

I. Zadanie 1.1.

Treść zadania:

Należy wyznaczyć minimalny (t_{\min}) i maksymalny (t_{\max}) czas dostępu do urządzenia w sieci AS-i zastosowanej w systemie czasu rzeczywistego o ostrych ograniczeniach czasowych, jeśli sieć ta składa się z 10 urządzeń podporządkowanych:

- a) zgodnych ze specyfikacją 2.0.
- b) zgodnych ze specyfikacją 2.11.

Uwaga: Należy rozważyć wszystkie przypadki mające wpływ na wartość tych czasów, w tym także np. tolerancję prędkości transmisji.

Sposób rozwiązania i opis zastosowanych metod:

Czasy dostępu (nazywane też czasami trwania jednej sekwencji) można obliczyć przez obliczenie czasu trwania jednej transakcji i pomnożenie tego czasu przez ilość urządzeń. Wynika to z właściwości sieci: „jednostka nadrzędna realizuje cykle transakcyjne sekwencyjnie ze wszystkimi dołączonymi do sieci urządzeniami podrzędnymi”.

Pojedyncza transakcja (cykl zapytanie-odpowiedź) składa się z:

- wysłanie ramki przez urządzenie nadrzędne: 14 bitów
- pauza po ramce jednostki nadrzędnej: równa czasowi od 3 do 10 bitów informacji
- wysłanie ramki przez urządzenie podrzędne: 7 bitów
- pauza po ramce jednostki : równa czasowi trwania transmisji 1 bitu informacji

Długość pauzy po ramce urządzenia nadrzędnego zależy od stopnia synchronizacji odbiornika jednostki podporządkowanej. W przypadku zsynchronizowania urządzenia podporządkowanego, pauza trwa 3 bity. Jeśli nie ma synchronizacji, to pauza jest wydłużana o czas 2 bitów (i pauza trwa 5 bitów). Jeśli jednostka nadrzędna nie otrzyma odpowiedzi po czasie trwania transmisji 10 bitów, to przechodzi do transakcji z następnym urządzeniem podporządkowanym. Dodatkowo powinien pojawić się alarm informujący o braku uzyskania informacji z urządzenia podrzędnego, a system powinien podjąć odpowiednie działania, ze względu na poważne skutki jakie mogą wystąpić.

W przypadku minimalnego czasu dostępu do urządzenia należy przyjąć najbardziej optymistyczny wariant przebiegu transakcji między urządzeniami. Wystąpi on gdy wszystkie urządzenia podporządkowane będą synchronizowane i pauza ramki urządzenia nadrzędnego będzie trwała 3 bity.

Wtedy transakcja będzie trwała: czas zapytania przez urządzenie nadrzędne (14 bitów), pauza po tym zapytaniu (3 bity), odpowiedź urządzenia podrzędnego (7 bitów) i pauza po odpowiedzi (1 bit). Co w sumie daje 25 bitów, których czas transmisji odpowiada minimalnemu czasowi jednej transakcji. Warto zauważyć, że sytuacja, gdy urządzenie nie odpowiada będzie trwała 24 bity, czyli mniej niż w wcześniejszym przypadku.

W przypadku maksymalnego czasu dostępu do urządzenia przyjmuje się najbardziej pesymistyczny wariant przebiegu transakcji między urządzeniami, gdy pauza trwa 10 bitów, a urządzenie podrzędne odpowie.

Czas pojedynczej transakcji odpowiada czasowi transmisji 32 bitów ($14+10+7+1$).

Czas transmisji jednego bitu wynika z elementarnej podstawy czasu, która w sieciach AS-i wynosi 6 μ s. Niestety nie udało mi się znaleźć informacji o tolerancji prędkości transmisji lub dopuszczalnych odchyłach podstawy czasu w sieci AS-i.

Na podstawie tych danych można policzyć maksymalny i minimalny czas pojedynczej transakcji, korzystając z następującej zależności:

$$t_{transakcji} = [\text{ilość bitów}] * [\text{czas transmisji 1 bitu}]$$

Mnożąc ilość urządzeń podrzędnych i maksymalny/minimalny czas transakcji, otrzymany zostanie maksymalny/minimalny czas dostępu do urządzenia.

$$t_{max} = [\text{ilość urządzeń}] * t_{max_transakcji}$$

$$t_{min} = [\text{ilość urządzeń}] * t_{min_transakcji}$$

Otrzymane wyniki:

a) Sieć zgodna z specyfikacją 2.0.

