



POLITECHNIKA ŚLĄSKA W GLIWICACH

PRZEMYSŁOWE SYSTEMY ROZPROSZONE

Analiza czasowa przepływu informacji w sieciach o protokole Master-Slave

AUTORZY:

Jakub Barbuletis

Dominik Korda

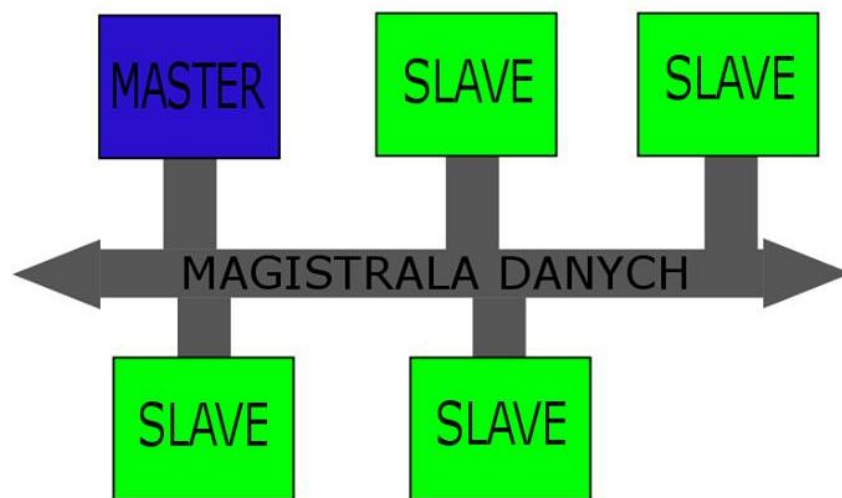
22 lutego 2015

1 Analiza tematu

Celem niniejszej pracy jest zobrazowanie zależności w przesyłach danych, między poszczególnymi stacjami działającymi w sieci opartej o protokół Master - Slave.

2 Budowa i działanie sieci Master - Slave

W sieciach opartych o model komunikacyjny Master - Slave, można wyróżnić wiele stacji typu slave, oraz jedną stację master. Jedynie stacja master może swobodnie wysyłać i żądać dane od innych stacji. Slave natomiast jeśli potrzebuje jakiejś informacji, której cykliczna transmisja nie została przewidziana na etapie projektowania sieci musi skorzystać z tzw. wymiany wyzwalanej (na które dodatkowo należy wziąć poprawkę przy projektowaniu scenariusza wymian w sieci).



Rysunek 1: Struktura sieci master-slave

2.1 Scenariusz wymian

Ze względu na swój sposób działania sieć master - slave daje nam ogromny zakres kontroli nad wymianami danych zachodzącymi w sieci. Jest tak, ponieważ każdą z nich trzeba samemu zaplanować - robi się to za pomocą tzw. *scenariusza wymian*, projektowanego równolegle z siecią i zależnemu od pracy poszczególnych komponentów systemu rozproszonego.

W scenariuszu znaleźć się muszą wszystkie wymiany, których dokonanie w określonym okresie czasu jest niezbędne dla poprawnego działania systemu (oraz spełniania przez niego wymagań czasowych).

Przyjmuje on postać tabeli, w której zapisane są takie parametry jak :

- tryb transmisji danych
 - ASCII
 - RTU
- liczba bitów stopu i parzystości
- liczba bitów przypadająca na jeden znak transmisji
- prędkość transmisji

Dodatkowo uwzględniane są parametry indywidualne dla każdej wymiany:

