

ТОПОЛОГИЯ НА ОПТИЧНА МРЕЖА В СИСТЕМИ ЗА ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЕНИЕ

Емилия Димитрова¹, Васил Димитров¹

¹Висше транспортно училище „Тодор Каблешков“ – София

TOPOLOGY OF OPTICAL NETWORK IN REMOTE CONTROL SYSTEMS

Emiliya Dimitrova¹, Vasil Dimitrov¹

¹Todor Kableshkov University of Transport – Sofia

Abstract

Optical networks provide high reliability and maximum geographical coverage. The use of OTN (Open Transport Network) creates the ability to transfer information in various communication requirements: voice, data, video, audio and more. The critical nature of all applications in the event of accidents imposes requirements on the reliability and stability of the network, and economic constraints imply low operating costs. The paper presents elements and devices for building optical networks in remote control systems and the possibilities for reconfiguration of the topology in order to increase the reliability of the system.

Keywords: air conditioning system; energy efficiency.

ВЪВЕДЕНИЕ

Правилният избор на структурата на системата за дистанционно управление на разсредоточени обекти определя до голяма степен възможността за оптимизиране на информационните потоци. Съобразно конкретните случаи на приложение, организацията на връзка между обектите и управляващата част на системата може да има различна структура [1, 2, 3]. Независимо от реализацията, те представляват сложен комплекс от технически и програмни средства и са изградени на йерархичен принцип с ясно отделени три нива:

- обектно (ниско) ниво – обхваща всички съоръжения, разположени обикновено на голяма територия и подлежащи на диспечерско управление;
- комуникационно ниво, осигуряващо връзката между обектите и центъра за управление (ЦУ);
- диспечерско (горно) ниво (ЦУ, където е разположено и работното място на диспечера).

ЦУ включва мощен изчислителен комплекс, който събира данни и извършва и управление в режим на реално време чрез отдалечените терминали (Remote Terminal Unit – RTU). Гамата на RTU е много широка и включва от комбинирани електронни прибори (сензор – актуатор) до специализирани многопроцесорни отказоустойчиви устройства, извършващи обработка на информация и управление в реално време. Конкретната реализация се определя от спецификата и предназначението на системата.

В доклада се разглеждат принципите на изграждане на комуникационното ниво на система за дистанционно управление и възможностите за повишаване на надеждността при пренасяне на информацията.

ТОПОЛОГИЯ НА КОМУНИКАЦИОННИ СИСТЕМИ

Една от основните функции на системите за дистанционен мониторинг и управление е пренасянето на информация. Структурата се определя от множеството възмож-

ни отношения между подсистемите и елементите и се реализира чрез съответните връзки между тях, които могат да бъдат организирани по различен начин. Според характера на взаимодействие се различават прави и обратни връзки, които изразяват посоката на предаване на управляващата и контролната информация.

Комуникационната система е средата за пренасяне на информацията между обектите и диспечерския център. Тя може да бъде реализирана с помощта на най-различни комуникационни устройства, което зависи от предназначението на конкретната система.

Системите със съсредоточена структура обикновено обхващат един операторски пункт, наречен център за управление (ЦУ), в който се получава информация за състоянието на обектите и един контролируем пункт (КП), около който са съсредоточени обектите (О) – фиг. 1. Очевидно е, че тук става дума за управление на ограничен брой обекти и системи със сравнително малка информационна мощност.

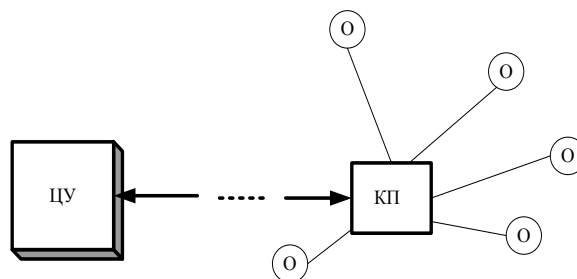
Системите с линейна структура (фиг. 2) обхващат един ЦУ и няколко КП, свързани с обща линия за връзка. Системите с такава структура са особено подходящи при управлението на движението на влаковете в железопътния транспорт и метрополитена.