W przypadku sieci o specyfikacji 2.0 maksymalna liczba urządzeń podporządkowanych wynosi 31, a przyjęta w założeniach liczba urządzeń równa 10, nie przekracza tej liczby. Oznacza to, że da się stworzyć sieć według założeń, zgodną z specyfikacją 2.0.

W celu wyznaczenia minimalnego czasu dostępu do urządzenia, należy rozróżnić dwie sytuacje:

- urządzenia podrzędne są zsynchronizowane i udzielają odpowiedzi
- lub
- urządzenia podrzędne nie odpowiadają.

Ma to znaczenie w przypadku jak definiowany jest czas dostępu do urządzenia. Jeśli celem dostępu będzie uzyskanie informacji z urządzeń, to należy przyjąć sytuację pierwszą.

W przypadku drugiej sytuacji celem jest tylko próba nawiązania komunikacji, która nie może trwać zbyt długo, aby nie opóźniać systemu (co jest cechą systemów czasu rzeczywistego). W przypadku sieci AS-i, warunek ten jest spełniony, ponieważ czas oczekiwania na odpowiedź jest ograniczony do czasu transmisji 10 bitów. Brak uzyskania odpowiedzi i konsekwencje jakie z tego wynikają, stanowi oddzielne zagadnienie.

Minimalny czas dostępu do urządzenia w sieci AS-i, złożonej z 10 urządzeń, które są zsynchronizowane i odpowiadają, wynosi:

$$t_{min} = 10 * 25 [\text{bit}] * 6 [\mu\text{s/bit}] = 1500 \mu\text{s} = 1,5 \text{ ms}$$

W przypadku braku uzyskania odpowiedzi, minimalny czas dostępu wynosi:

$$t_{min} = 10 * 24 [\text{bit}] * 6 [\mu\text{s/bit}] = 1440 \mu\text{s} = 1,44 \text{ ms}$$

Maksymalny czas dostępu do urządzenia w sieci AS-i, złożonej z 10 urządzeń wynosi:

$$t_{max} = 10 * 32 [\text{bit}] * 6 [\mu\text{s/bit}] = 1920 \mu\text{s} = 1,92 \text{ ms}$$

b) Sieć zgodna z specyfikacją 2.11.

W przypadku sieci o specyfikacji 2.11. zwiększa się możliwa ilość urządzeń podrzędnych do 62. Rozmiar ramek zapytania, odpowiedzi i pauz nie ulega zmianie. Zwiększa się pole adresu, a zmniejszeniu ulega pole danych o 1 bit. Jednak nie wpływa to na czasy pojedynczej transakcji.

Zmianie nie uległa ilość urządzeń podporządkowanych, więc czasy dostępu będą takie same jak w podpunkcie a).

$$t_{min} = 1,5 \text{ ms lub } 1,44 \text{ ms (w zależności od definicji)}$$

$$t_{max} = 1,92 \text{ ms}$$

II. Zadanie 1.2.

Treść zadania:

W pewnym przedsiębiorstwie postanowiono przeprowadzić modernizację linii montażowej. Do automatyzacji procesów montażowych prowadzonych na tej linii postanowiono zastosować system sieciowy AS-i. W linii będą stosowane standardowe sensory i elementy wykonawcze, które poprzez odpowiednie węzły sieci AS-i (zwane także modułami sprzęgającymi lub bramkami), połączone będą z jednostką nadrzędną typu master. Linia montażowa zawierać będzie łącznie 1200 sensorów z wyjściem dwustanowym i 600 urządzeń wykonawczych sterowanych binarnie.

1. Ile węzłów sieci jest niezbędnych dla realizacji sieci?
2. Ile urządzeń nadrzędnych typu master będzie potrzebnych do realizacji tego zadania jeśli:
 - a) zastosowane zostaną urządzenia nadrzędne zgodne ze specyfikacją 2.0?
 - b) zastosowane zostaną urządzenia nadrzędne zgodne ze specyfikacją 2.11?

Rozwiązanie:

1) Przyjmując wariant, że do pojedynczego węzła sieci AS-i można podłączyć maksymalnie do 4 sensorów dwustanowych i 4 urządzeń wykonawczych (w przypadku podłączenia do jednostki nadrzędnej do 31 urządzeń), to liczba niezbędnych węzłów do realizacji sieci wynika przede wszystkim z liczby wymaganych sensorów i wynosi:

$$\text{Ilość węzłów} = 1200 / 4 = 300$$

Taka liczba węzłów pozwoli także na obsługę zakładanej ilości urządzeń wykonawczych w sieci o specyfikacji 2.11, gdy wtedy pojedynczy węzeł obsługuje do 3 urządzeń wykonawczych. Przy obliczonej liczbie węzłów będzie to 900 urządzeń wykonawczych.