- numer wymiany

- adres abonenta
- kod operacji
- adres danych jednostki master do wysłania, bądź adres danych do otrzymania od stacji slave
- rozmiar danych
- wybór trybu - wymiana periodyczna bądź wyzwalana
- ustalenie czy należy automatycznie usunąć abonenta przy braku odpowiedzi
- adres słowa raportu wymiany
- parametry związane raczej ze sprzętową konfiguracją wymiany:
 - graniczny czas oczekiwania na odpowiedź T_{ODP}
 - ilość prób ponownego połączenia w przypadku przekroczenia czasu T_{ODP} , określane dalej jako L_{REP}
 - liczba cykli sieci, po których podjęta zostanie ponownie próba komunikacji (w przypadku gdy żadna z prób komunikacji z punktu powyższego nie zakończyła się sukcesem), określana dalej jako L_{COCZK}
 - długość przerwy między kolejnymi transmisjami rozgłoszeniowymi
 - czas opóźnienia przed transmisją ramki oraz po jej zakończeniu.
 - czas autoryzacji mający znaczenie przy pracy z modemami

Jako, że nie każde dane należy transmitować w regularnych odstępach czasu, dodany został mechanizm tzw. *wymian wyzwalanych*. Jest to wymiana, którą może zainicjować stacja slave w pakiecie odpowiedzi - informuje ona stację slave, że potrzebuje określone dane, a master z czasem je jej dostarczy.

Warto pamiętać, że zawartość scenariusza wymian, oraz sposób konfiguracji go będzie się różnić w zależności od użytego koprocatora sieci, oraz wybranego protokołu.

3 Podstawowe parametry czasowe

Podstawowym parametrem jest długość trwania tzw. *cyklu wymian* czyli odcinka czasu, na którym pojawiają się wszystkie wymiany konieczne dla sprawnego działania systemu. Jest on zazwyczaj ograniczony od góry wymaganiami czasowymi, jakie musi spełniać system aby kwalifikował się jako system czasu rzeczywistego.

W *cyklu sieci* wyróżnić można pojedyncze *wymiany*, które należą zazwyczaj do jednej z następujących kategorii:

- *zapytanie* bądź *polecenie sterujące* wraz z odpowiedzią
- transmisja rozgłoszeniowa (w tego typu transmisji nie występują odpowiedzi od stacji slave)

3.1 Przebieg pojedynczej wymiany

Aby dowiedzieć się ile trwa cykl wymiany między stacją master a stacją slave, należy szczegółowo przeanalizować z jakich etapów składa się cykl wymiany i jak w wyniku tego należy sieć skonfigurować aby działała stabilnie i niezawodnie. Dwa podstawowe parametry, które mają na to wpływ to:

- Czas oczekiwania przez stację master na odpowiedź od stacji podrzędnej - T_{ODP}
- Czas oczekiwania na gotowość stacji nadrzędnej - T_{GOT}

Rozważmy, co się stanie, jeśli powyższe czasy zostaną źle dobrane.

Za krótki czas T_{GOT} będzie powodował, że stacja slave notorycznie będzie zgłaszała brak gotowości stacji master i niemożność zrealizowania wymiany.

Za krótki czas T_{OODP} będzie z kolei powodował częste komunikaty stacji master o braku połączenia ze stacją slave.

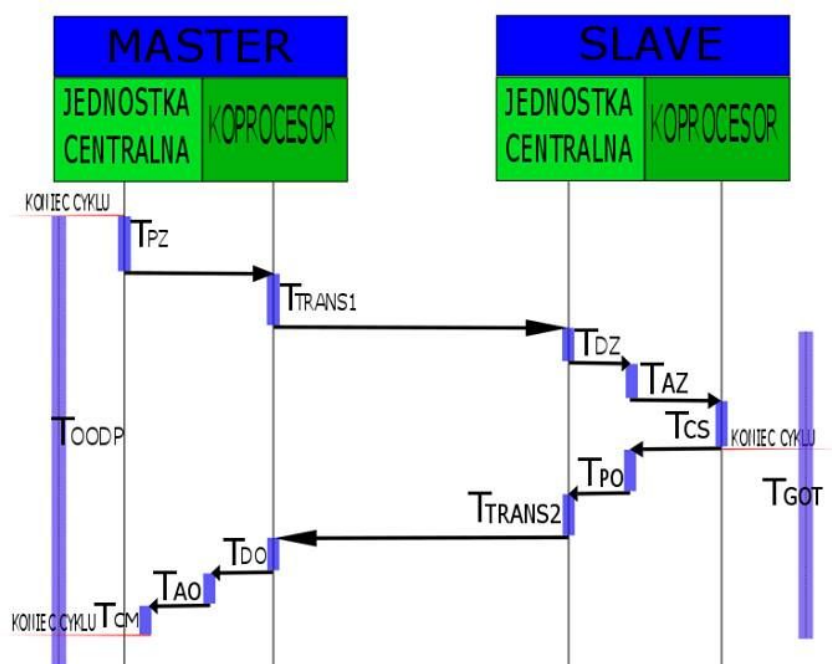
Co więcej, powyższe parametry warto dobrać z pewnym marginesem, zabezpieczających nas od wszelkich opóźnień mogących wystąpić na etapie transmisji, bądź przetwarzania danych na granicy Jednostki Centralnej i Koprocatora Sieci.