В системите с радиална структура (фиг. 3) контролируемите обекти са обединени около няколко отделни КП, които са свързани с ЦУ посредством независими линии за връзка (ЛВ). Тази структура се прилага в системите за управление на топло- и водоразпределението в градовете и др. подобни обекти.

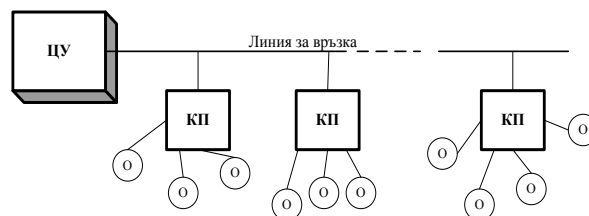
В системите с дървовидна (йерархична) структура са включени няколко йерархични нива (фиг. 4). С малки изключения обектите са съсредоточени около контролируеми пунктове на най-ниското ниво. Няколко контролируеми пункта от това ниво кореспондират с пункт за управление (ПУ) от второто ниво. Всички ПУ са свързани с ЦУ. Подобна структура се прилага при изграждането на системи, контролиращи различни по характер обекти, разсредоточени на големи територии – производството и разпределението на електро-енергия, влаковото движение по железопътна мрежа и др.

Кръгообразната (пръстеновидна) структура (фиг. 5) обхваща:

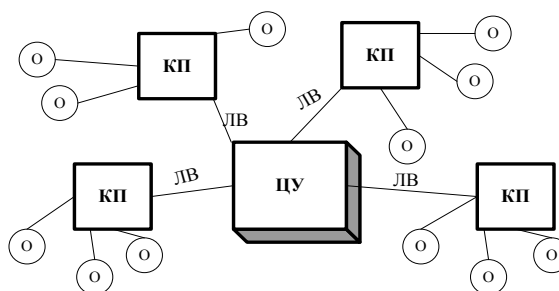
- магистрални пръстени (1), по които данните се предават в противоположни посоки;
- комуникационни възли (2);
- център за управление на мрежата (3).



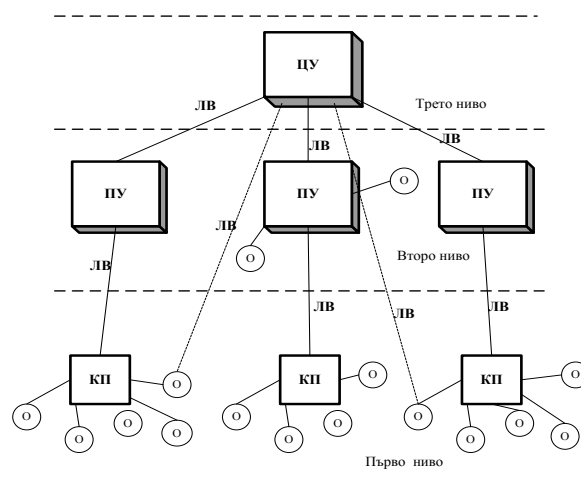
Фиг. 1. Системи със съсредоточена структура