W rozważnym przypadku nie ma konieczności stosowania komunikatów złożonych.

2) Ilość urządzeń nadrzędnych typu master, potrzebnych do realizacji zadania, wynika z ilości sensorów i aktuatorów możliwych do połączenia z urządzeniem podrzędnym. A także z ilości węzłów, które można połączyć z pojedynczą jednostką master.

a) W przypadku sieci zgodnie ze specyfikacją 2.0, jednostka nadrzędna może obsłużyć do 31 urządzeń podrzędnych. Do każdego urządzenia podrzędnego można podłączyć do 4 sensorów i 4 urządzeń wykonawczych.

Wtedy wymagana ilość urządzeń nadrzędnych typu master wynosi:

$$1200 / (31 \cdot 4) \approx 9,68$$

Co po zaokrągleniu w górę (aby zapewnić odpowiednią ilość miejsc) da **10** urządzeń nadrzędnych zgodnych ze specyfikacją 2.0.

b) W przypadku sieci zgodnie ze specyfikacją 2.11, jednostka nadrzędna może obsłużyć do 62 urządzeń podrzędnych. Wtedy do każdego urządzenia podrzędnego można podłączyć do 4 sensorów i 3 urządzeń wykonawczych. Wymagana ilość urządzeń nadrzędnych typu master wynosi:

$$1200 / (62 \cdot 4) \approx 4,84$$

Wynik zaokrąglono w górę i otrzymano **5** urządzeń nadrzędnych typu master zgodnych ze specyfikacją 2.11 w celu realizacji zadania. Ta ilość zapewni obsługę do 930 urządzeń wykonawczych w zakładanej sieci (o ile urządzenia podrzędne też będą zgodne ze specyfikacją 2.11).

Otrzymane wyniki są wartościami minimalnymi, aby sieć mogła obsłużyć wymaganą ilość sensorów i aktuatorów.

III. Zadanie 1.3.1.

Treść zadania:

Do realizacji zadania automatyzacji sformułowanego w zadaniu 1.2 zastosowano wyłącznie moduły typu 4E4A i 4E3A i jednostki typu master zgodne ze specyfikacją 2.11.

Czy założenie to minimalizuje liczbę węzłów sieciowych i jednostek typu master koniecznych do realizacji sieci? Jeśli nie, to proszę podać warianty zastosowania innych typów modułów. Proszę podać uzasadnienie.

Rozwiązanie:

W przypadku oznaczeń modułów sieci AS-i, stosuje się następującą symbolikę:

...E – poprzedzone liczbą, oznacza możliwość obsługi określonej wcześniej liczby urządzeń wejściowych / sensorów (E – Entry)

...A – poprzedzone liczbą, oznacza możliwość obsługi określonej wcześniej liczby aktuatorów (A – Actuator)

Wykorzystanie wyłącznie modułów typu 4E4A i 4E3A i jednostki typu master zgodne ze specyfikacją 2.11 minimalizuje liczbę węzłów sieciowych i liczbę jednostek typu master potrzebnych do realizacji zadania. Jest tak ponieważ te moduły obsługują maksymalną, wynikającą ze specyfikacji sieci AS-i (chodzi o ilość bitów w ramach), liczbę sensorów i urządzeń wykonawczych. W przypadku zadania 1.2 sensorów jest więcej niż urządzeń wykonawczych i one głównie decydują o liczbie węzłów. Dodatkowo specyfikacja 2.11 jest wersją rozszerzoną, w której jednostka master obsługuje do 62 węzłów (co jest większą ilością, niż w przypadku specyfikacji 2.0). Jednak urządzenia podrzędne też powinny być zgodne ze specyfikacją 2.11, więc należy korzystać z modułów 4E3A. W przeciwnym wypadku takie urządzenie podrzędne (np. moduł 434A) będzie zajmowało dwa adresy w urządzeniu nadrzędnym i zmniejszało ilość węzłów jakie może obsłużyć jednostka master.

Ilość węzłów sieciowych w zadaniu 1.2 można obliczyć z następującej zależności:

$$\max \left\{ \begin{array}{l} \text{ilość sensorów}/4 \\ \text{ilość urządzeń wykonawczych}/3 \end{array} \right.$$

Jeśli większą liczbę dadzą urządzenia wykonawcze, lepiej byłoby skorzystać z jednostek master o specyfikacji 2.0 i modułów 4E4A. Wtedy nie marnowałby się adresy w jednostkach master.

