

МСЭ-Т

СЕКТОР СТАНДАРТИЗАЦИИ
ЭЛЕКТРОСВЯЗИ МСЭ

G.808.3

(10/2012)

СЕРИЯ G: СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ,
ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

Цифровые сети – Общие аспекты

Обобщенная защитная коммутация – Защита совместно используемой ячеистой сети

Рекомендация МСЭ-Т G.808.3

РЕКОМЕНДАЦИИ МСЭ-Т СЕРИИ G
СИСТЕМЫ И СРЕДА ПЕРЕДАЧИ, ЦИФРОВЫЕ СИСТЕМЫ И СЕТИ

МЕЖДУНАРОДНЫЕ ТЕЛЕФОННЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И ЦЕПИ	G.100–G.199
ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ОБЩИЕ ДЛЯ ВСЕХ АНАЛОГОВЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ	G.200–G.299
ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ ПО МЕТАЛЛИЧЕСКИМ ЛИНИЯМ	G.300–G.399
ОБЩИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕЖДУНАРОДНЫХ СИСТЕМ ТЕЛЕФОННОЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ РАДИОРЕЛЕЙНЫХ ИЛИ СПУТНИКОВЫХ ЛИНИЙ И ИХ СОЕДИНЕНИЕ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ ПРОВОДНЫМИ ЛИНИЯМИ	G.400–G.449
КООРДИНАЦИЯ РАДИОТЕЛЕФОНИИ И ПРОВОДНОЙ ТЕЛЕФОНИИ	G.450–G.499
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ И ОПТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	G.600–G.699
ЦИФРОВОЕ ОКОНЕЧНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ	G.700–G.799
ЦИФРОВЫЕ СЕТИ	G.800–G.899
Общие аспекты	G.800–G.809
Проектные нормы для цифровых сетей	G.810–G.819
Цели качества и готовности	G.820–G.829
Сетевые возможности и функции	G.830–G.839
Характеристики сетей СЦИ	G.840–G.849
Управление транспортной сетью	G.850–G.859
Интеграция радио- и спутниковых систем СЦИ	G.860–G.869
Оптические транспортные сети	G.870–G.879
ЦИФРОВЫЕ УЧАСТКИ И СИСТЕМА ЦИФРОВЫХ ЛИНИЙ	G.900–G.999
КАЧЕСТВО ОБСЛУЖИВАНИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МУЛЬТИМЕДИЙНЫХ СИСТЕМ – ОБЩИЕ И СВЯЗАННЫЕ С ПОЛЬЗОВАТЕЛЕМ АСПЕКТЫ	G.1000–G.1999
ХАРАКТЕРИСТИКИ СРЕДЫ ПЕРЕДАЧИ	G.6000–G.6999
ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ – ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	G.7000–G.7999
АСПЕКТЫ ПЕРЕДАЧИ ПАКЕТОВ ПО ТРАНСПОРТНЫМ СЕТЯМ	G.8000–G.8999
СЕТИ ДОСТУПА	G.9000–G.9999

Для получения более подробной информации просьба обращаться к перечню Рекомендаций МСЭ-Т.

Рекомендация МСЭ-Т G.808.3

Обобщенная защитная коммутация – Защита совместно используемой ячеистой сети

Резюме

В Рекомендации МСЭ-Т G.808.3 представлен обзор общих аспектов механизма защиты совместно используемой ячеистой сети (SMP), предназначенного для уровневых сетей с установлением соединения, который не зависит от наличия плоскости контроля. SMP обеспечивает метод совместного использования ресурсов ячеистой сети для защиты от одного или нескольких отказов в сети.

Хронологическая справка

Издание	Рекомендация	Утверждено	Исследовательская комиссия	Уникальный идентификатор*
1.0	МСЭ-Т G.808.3	29.10.2012 г.	15-я	11.1002/1000/11788

* Для получения доступа к Рекомендации наберите в адресном поле вашего браузера URL: <http://handle.itu.int/>, после которого следует уникальный идентификатор Рекомендации. Например, <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Международный союз электросвязи (МСЭ) является специализированным учреждением Организации Объединенных Наций в области электросвязи и информационно-коммуникационных технологий (ИКТ). Сектор стандартизации электросвязи МСЭ (МСЭ-Т) – постоянный орган МСЭ. МСЭ-Т отвечает за изучение технических, эксплуатационных и тарифных вопросов и за выпуск Рекомендаций по ним с целью стандартизации электросвязи на всемирной основе.

На Всемирной ассамблее по стандартизации электросвязи (ВАСЭ), которая проводится каждые четыре года, определяются темы для изучения исследовательскими комиссиями МСЭ-Т, которые, в свою очередь, вырабатывают Рекомендации по этим темам.