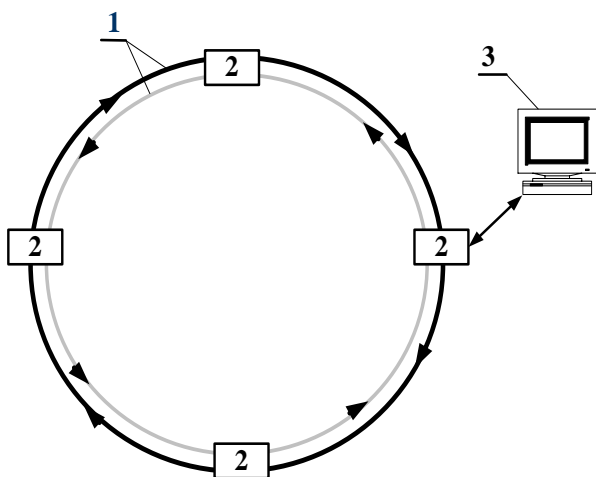
Фиг. 2. Системи с линейна структура



Фиг. 3. Системи с радиална структура



Фиг. 4. Системи с дървовидна (йерархична) структура



Фиг. 5. Кръгообразна (пръстеновидна) структура

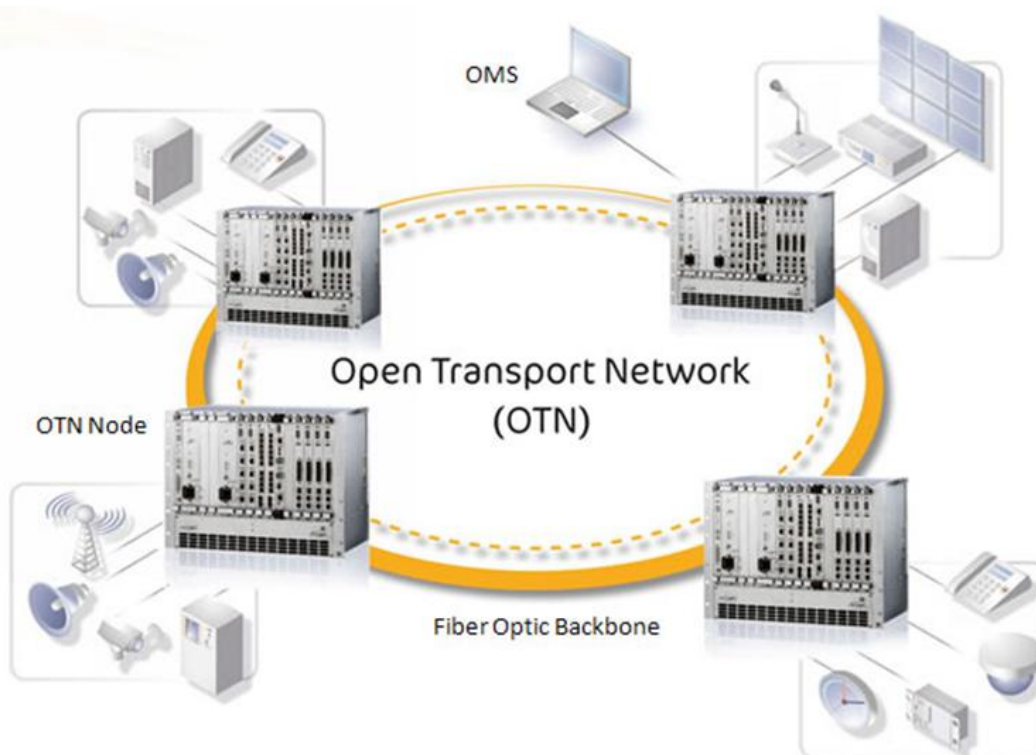
Характерна особеност на разсредоточените обекти е, че твърде често се налага промяна на конфигурацията на самите обекти. Това води до промяна на броя на контролираните точки и на информационните потоци. В много случаи една и съща информация е необходима за различни цели на управлението на различни нива. От тук следва и изискването по отношение на комуникационната система между обектите и ЦУ: да може лесно да се разширява без да се нарушават основните изисквания за скорост при пренасяне на информацията и шумоустойчивост.

В това отношение особено перспективно става използването на OTN (Open Transport Network) – отворени комуникационни мрежи, които се предлагат от редица фирми, работещи в областта на комуникациите [4, 5]. Като правило, те се организират по пръстеновидна структура и за преносна среда се използва оптична мрежа.