Teoretycznie istniała by możliwość zmniejszenia ilości węzłów sieciowych (a tym samym jednostek master) poprzez zastosowanie komunikacji złożonej. Wymagało by to zastosowania specjalnych modułów, które obsługiwałyby zwiększoną ilość sensorów i urządzeń wykonawczych (zapisywałyby on dane z różnych sensorów do wspólnego rejestru, a dane byłby przekazywane w kolejnych transakcjach). Dodatkowo musiałoby to zostać odpowiednio zaimplementowane programowo w jednostce master (wydłużając czas dostępu). Moduły takie nie są spotykane i byłby problematyczne w obsłudze, dlatego taki wariant jest pomijany.

IV. Zadanie 1.3.2.

Treść zadania:

Proszę zaprojektować najtańszą sieć do realizacji zadania 1.2, jeśli:

- a) moduł typu master w wersji 2.0 kosztuje 100 jednostek
- b) moduł typu master w wersji 2.11 kosztuje 125 jednostek
- c) zasilacz AS-i kosztuje 75 jednostek
- d) moduł typu 4E4A kosztuje 12 jednostek
- e) moduł typu 4E3A kosztuje 11 jednostek
- f) moduł typu 2E2A kosztuje 8 jednostek
- g) moduł typu 4E kosztuje 8 jednostek
- h) moduł typu 4A kosztuje 7 jednostek
- i) moduł typu 2E kosztuje 6 jednostek
- j) moduł typu 2A kosztuje 5 jednostek

Rozwiązanie:

Przyjęto oznaczenia:

M2.0 – ilość modułów typu master w wersji 2.0

M2.11 – ilość modułów typu master w wersji 2.11

ZAS – ilość zasilaczy AS-i (przyjęto, że na 1 jednostkę master przypada 1 zasilacz)

4E4A – ilość modułów 4E4A

4E3A – ilość modułów 4E3A

2E2A – ilość modułów 2E2A

4E – ilość modułów 4E

4A – ilość modułów 4A

2E – ilość modułów 2E

2A – ilość modułów 2A

Funkcja, za pomocą której oblicza się koszt sieci, ma postać:

$$\text{Koszt} = M2.0 \cdot 100 + M2.11 \cdot 125 + ZAS \cdot 75 + 4E4A \cdot 12 + 4E3A \cdot 11 + 2E2A \cdot 8 + 4E \cdot 8 + 4A \cdot 7 + 2E \cdot 6 + 2A \cdot 5$$

Dodatkowo muszą być spełnione warunki dotyczące obsługi sensorów i urządzeń wykonawczych:

$$4E4A \cdot 4 + 4E3A \cdot 4 + 2E2A \cdot 2 + 4E \cdot 4 + 2E \cdot 2 \geq 1200$$

$$4E4A \cdot 4 + 4E3A \cdot 3 + 2E2A \cdot 2 + 4A \cdot 4 + 2A \cdot 2 \geq 600$$

Aby uzyskać jak najmniejszy koszt sieci, należy użyć jak najmniejszej ilości modułów, które zapewnią najmniejszy koszt podłączenia wymaganej liczby sensorów i urządzeń wykonawczych.

W poniższej tabeli przedstawiono jaki jest koszt przypadający na 1 sensor i aktuator.

Tabela 1 – koszt podłączenia pojedynczego urządzenia za pomocą modułów

Moduł	Cena	Cena za 1 sensor	Cena za 1 urządzenie wyk.	Cena za 1 podłączone urz.
4E4A	12	3	3	1,5
4E3A	11	2,75	3,67	1,57143
2E2A	8	4	4	2
4E	8	2	-	2
4A	7	-	1,75	1,75
2E	6	3	-	3
2A	5	-	2,5	2,5

Na podstawie powyższej tabeli można stwierdzić, że najbardziej opłacalny jest moduł 4E4A, ponieważ daje on najniższy koszt podłączenia 1 urządzenia. Trzeba jednak zwrócić uwagę, że poprawnie można z niego korzystać tylko w sieci o specyfikacji 2.0. Należy więc zastanowić się czy bardziej opłacalne jest zastosowanie sieci o specyfikacji 2.0 czy 2.11. Można to policzyć porównując koszt obsługi 62 urządzeń podrzędnych, i porównać koszt połączenia 1 sensora / urządzenia wykonawczego.