Утверждение Рекомендаций МСЭ-Т осуществляется в соответствии с процедурой, изложенной в Резолюции 1 ВАСЭ.

В некоторых областях информационных технологий, которые входят в компетенцию МСЭ-Т, необходимые стандарты разрабатываются на основе сотрудничества с ИСО и МЭК.

ПРИМЕЧАНИЕ

В настоящей Рекомендации термин "администрация" используется для краткости и обозначает как администрацию электросвязи, так и признанную эксплуатационную организацию.

Соблюдение положений данной Рекомендации осуществляется на добровольной основе. Однако данная Рекомендация может содержать некоторые обязательные положения (например, для обеспечения функциональной совместимости или возможности применения), и в таком случае соблюдение Рекомендации достигается при выполнении всех указанных положений. Для выражения требований используются слова "следует", "должен" ("shall") или некоторые другие обязывающие выражения, такие как "обязан" ("must"), а также их отрицательные формы. Употребление таких слов не означает, что от какой-либо стороны требуется соблюдение положений данной Рекомендации.

ПРАВА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

МСЭ обращает внимание на вероятность того, что практическое применение или выполнение настоящей Рекомендации может включать использование заявленного права интеллектуальной собственности. МСЭ не занимает какую бы то ни было позицию относительно подтверждения, действительности или применимости заявленных прав интеллектуальной собственности, независимо от того, доказываются ли такие права членами МСЭ или другими сторонами, не относящимися к процессу разработки Рекомендации.

На момент утверждения настоящей Рекомендации МСЭ получил извещение об интеллектуальной собственности, защищенной патентами, которые могут потребоваться для выполнения настоящей Рекомендации. Однако те, кто будет применять Рекомендацию, должны иметь в виду, что вышесказанное может не отражать самую последнюю информацию, и поэтому им настоятельно рекомендуется обращаться к патентной базе данных БСЭ по адресу: <http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>.

© ITU 2017

Все права сохранены. Ни одна из частей данной публикации не может быть воспроизведена с помощью каких бы то ни было средств без предварительного письменного разрешения МСЭ.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
1 Сфера применения	1
2 Справочные документы	1
3.1 Термины, определенные в других документах	1
3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации	2
4 Сокращения и акронимы	2
5 Условные обозначения	3
6 Общие сведения.....	3
6.1 Топологии ячеистых сетей.....	3
6.2 Эффективное использование пропускной способности сети.....	4
7 Типы архитектуры SMP.....	4
7.1 Обзор архитектуры SMP	4
8 Типы коммутации	9
9 Типы операций	9
10 Непрерываемый незащищенный трафик (NUT) и избыточный трафик	9
11 Автоматическая коммутация	9
12 Принцип приоритетного прерывания обслуживания	9
13 Контроль состояния тракта	10
14 Протокол автоматической защитной коммутации (APS).....	10
Приложение А – Технические требования (Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации).....	11
Дополнение I – Сценарии SMP (Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации).....	13
I.1 Простой сценарий SMP	13
I.2 SMP в ячеистой сети.....	13
Дополнение II – Обзор процедур восстановления совместно используемой ячеистой сети (SMR) и защиты совместно используемой ячеистой сети (SMP) (Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации).....	17
Библиография	18

Рекомендация МСЭ-Т G.808.3

Обобщенная защитная коммутация – Защита совместно используемой ячеистой сети

1 Сфера применения

В настоящей Рекомендации представлен обзор общих аспектов механизма защиты совместно используемой ячеистой сети (SMP), предназначенного для уровневых сетей с установлением соединения, который не зависит от наличия плоскости контроля. Данный механизм ориентирован на архитектуры ячеистой сети, обеспечивающие более эффективное использование защитных ресурсов. Основной характеристикой данного подхода к защите, основанного на использовании трактов, является применение предварительного расчета и предварительного распределения ресурсов, что позволяет обеспечить максимальную скорость восстановления. Основанные на конкретных технологиях механизмы защиты совместно используемой ячеистой сети будут описаны в Рекомендации(ях), посвященной(ых) соответствующим технологиям.

В настоящей версии Рекомендации рассматривается архитектурная структура SMP.

2 Справочные документы

Указанные ниже Рекомендации МСЭ-Т и другие справочные документы содержат положения, которые путем ссылок на них в данном тексте составляют положения настоящей Рекомендации. На момент публикации указанные издания были действующими. Все Рекомендации и другие справочные документы могут подвергаться пересмотру; поэтому всем пользователям данной Рекомендации предлагается изучить возможность применения последнего издания Рекомендаций и других справочных документов, перечисленных ниже. Перечень действующих на настоящий момент Рекомендаций МСЭ-Т регулярно публикуется. Ссылка на документ, приведенный в настоящей Рекомендации, не придает ему как отдельному документу статус Рекомендации.