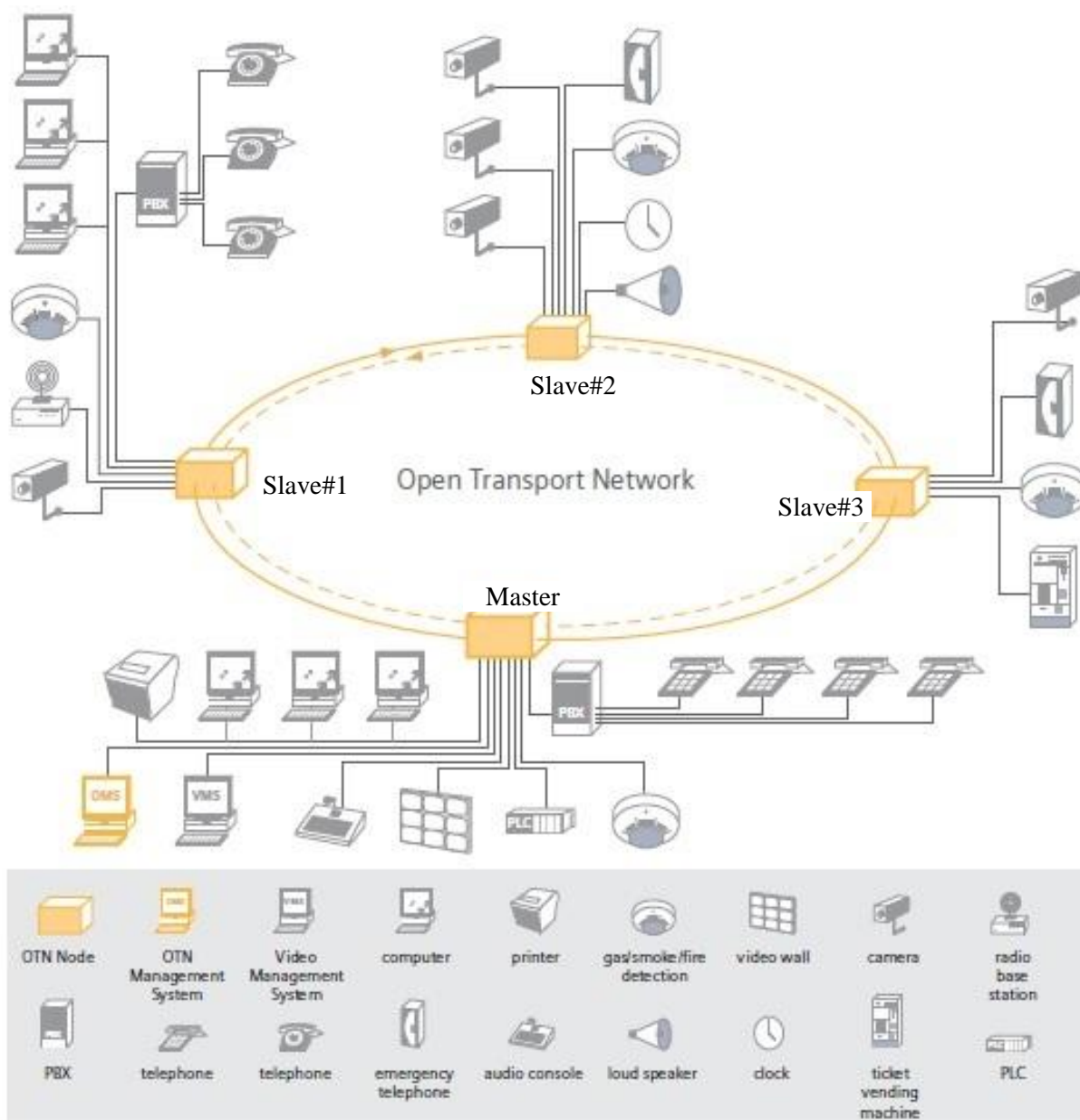
СТРУКТУРА НА OTN

Технология с оптични влакна е от ново поколение индустриални мрежи, осигуряващи много широки честотни ленти за предаване на информация, висока надеждност и увеличено максимално географско покритие [4, 5].

OTN е преносна система, специално проектирана за индустриална среда. Промислената мрежа се характеризира с разнообразни изисквания за комуникация: глас, данни, видео, аудио и др. (фиг. 6). Освен това критичният характер на всички приложения в случай на инциденти налага изисквания относно надеждността и устойчивостта на мрежата, докато икономическите ограничения предполагат ниски експлоатационни разходи за поддържане, лесно инсталиране и използване, работа в продължение на 10-15 г. жизнен цикъл.