W przypadku sieci o specyfikacji 2.11 będzie wykorzystana 1 jednostka master i będzie korzystało się z modułów 4E3A. Koszt w tym przypadku wyniesie:

$$125+75+62*11 = 882$$

W przypadku sieci o specyfikacji 2.11 będą wykorzystane 2 jednostki master i będzie korzystało się z modułów 4E4A. Koszt w tym przypadku wyniesie:

$$2*100+2*75+62*12 = 1094$$

Wtedy koszty połączenia 1 urządzenia:

- sieć 2.11 (434 połączone urządzenia) – ~2,03 j./urządzenie
- sieć 2.0 (496 połączone urządzenia) – ~2,2 j./urządzenie

Wynika z tego, że sieć 2.11 jest korzystniejsza pod względem kosztów.

Dlatego w projektowanej sieci wykorzystany będzie standard 2.11. W pierwszej kolejności zostaną wykorzystane moduły typu 4E3A. A po osiągnięciu wymaganej ilości obsługiwanych urządzeń wykonawczych (ponieważ jest ich mniej), zostaną wykorzystane moduły 4E (gdyż zapewnią najmniejszy koszt połączenia 1 sensora).

Wymaganą ilość urządzeń wykonawczych zapewni $600/3 = 200$ modułów 4E3A. Ta ilość modułów pozwoli obsłużyć 800 sensorów, więc pozostanie jeszcze 400 sensorów do obsługi. Do pozostałych sensorów będzie wymagane jeszcze 100 modułów typu 4E.

Łącznie zostanie wykorzystane 300 modułów. Do ich obsługi będzie potrzebna następująca liczba jednostek typu master:

$$300/62 \approx 4,84$$

Co po zaokrągleniu w górę do liczby całkowitej da 5 modułów master. Pozwolą one podpiąć jeszcze 10 dodatkowych urządzeń podrzędnych.

Warto jednak urządzenia podrzędnie rozmieścić równomiernie na jednostki master, czyli 60 urządzeń podrzędnych na mastera. Pozwoli to uzyskać mniejsze i równe czasu dostępu.

Koszt projektowanej sieci został przedstawiony w poniższej tabeli:

Tabela 2 – koszt najtańszego wariantu projektowanej sieci

element	ilość	cena jednostkowa	koszt
master 2.11	5	125	625
zasilacz AS-i	5	75	375
4E3A	200	11	2200
4E	100	8	800
		suma	4000

Koszt najtańszej projektowanej sieci wyniesie 4000 jednostek.

W celu wyznaczenia kosztu najtańszej sieci można było posłużyć się odpowiednim oprogramowaniem (np. Excel, Matlab) lub samemu napisać program do optymalizacji. Jednak możliwe, że w ten sposób trwałoby to dłużej, niż ręczne obliczenia.

V. Zadanie 1.3.3.

Treść zadania:

Zaprojektować sieć realizującą założenia zadania 1.2 w taki sposób aby maksymalny czas cyklu wynosił:

- a) 1ms
- b) 5ms
- c) 8ms
- d) 12ms

Proszę podać koszt każdego wariantu sieci.

Rozwiązanie:

Na podstawie wniosków z zadania 1.1 stwierdzono, że maksymalny czas dostępu do urządzenia w sieci AS-i zależy od podłączonej liczby urządzeń podrzędnych do jednostki master. Na podstawie wcześniejszych obliczeń (zadanie 1.1) został określony maksymalny czas pojedynczej transakcji, który odpowiada czasowi transmisji 32 bitów i wynosi $192 \mu\text{s}$. Należy więc do jednostki master podłączyć taką ilość jednostek podrzędnych, aby ich łączne maksymalne czas transakcji nie przekraczały wymaganego maksymalnego czasu cyklu.

Maksymalną ilość jednostek podrzędnych przypadających na jedną jednostkę master obliczono na podstawie poniżej zależności:

$$n = [\text{wymagany czas cyklu}] / [\text{maksymalny czas pojedynczej transakcji}]$$

Otrzymany wynik należy zaokrąglić w dół do liczby naturalnej (użycie większej ilości urządzeń podporządkowanych spowoduje przekroczenie wymaganego czasu cyklu). Na podstawie tego wyniku i minimalnej ilości węzłów sieci (obliczonej w zadaniu 1.2 w pkt. 1, równej „300”) można obliczyć potrzebną minimalną ilość jednostek master w projektowanej sieci. Wzór na ilość jednostek master:

$$n_{\text{master}} = [\text{min. liczba węzłów}] / [\text{ilość urządzeń podrzędnych na j. master}]$$

Jeśli otrzymany wynik nie będzie liczbą całkowitą, to wynik należy zaokrąglić do góry do liczby całkowitej. Wtedy też do jednej jednostki master będzie dołączone mniej urządzeń podporządkowanych. Należy tak rozmieścić urządzenia, aby jak najlepiej wykorzystać jednostki master.

