

# ControlNet

## Rozwiązanie problemu przydziału czasu w komunikacji przemysłowej, część 2

Interesującą i bardzo istotną własnością ControlNetu jest nadawanie informacji w sieć bez określania odbiorcy (operacja Send Data), podczas konfiguracji węzła wysyłającego dane (czyli producenta). O tym czy informacja zostanie odebrana oraz o żądanym okresie przekazywania RPI decydują konfiguracje pozostałych węzłów (zawierające pole Receive Data From), określanych jako klienci. Dzięki temu uniknięto wielokrotnego przesyłania tych samych danych do wielu odbiorców, co zaowocowało znacznym zwiększeniem efektywności sieci. Na rys. 4 pokazano fragment okna z pakietu RSNetwork for ControlNet, podstawowego narzędzia do konfigurowania sieci i trybu SDT, pokazujący ustawienie jednego z węzłów na nadawanie i odbieranie informacji. Należy zwrócić uwagę na pola RPI oraz API przy odpowiednich definicjach (rys. 4).

W pokazanym przykładzie wartość NUT, wynikająca z całości pracy sieci, wynosi 10ms, zaś węzeł 1 (którego konfigurację przedstawia tabela) wysyła 20 słów danych w sieć oraz odbiera informację z węzłów 2 i 3. Dane z urządzenia nr 2 zostały podzielone na trzy części, każda o innym wymaganym czasie RPI - odpowiednio 10, 20 oraz 40 ms. Podobnie jest w przypadku węzła 3. Aby odpowiednie dane zostały odebrane przez węzeł 1, muszą się pojawić w sieci za sprawą odpowied-

nich poleceń Send Data w pozostałych węzłach. Fragment konfiguracji węzła 2 pokazano na rys. 5.

Jak widać z przedstawionych tabelic, węzły 1 i 2 wzajemnie wymieniają dane, które dzięki mechanizmowi rozgłoszeniowemu są dostępne także dla innych urządzeń w sieci. Wystarczy, że będą posiadały pole Receive Data From w swoich tabelicach przy odpowiednich wierszach Node. Pokazany tu przykład jest ilustracją komunikacji peer-to-peer pomiędzy procesorami w ControlNet, w których dla zwiększenia efektywności transmisji tworzy się bufor wymiany (tablice Data Input File DIF oraz Data Output FileDOF), których adresy pojawiły się w kolumnach Input Address oraz Output Address.

Nieco inaczej tworzona jest komunikacja z mniej zaawansowanymi urządzeniami, takimi jak adaptory wyposażone w moduły analogowe lub cyfrowe. W takich przypadkach każdy moduł ma z góry określone parametry, które może przekazywać lub odbierać. Ich definicja jest zapisana w plikach tekstowych EDS (ang. Electronic Data Sheet), dostępnych w każdym pakiecie konfiguracyjnym lub na stronach internetowych. Każdy taki moduł może współpracować z procesorem w ramach jednego z pięciu trybów:

- *Exclusive Owner*, w którym procesor posiadający taki moduł w swo-

*Potęgą ControlNetu, oparta na prezentowanej w artykule czasowej przewidywalności powoduje, że ten system sieciowy zdobywa coraz większe uznanie wśród użytkowników w przemyśle. W drugiej części artykułu przedstawiamy kolejne zagadnienia związane z zastosowanymi w ControlNecie mechanizmami wymiany danych.*

jej konfiguracji posiada możliwość wyłącznie odczytywania wejść i ustawiania wyjść.

- *Multicast*, w którym procesor kontroluje wyjścia modułu, ale udostępnia stan wejść innym węzłom
- *Input Only*, w którym procesor ma możliwość odczytywania stanu wejść modułu obsługiwanego przez inny procesor (poprzez tryb Multicast). Odczyt ten jest aktywny zawsze, niezależnie od warunków połączenia z podstawowym procesorem.
- *Listen Only*, który jest podobny do poprzedniego z tą różnicą, że w chwili zerwania komunikacji z procesorem podstawowym, procesor posiadający taki tryb również traci połączenie.
- *Redundant Owner*, który jest stosowany podczas tworzenia backupu sieci. Taki tryb pozwala na powiązanie modułu posiadającego wyjścia do dwóch procesorów, przy czym ten, który posiada na liście konfiguracyjnej tryb Redundant Only jest dopuszczany do sterowania jedynie w przypadku awarii bądź wyłączenia z sieci procesora podstawowego.