Фиг. 6. Принципна схема на Отворена Транспортна Мрежа OTN



Фиг. 7. Принципна схема на изграден оптичен кръг

OTN може да изпълни всички описани изисквания и е подходяща за приложение в системите за дистанционно управление на разредоточени обекти в метрото, железопътния транспорт, аерогари, мини, петролни и газови тръбопроводи, нефтопреработване, химическа промишленост и др.

Мрежовата архитектура на OTN се основава на следните основни системни компоненти: оптична мрежа (fiber optic backbone), OTN възли (OTN nodes) и система за управление на мрежата (Network Control Center NCC или OTN Management System OMS), включена към възел, наречен главен (Master) – в ЦУ. Останалите възли се означават като подчинени (Slave).

Комуникационните възли осъществяват връзката с двойния пръстен на системата посредством мрежови модули и реализират обмен на данни с устройствата от съответния обект чрез интерфейсни модули. По този начин се осигурява пренасянето на всички сигнали (контролиращи и управляващи) между ЦУ и обектите. Следователно, конфигурацията на OTN възела зависи от преносната среда, топологията, разстоянието между възлите и от устройствата, подлежащи на мониторинг и управление.

Други компоненти на OTN са показани на фиг. 7. Към мрежата могат да бъдат включени компютри, принтери, локални телефонни централи (PBX – Private Branch

Exchange), сирени и високоговорители, пожаро-известителни системи, машини за продаване на билети, програмируеми логически контролери (PLC) за връзка с полевите устройства и др. При включването на видеонаблюдение, освен камери и видеостена е необходимо да се интегрират и устройства за осигуряване на връзка с комуникационния възел OVS (OTN Video Solution) и за осигуряване на управление на видеонаблюдението VMS (Video Management System).

ОСИГУРЯВАНЕ НАДЕЖДНОСТТА НА МРЕЖАТА

Поради структурата на двойния пръстен (А – основен, Б – резервен), OTN гарантира висока степен на надеждност. Ако откаже един пръстен или възел (поради повреда, прекъсване, пожар и т.н.), другият пръстен и работещите възли поемат неговите функции – системата извършва автоматично преконфигурация на маршрутите и намира начин да заобиколи мястото на аварията, без да засяга потребителите си. OTN възлите предлагат и резервиране на основните компоненти като захранвания, общи логически карти и оптични модули. Следователно, повреда на секция не води до повреда на системата.

При прекъсване и на двата пръстена съседните възли вземат свое решение за повторна конфигурация и пътят за данни се обръща автоматично – принцип на т.нар. „самовъзстановяване“ (фиг. 8). Извършва се архивиране на протекли в мрежата събития.



Фиг. 8. Преконфигурация при прекъсване на пръстените

Конфигурация с по-висока надеждност е „самовъзстановяващ се пръстен с няколко главни модула“ (фиг. 9). Може да възстанови грешки и повреди в двата пръстена на няколко места. При нормална работа се настройва така, че когато възникне двойна авария да произвежда колкото трябва на брой главни модули (Master) в зависимост от броя на разкъсванията на пръстена и да се връща в режим „Подчинен“ (Slave) след възстановяване на прекъснатата връзка. На фиг. 9 функцията „самовъзстановяване“ се активира в Slave#5, #3 и #2, а един от подчинените отчита загуба на връзка с Master#1 и се организира като Master#2 в прекъснатата верига. В режим „Главен“ излъчваните съобщения се изпращат едновременно през Master#1 и Master#2. Отговорите от подчинените звена се получават също от Master#1 и #2.