Na tym etapie jest już określona ilość modułów typu master, zasilaczy i ilość urządzeń podrzędnych. Należy jeszcze podzielić urządzenia podrzędne na odpowiednie moduły. W pierwszej kolejności należy użyć modułów zapewniających obsługę urządzeń wykonawczych (jest ich mniej), a następnie obsługę sensorów. Pozwoli to na uzyskanie tańszej sieci.

Na podstawie tych danych można policzyć koszt sieci.

a) sieć o czasie dostępu do 1ms

Maksymalna ilość jednostek podrzędnych przypadających na jedną jednostkę master:

$$1000 \mu s / 192 \mu s \approx 5,2$$

Daje to wymaganą ilość urządzeń na jednostkę master równą **5**, gdzie maksymalny czas dostępu do urządzenia wyniesie $960 \mu s$. Skoro liczba urządzeń podporządkowanych na jednostkę master nie przekracza 31, lepiej będzie zastosować sieć o specyfikacji 2.0, ponieważ jednostki master są tańsze.

Ilość jednostek master w projektowanej sieci:

$$300 / 5 = 60$$

W projektowanej sieci należy użyć 60 jednostek master, gdzie każda będzie obsługiwała 5 urządzeń podrzędnych (łącznie będzie 300 urządzeń podrzędnych).

W pierwszej kolejności wykorzystane zostaną moduły typu 4E4A, ponieważ są korzystniejsze pod względem kosztów (patrz tabela 1 z zadania 1.3.2). Skoro linia montażowa zawiera 600 urządzeń wykonawczych, należy użyć 150 modułów typu 4E4A. Obsłużą one też 600 sensorów, więc zostanie jeszcze 600 sensorów. Do ich obsługi należy użyć 150 modułów typu 4E.

Poniżej przedstawiono zaprojektowaną sieć:

Tabela 3 – Sieć o czasie dostępu 1 ms

Ilość urz. podporządkowanych na mastera			5
Czas dostępu do urządzenia			0,96 [ms]
element	ilość	cena jednostkowa	koszt
master 2.0	60	100	6000
zasilacz AS-i	60	75	4500
4E4A	150	12	1800
4E	150	8	1200
suma			13500

W tej sieci nie ma możliwości dołączenia dodatkowych urządzeń, bez przekraczania ustalonego maksymalnego czasu dostępu równego 1 ms.

b) sieć o czasie dostępu do 5 ms

Maksymalna ilość jednostek podrzędnych przypadających na jedną jednostkę master:

$$5000 \mu s / 192 \mu s \approx 26,04$$

Daje to wymaganą ilość urządzeń na jednostkę master równą **26**, gdzie maksymalny czas dostępu do urządzenia wyniesie $4992 \mu s$. Skoro liczba urządzeń podporządkowanych na jednostkę master nie przekracza 31, lepiej będzie zastosować sieć o specyfikacji 2.0, ponieważ jednostki master są tańsze.

Ilość jednostek master w projektowanej sieci:

$$300 / 26 \approx 11,5$$

W projektowanej sieci należy użyć 12 jednostek master, gdzie każda będzie obsługiwała 25 urządzeń podrzędnych (łącznie będzie 300 urządzeń podrzędnych). Ilość węzłów na mastera uległa zmniejszeniu z 26 na 25, aby urządzenia były równo rozmieszczone. Nowy maksymalny czas dostępu do urządzenia wyniesie 4800 μ s.

Tak jak w poprzednim przypadku, należy użyć 150 modułów typu 4E4A i 150 modułów typu 4E.