Przeanalizujmy co się dzieje w ciągu pojedynczej wymiany i jakie opóźnienia czasowe tam występują.

Przede wszystkim jednostka centralna stacji master przekazuje do koprocatora informacje jakie żądanie musi zostać zrealizowane. Po zakończeniu cyklu automatu master musi zostać przygotowana ramka żądania, bo przecież abonent docelowy musi zostać zaadresowany, należy zapewnić kontrolę poprawności danych sumą CRC itp. Określimy ten czas jako T_{PZ} .

Przygotowaną ramkę, należy przesłać łączem fizycznym do abonenta docelowego - czas przesyłu jest bezpośrednio związany z właściwością łącza i ustaloną prędkością transmisji danych. Czas propagacji danych po łączu określimy jako T_{TRZ} . Po wysłaniu ramki przez stację master, koprocator docelowej stacji slave musi wykryć tą ramkę, i odczytać jej adres, bo przecież wcale nie musi być celem transmisji - jest to czas detekcji ramki T_{DZ} . Po ustaleniu przez koprocator, że przesłane żądanie ma być zrealizowane, należy żądanie przeanalizować, i poinformować jednostkę centralną jakie działania ma podjąć, bądź też jakie dane przygotować do transmisji - określimy ten czas jako T_{AZ} . Po przekazaniu danych do jednostki centralnej musi się wykonać cykl automatu stacji slave, w którym dane zostaną przygotowane do transmisji do mastera, bądź zostanie wykonana czynność nakazana w otrzymanym żądaniu - czas cyklu można określić jako T_{CS} .

Po cyklu automatu następuje jakby "odwrócenie" procesu - stacja slave przygotowuje ramkę odpowiedzi, a master będzie ją odbierał. W skład tego procesu wejdą następujące czasy: czas przygotowania ramki odpowiedzi - T_{PO} , czas transmisji ramki odpowiedzi - T_{TRO} , czas detekcji ramki odpowiedzi - T_{DO} , czas analizy ramki odpowiedzi - T_{AO} i wreszcie czas cyklu automatu stacji master, w którym nastąpi przetworzenie odpowiedzi oraz zapisanie informacji o wymianie zakończonej sukcesem do raportu - T_{CM} .



Rysunek 2: Przebieg poszczególnych procesów podczas pojedynczej wymiany

Warto pamiętać, że dla poprawnej pracy sieci powinny zachodzić następujące zależności:

$$T_{GOT} > T_{DZ} + T_{AZ} + T_{CS} + T_{PO} \quad (1)$$

$$T_{OODP} > T_{PZ} + T_{TRZ} + T_{DZ} + T_{AZ} + T_{CS} + T_{PO} + T_{TRO} + T_{DO} \quad (2)$$

Warto zwrócić uwagę na fakt, że w przypadku braku sygnału *końca cyklu KC* w czasie T_{GOT} koprocessor stacji slave wyśle odpowiedź *NACK* powodując uznanie wymiany za nieudaną. Jest to o tyle ważne, że wpływ na to ma czas trwania cyklu automatu slave T_{CS} , którego długości nie da się wyliczyć, a jedynie zmierzyć. Dodatkowo będzie ona się prawdopodobnie zmieniała w zależności od działań podejmowanych przez stację slave, przez co może się drastycznie zmienić w wyniku komunikatów nadanych przez sieć. Takie zdarzenie może zaburzyć działanie sieci - dlatego należy doliczyć pewien margines w stosunku do przewidywanego najdłuższego czasu cyklu.