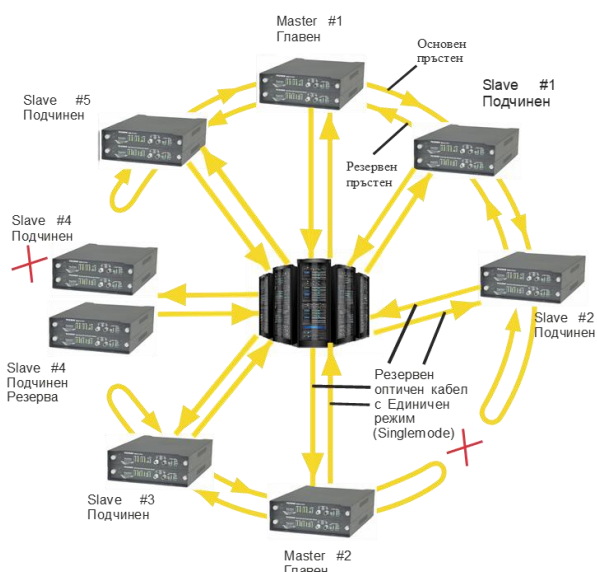
Фиг. 9. Преконфигурация при прекъсване на пръстените и повреда на възел

Разгледаните схеми (фиг. 8 и 9) са много добри по начина на изграждане, но има възможност за увеличаване на сигурността посредством някои допълнения. Възможен проблем при прекъсване на оптичния кръг от две страни или на няколко места и създаване на втори и други главни (Master#2, #3,...) е, че станциите (обектите) в прекъснатата верига работят и дават информация помежду си в затворения самостоятелен кръг, но няма как да изпращат и получават информация към ЦУ и да имат връзка с диспечера. Освен това, при повреда в терминала на някоя от станциите няма как диспечера

черът да знае в какво състояние са устройствата в този обект и да ги управлява.

Решението на двата споменати проблема е показано на схемата на фиг. 10. Реализира се топология, която съчетава преимуществата на радиалната и пръстоно-видната структури (фиг. 3 и 5).

Допълнително са включени оптични кабели за връзка (single mode) от всеки възел до ЦУ. По този начин при прекъсване на оптичния кръг няма да има загуба на контрол в станциите. Инсталира се и допълнителен модул (като студен резерв) при всеки комуникационен възел.



Фиг. 10. Схема с повишена сигурност на работа

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В доклада са разгледани често използвани топологии на оптични мрежи, използвани в системи за дистанционен мониторинг и управление, посочени са техните предимства, но и възможни недостатъци, които биха довели до загуба на контрол от страна на ЦУ (диспечера).

Предложена е схема за решаване на посочените проблеми, която е с много по-висока надеждност, непрекъснато осигурява

връзка между ЦУ и обектите, но е с по-големи инвестиции. Като компромисен вариант може да се изгради допълнителна връзка само с по-важните комуникационни възли в зависимост от контролираните съоръжения. За правилен избор на схема при всяка конкретна реализация може да се проведе изследване посредством предварително моделиране и симулация и да се използват получените резултати за скорост на реконфигурация на мрежата при промяна в топологията за случите от фиг. 8, 9 и 10, латентност, трафичен анализ с оценка на загубите и др.).

Изборът на схема зависи от финансовите възможности и категорията на стратегическия обект, за който се изгражда система за дистанционно управление. При задаване на целева функция на изследваните модели може да се намери оптимално решение за определяне броя на необходимите допълнителни връзки с по-важните комуникационни възли (оптимално съотношение на инвестициите и надеждността на реализираната конфигурация).

REFERENCE

- [1] Stouffer K., J. Falco, K. Kent, Guide to Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA), and Industrial Control Systems Security, NIST, Gaithersburg, 2011
- [2] Sokolov B. The optimal structure reconfiguration control in an intelligent system. Int. Sc. Conf., Pskov, Proceedings, 2008
- [3] Thampi G., A. Gawade, L. Kurup, Investigating the preparedness for Adaptive SCADA for efficiencies in energy utility companies, Int. Journal of Advancements in Research & Technology, Vol. 2, Issue 5, 2013, pp. 475-479
- [4] OTN systems – structure, features, advantages, OTN Systems, 2011, available at: <http://www.otnsystems.com/>
- [5] OTN Systems – Dedicated Networks for Critical Environments, available at: <http://www.otn.be/>