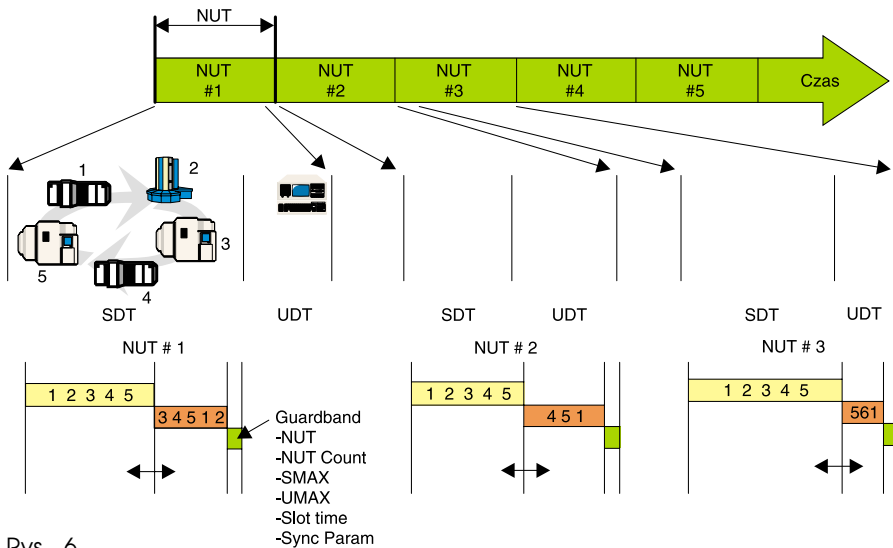
Dane pochodzące lub wysyłane z/do modułów I/O są mapowane

Node	S	Parameters	Device Name	Connection Name	APIms	RPIms	Input Address	Input Size	Output Address
01		Produce Buffer ID=1	PLC 1/40C	Send Data	n/a	n/a	n/a	n/a	N250
		Consume Buffer ID=1		Receive Data From	2000	20	N22:20	6	n/a
		Consume Buffer ID=2		Receive Data From	4000	40	N22:29	1	n/a
		Consume Buffer ID=3		Receive Data From	1000	10	N22:620	3	n/a
02		Consume Buffer ID=1	PLC 1/40C	Receive Data From	2000	20	N22:20	6	n/a
		Consume Buffer ID=2		Receive Data From	4000	40	N22:29	1	n/a

Rys. 4.

Node	S	Parameters	Device Name	Connection Name	APIms	RPIms	Input Address	Input Size	Output Address
01		Consume Buffer ID=1	PLC 1/40C	Receive Data From	2000	20	N22:0	20	n/a
		Produce Buffer ID=1		Send Data	n/a	n/a	n/a	n/a	N25:0
		Produce Buffer ID=2		Send Data	n/a	n/a	n/a	n/a	N25:9
		Produce Buffer ID=3		Send Data	n/a	n/a	n/a	n/a	N25:20

Rys. 5.



Rys. 6.

bezpośrednio na tablice wejść/wyjść procesora (stany dyskretne) lub na tablice DIF/DOF (dane analogowe). Podobnie jak w przypadku transmisji peer-to-peer, tu również określany jest czas RPI, którego praktyczny wymiar pojawia się w postaci wartości API po optymalizacji pakietu.

Jak zostało wspomniane na wstępie, w sieci ControlNet współegzystują dwa rodzaje informacji: czasowo-krytyczna (opisana powyżej) oraz czasowo-niekrytyczna. Pora więc określić, jakie dane i w jaki sposób projektant może zaliczyć do przesłania w ramach transferu danych niekrytycznych UDT (ang. Unscheduled Data Transfer). Podstawowym problemem wielu użytkowników przemysłowych systemów komunikacyjnych jest współpraca komputerów wizualizacyjnych i stacji operatorskich jednocześnie ze sterownikami i modułami I/O. Zazwyczaj, pomimo możliwości określenia jak często mają odświeżać dane potrzebne do zarejestrowania lub prezentacji, ich dołączenie do sieci pogarsza jej przepustowość, zwłaszcza w chwilach szczególnego ruchu. Podobnie wygląda sytuacja z komputerami diagnostycznymi, wykorzystywanymi przez obsługę techniczną. Każdy podgląd programu lub danych w sterowniku poprzez sieć wiąże się z zajęciem pewnego, często dość istotnego czasu sieci. Ten negatywny wpływ współpracy urządzeń MMI na sieć, spowodował, że projektanci ControlNetu, postanowili zarezerwować miejsce dla takich urządzeń jedynie w zakresie transferu UDT. Dzięki temu uzyskane wcześniej na drodze optymalizacji