3.2 Analiza czasu trwania cyklu wymian

Na początek warto policzyć, ile czasu zajmie transmisja ramki przez łącze. Jest to dość proste, bo jest to stosunek liczby bitów w ramce do prędkości transmisji. Jedyne o czym należy pamiętać, to narzut bitów sterujących z protokołu.

Czas transmisji ramki żądania:

$$T_{TRZ} = \frac{ZTZ * BZ + BS}{V[b/s]} \quad (3)$$

Czas transmisji ramki odpowiedzi:

$$T_{TRO} = \frac{ZTO * BZ + BS}{V[b/s]} \quad (4)$$

Gdzie: ZTZ , ZTO to odpowiednio liczba znaków w danych w ramce żądania i odpowiedzi, BZ to liczba bitów w znaku, BS to liczba bitów sterujących narzucanych przez protokół (np. CRC itp.), a V to prędkość transmisji po łączy, wyrażana w *bitach/sek*.

Znając już czasy poszczególnych transmisji, można się zabrać za wyliczenie już bardziej złożonych rzeczy, jak choćby czasu trwania pojedynczej wymiany - jak łatwo się domyślić będzie to suma wszystkich składowych czasowych:

$$T_{WYMP} = T_{PZ} + T_{TRZ} + T_{DZ} + T_{AZ} + T_{CS} + T_{PO} + T_{TRO} + T_{DO} + T_{AD} + T_{CM} \quad (5)$$

Warto zwrócić uwagę, na fakt, że bardzo duży wpływ na czas trwania takiej wymiany mają cykle automatów mastera jak i slave'a. Dodatkowo są to parametry, które można zmienić w sposób dość prosty, gdyż nie wymaga to zmiany sprzętu. Natomiast zmiany parametrów detekcji ramki, czy analizy żądania bądź przygotowania odpowiedzi, są już zależne od użytego koprocessora i ich skrócenie wiązałoby się z koniecznością wymiany sprzętu.

Kolejnym parametrem, który można sobie prosto wyliczyć jest czas trwania wszystkich N wymian:

$$T_{WYMC} = \sum_{i=1}^N (T_{PZi} + T_{TRZi}) + \sum_{j=1}^N (T_{AZj} + T_{CSj} + T_{POj} + T_{TROj}) + \sum_{i=1}^N (T_{CMi} + T_{TAoi}) + N(T_{DZ} + T_{DO}) \quad (6)$$

Należy mieć na względzie, że wyliczone wyżej wartości zakładają brak jakichkolwiek retransmisji, usunięcie z sieci stacji itd. Czas wykrycia niedostępności pojedynczego abonenta wynosi:

$$T_{NA} = \sum_{i=1}^{L_{REP}} (T_{TRZ} + T_{OODP}) \quad (7)$$

Jak widać, jest to czas powtórzenia L_{REP} razy transmisji wraz z oczekiwaniem na odpowiedź. Po upływie takiego czasu, stacja master uzna abonenta za niedostępnego i ponowi próbę komunikacji po wykonaniu się $L_{CO CZK}$ cykli sieci.

W najgorszym przypadku czas wszystkich transmisji będzie równy czasowi wszystkich transmisji + maksymalnemu czasowi repetycji, czyli:

$$T_{WYMMAX} = T_{WYMC} + \sum_{i=1}^N T_{NAi} \quad (8)$$

Literatura

- [1] Andrzej Kwiecień *Analiza przepływu informacji w komputerowych sieciach przemysłowych*, Politechnika Śląska, Gliwice 2002
- [2] Dokumentacja sieci MODBUS firmy Modicon