Poniżej przedstawiono zaprojektowaną sieć:

Tabela 4 – Sieć o czasie dostępu 5 ms

Ilość urz. podporządkowanych na mastera			25
Czas dostępu do urządzenia			4,8 [ms]
element	ilość	cena jednostkowa	koszt
master 2.0	12	100	1200
zasilacz AS-i	12	75	900
4E4A	150	12	1800
4E	150	8	1200
suma			5100

Taka sieć pozwala na dołączenie jeszcze po 1 urządzeniu podporządkowanym do jednostki typu master i nie przekroczeniu maksymalnego czasu dostępu do urządzenia równego 5 ms.

c) sieć o czasie dostępu do 8 ms

Maksymalna ilość jednostek podrzędnych przypadających na jedną jednostkę master:

$$8000 \mu s / 192 \mu s \approx 41,67$$

Daje to wymaganą ilość urządzeń na jednostkę master równą **41**, gdzie maksymalny czas dostępu do urządzenia wyniesie 7872 μ s. Skoro liczba urządzeń podporządkowanych na jednostkę master przekracza 31, należy zastosować sieć o specyfikacji 2.11.

Ilość jednostek master w projektowanej sieci:

$$300 / 41 \approx 7,3$$

W projektowanej sieci należy użyć 8 jednostek master, gdzie każda będzie obsługiwała przeciętnie 37,5 urządzeń podrzędnych (łącznie będzie 300 urządzeń podrzędnych). Aby urządzenia były równo rozmieszczone, przyjęto że do 4 masterów będzie podłączonych po 38 urządzeń, a do pozostałych 4 będzie podłączonych po 37 urządzeń. Nowy maksymalny czas dostępu do urządzenia zależy od mastera z większą liczbą podłączonych urządzeń i wynosi 7296 μ s.

W pierwszej kolejności wykorzystane zostaną moduły typu 4E3A, ponieważ są korzystniejsze pod względem kosztów (patrz tabela z zadania 1.3.2). Skoro linia montażowa zawiera 600 urządzeń wykonawczych, należy użyć 200 modułów typu 4E3A. Obsłużą one też 800 sensorów, więc zostanie jeszcze 400 sensorów. Do ich obsługi należy użyć 100 modułów typu 4E.

Poniżej przedstawiono zaprojektowaną sieć:

Tabela 5 – Sieć o czasie dostępu 8 ms

Ilość urz. podporządkowanych na mastera			37,5
Czas dostępu do urządzenia			7,296 [ms]
element	ilość	cena jednostkowa	koszt
master 2.11	8	125	1000
zasilacz AS-i	8	75	600
4E3A	200	11	2200
4E	100	8	800
suma			4600

Taka sieć ma jeszcze miejsce na podłączenie 28 urządzeń podporządkowanych i nie przekroczeniu maksymalnego czasu dostępu do urządzenia równego 8 ms. Można było użyć innych modułów, aby uzyskany czas dostępu był bardziej zbliżony do założonego na początku. Jednak byłoby to rozwiązanie bardziej kosztowne.

d) sieć o czasie dostępu do 12 ms

Ilość jednostek podrzędnych przypadających na jedną jednostkę master:

$$12000 \mu s / 192 \mu s \approx 62,5$$

Daje to wymaganą ilość urządzeń na jednostkę master równą **62**, gdzie maksymalny czas dostępu do urządzenia wyniesie $11904 \mu s$. Liczba urządzeń podporządkowanych na jednostkę master wynosi tyle, ile maksymalnie może obsłużyć sieć o specyfikacji 2.11, więc czas dostępu też jest największy jaki może uzyskać sieć AS-i o specyfikacji 2.11.

Oznacza to, że projektowana sieć jest tożsama z siecią z zadania 1.3.2, gdy należało zaprojektować najtańszą sieć. Wtedy na 1 mastera przypada 60 urządzeń podporządkowanych. W związku z tym sieć prezentuje się następująco:

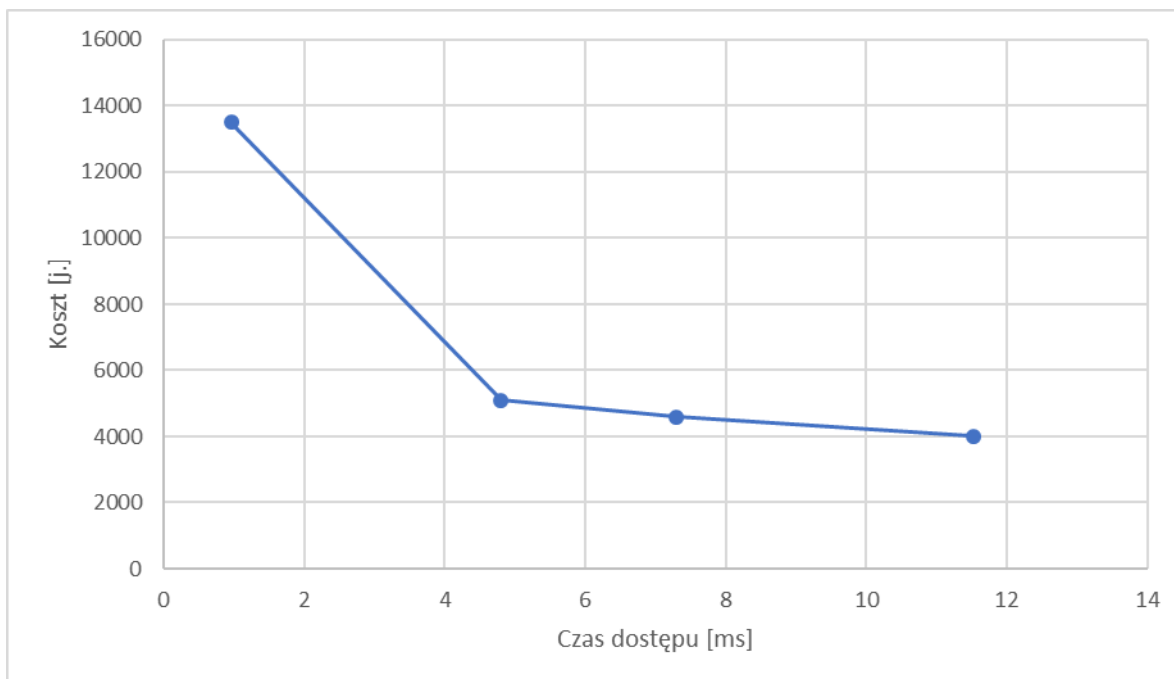
Tabela 6 – Sieć o czasie dostępu 12 ms

Ilość urz. podporządkowanych na mastera			60
Czas dostępu do urządzenia			11,52 [ms]
element	ilość	cena jednostkowa	koszt
master 2.11	5	125	625
zasilacz AS-i	5	75	375
4E3A	200	11	2200
4E	100	8	800
suma			4000

Taka sieć ma jeszcze miejsce na podłączenie 10 dodatkowych urządzeń podporządkowanych i nie przekroczeniu maksymalnego czasu dostępu do urządzenia równego 12 ms.

VI. Wnioski.

- Czas dostępu jest zależny od ilości urządzeń podrzędnych przyłączonych do jednostki nadrzędnej i tego jak przebiegła komunikacja między urządzeniem nadrzędnym a urządzeniami podrzędnymi. Czas oczekiwania na odpowiedź wynosi 60 μ s. Po tym czasie w sieciach AS-i następuje inicjacja komunikacji z następnym urządzeniem podrzędnym, tym spełnia wymóg systemu czasu rzeczywistego.
- Jeśli mamy do obsłużenia dużą ilość sensorów dwustanowych i urządzeń wykonawczych sterowanych binarnie (i jeśli nie ogranicza nas czas dostępu), to najlepiej korzystać z sieci AS-i o specyfikacji 2.11 i modułów zgodnych z standardem 2.11 pozwalających podłączyć największą liczbę sensorów i aktuatorów.
- W celu zaprojektowania najtańszej sieci, trzeba ręcznie przeliczyć jaki będzie koszt połączenia 1 urządzenia do węzła (należy uwzględnić cały koszt stworzenia sieci).
- Sieci AS-i o mniejszym czasie dostępu są zazwyczaj droższe. Wynika to z większej liczby jednostek master, które muszą obsłużyć tą samą ilość urządzeń podporządkowanych.
Poniżej przedstawiono wykres pokazujący zależność między kosztem sieci, a maksymalnym czasem dostępu:



Rysunek 1 - Zależność między kosztem sieci, a maksymalnym czasem dostępu

Wykres nie był w żaden sposób aproksymowany. Można jednak stwierdzić, że uzyskanie czasów dostępu poniżej 4 ms, powoduje znaczny wzrost kosztów.

- Jeśli zakładany maksymalny czas dostępu jest większy niż 5,952 ms, to lepiej korzystać z sieci AS-i o specyfikacji 2.11. Jest tak ponieważ powyżej tej wartości należy podłączyć ponad 31 urządzeń do jednostki nadrzędnej, co nie jest możliwe w specyfikacji 2.0.
- W celu częstego projektowania prostych sieci AS-i lepiej posłużyć się oprogramowaniem komputerowym. W ten sposób można zaoszczędzić wiele czasu.

Źródła:

Materiały dydaktyczne z przedmiotu „Systemu czasu rzeczywistego”, dr hab. inż. Michał Bartyś