wartości API oraz NUT nie ulegną zmianie, pomimo dołączenia dowolnej liczby komputerów czy stacji operatorskich. Pojawia się jednak pytanie: jaki wpływ na pracę stacji MMI będzie miała ich liczba? Przedstawiony na rys. 6 schemat pokazuje podział czasu sieci na transfery SDT oraz UDT, a także ich uczestników.

W procesie transmisji SDT, przedstawionej na przykładowym schemacie, bierze udział pięć procesorów o adresach od 1 do 5. Dane wymieniane pomiędzy procesorami są przesyłane w każdym okresie NUT, co pokazuje zestaw adresów w odpowiednich przedziałach SDT. Obok procesorów, w sieci znajdują się także stacje operatorskie oraz komputery monitorujące ich pracę. Z nimi odbywa się komunikacja w ramach UDT, dla którego czas przydzielony w ramach NUT jest zawsze stałym fragmentem całości i powstaje podczas optymalizacji i wyliczenia zajętości NUT przez komunikaty SDT. By nie dopuścić do zablokowania komunikacji UDT, twórcy sieci zagwarantowali niemożliwość wystąpienia sytuacji, by w którymś z interwałów nie doszło do wymiany danych niekrytycznych. Jak widać ze schematu, zarówno skład jak i liczba uczestników tego transferu jest zmienna. Wynika to z prostej zasady przydziału zasobów UDT, wynikającej z przekazywania znacznika pomiędzy wszystkimi zainteresowanymi. Każdy zajmuje więc łącze tak długo, aby wysłać wszystkie informacje. Potem przekazuje znacznik następnemu i całość się powtarza. Aby nie tracić czasu na

poszukiwanie nieobecnych, dodatkowo podczas konfiguracji sieci ustalane są parametry *Max Scheduled Address SMAX* oraz *Max Unscheduled Address UMAX*.

Komunikacja UDT, z uwagi na przedstawione własności, jest także wykorzystywana do przesyłania konfiguracji do modułów I/O (która z założenia jest dość obszerna, ale odbywa się sporadycznie) oraz do przekazywania mniej istotnej informacji pomiędzy procesorami (przy wykorzystaniu poleceń typu MSG, określających w sposób jawny nadawcę i odbiorcę danych).

Patrząc na schemat działania należy zauważyć także niewielki fragment NUT nazwany Guardband lub Network Maintenance Data Transfer NMDT. Ten element ruchu sieciowego jest wykorzystywany przez węzły Keeper (są nimi procesory przechowujące konfigurację sieci) do synchronizacji, zarządzania SDT, a także na pilnowanie i ewentualne odtworzenie znacznika pracującego w UDT.

**Zakończenie**

Przedstawiona w artykule sieć ControlNet jest pierwszym i jak na razie jedynym rodzajem komunikacji przemysłowej, w której głównym parametrem jest czas, a w zasadzie okres wymiany danych. Budując systemy sieciowe można było dotychczas jedynie oszacować częstotliwość transferu z dokładnością (w najlepszym razie) do około 20-30%. Wartość ta w przypadku sieci poziomu sterowania może oznaczać dość duże rozbieżności, co w przypadku współczesnego przemysłu, dyktującego coraz bardziej ostre wymagania staje się często nie do przyjęcia. W takich właśnie aplikacjach jest stosowany system ControlNet. Tym chętniej stosowany, że łączy w sobie zarówno możliwości poziomu sterowania (łączność peer-to-peer, obsługa MMI) jak i cechy poziomu urządzeń (szybka obsługa I/O, diagnostyka, redundancja). Warto więc obserwować rozwój ControlNetu, stającego się jednym z podstawowych narzędzi komunikacyjnych w dzisiejszym przemyśle, a z pewnością będącym podstawą przyszłych rozwiązań.

**Rafał Tutaj**  
**Elmark Automatyka Sp. z o.o.**  
**Dział Rockwell Automation**  
**rt@elmark.com.pl**