski T.: Podstawy eksploatacji, cz.2. Podstawy niezawodności eksploatacyjnej, Wyd. WAT, Warszawa 2006.
- [5] Szopa T.: Niezawodność i bezpieczeństwo, Wyd. Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2016.
- [6] Scrimger R., LaSalle P., Leitzke C.: TCP/IP. Biblia, Helion, Gliwice 2002.
- [7] Fall K.R., Stevens R. W: TCP/IP Illustrated, Volume 1: The Protocols (2nd Edition), Addison-Wesley Professional Computing Series, 2013.
- [8] MODBUS Messaging on TCP/IP Implementation Guide V1.0., October 24, 2006 <http://www.Modbus-IDA.org>.
- [9] Mahnke W., Leitner S.H., Damm M.: OPC Unified Architecture, Springer Science & Business Media, 2009.



Dr hab. inż. Tadeusz Dąbrowski, profesor nadzwyczajny na Wydziale Elektroniki Wojskowej Akademii Technicznej. Jego zainteresowania naukowe koncentrują się w obszarze teorii eksploatacji – głównie na diagnostyce technicznej i niezawodności eksploatacyjnej. Wiodącym tematem, którym się zajmuje jest wieloaspektowa analiza procesów eksploatacji w systemach antropotechnicznych. Posiada dorobek publikacyjny w liczbie ponad 100 artykułów w punktowanych czasopismach. (Udział 40%).



Dr inż. Marcin Bednarek pracuje na stanowisku adiunkta w Katedrze Informatyki i Automatyki Wydziału Elektrotechniki i Informatyki Politechniki Rzeszowskiej. Główny obszar jego zainteresowań naukowych to: diagnostyka systemów antropotechnicznych, komunikacja w rozproszonych systemach sterowania, niezawodność i bezpieczeństwo systemów. Jest autorem/współautorem ponad 100 publikacji (Udział 60%).