- [ITU-T G.780] Recommendation ITU-T G.780/Y.1351 (2010), *Terms and definitions for synchronous digital hierarchy (SDH) networks*.
- [ITU-T G.805] Recommendation ITU-T G.805 (2000), *Generic functional architecture of transport networks*.
- [ITU-T G.806] Рекомендация МСЭ-Т G.806 (2006 г.), *Характеристики транспортного оборудования – Методика описания и общие принципы работы*.
- [ITU-T G.808.1] Recommendation ITU-T G.808.1 (2010), *Generic protection switching – Linear trail and subnetwork protection*.
- [ITU-T G.870] Recommendation ITU-T G.870/Y.1352 (2010), *Terms and definitions for optical transport network*.

3.1 Термины, определенные в других документах

В настоящей Рекомендации используются следующие термины, определенные в других документах.

3.1.1 Термины, относящиеся к действиям

3.1.1.1 Коммутатор (switch) [ITU-T G.870]

3.1.2 Термины, относящиеся к компонентам

3.1.2.1 Мост (bridge) [ITU-T G.870]

3.1.2.2 Селектор (selector) [ITU-T G.870]

3.1.2.3 Промежуточный узел (intermediate node) [ITU-T G.870]

3.1.3 Термины, относящиеся к неисправностям

3.1.3.1 Ухудшение сигнала (signal degrade (SD)) [ITU-T G.805]

- 3.1.3.2 Сбой сигнала (signal fail (SF)) [ITU-T G.805]
- 3.1.4 Термины, относящиеся к архитектуре
 - 3.1.4.1 Архитектура m:n (защитная) (m:n (protection) architecture) [ITU-T G.870]
- 3.1.5 Термины, относящиеся к режимам работы
 - 3.1.5.1 Реверсивный (защитный) режим работы (revertive (protection) operation) [ITU-T G.870]
- 3.1.6 Термины, относящиеся к сигналам
 - 3.1.6.1 Сигнал трафика (traffic signal) [ITU-T G.870]
 - 3.1.6.2 Сигнал нормального трафика (normal traffic signal) [ITU-T G.870]
 - 3.1.6.3 Сигнал избыточного трафика (extra traffic signal) [ITU-T G.870]
- 3.1.7 Термины, относящиеся к коммутации
 - 3.1.7.1 Двухнаправленная (защитная) коммутация (bidirectional (protection) switching) [ITU-T G.780]
 - 3.1.7.2 Однонаправленная (защитная) коммутация (unidirectional (protection) switching) [ITU-T G.780]
- 3.1.8 Термины, относящиеся к транспортным объектам
 - 3.1.8.1 Линия связи (link) [ITU-T G.805]
 - 3.1.8.2 Транспортный объект (transport entity) [ITU-T G.870]
 - 3.1.8.3 Защитный транспортный объект (protection transport entity) [ITU-T G.870]
 - 3.1.8.4 Рабочий транспортный объект (working transport entity) [ITU-T G.870]
- 3.1.9 Защита (protection) [ITU-T G.870]
- 3.1.10 Восстановление (restoration) [ITU-T G.870]
- 3.1.11 Событие переключения (switch event) [ITU-T G.870]

3.2 Термины, определенные в настоящей Рекомендации

В настоящей Рекомендации определяются следующие термины.

3.2.1 защитный сегмент (protection segment): Линия связи между двумя узлами SMP на защитном транспортном объекте.

3.2.2 защита совместно используемой ячеистой сети (shared mesh protection): Архитектура защиты совместно используемой ячеистой сети (SMP) включает несколько сигналов нормального трафика; при этом каждому сигналу соответствует один рабочий транспортный объект и один или несколько защитных транспортных объектов в ячеистой сети. В SMP защитные ресурсы используются совместно одним или несколькими защитными транспортными объектами. Только один такой защитный транспортный объект может использовать совместно используемые защитные ресурсы в любой данный момент времени.

3.2.3 совместно используемый защитный сегмент (shared protection segment): Линия связи между двумя узлами SMP, где ресурс полосы пропускания на линии совместно используется несколькими защитными транспортными объектами.

4 Сокращения и акронимы

В настоящей Рекомендации используются следующие сокращения и акронимы.

APS	Automatic Protection Switching	Автоматическая защитная коммутация
NUT	Non-pre-emptible Unprotected Traffic	Непрерываемый незащищенный трафик
OTN	Optical Transport Network	Оптическая транспортная сеть
P	Protection	Защитный транспортный объект

SD	Signal Degrade		Ухудшение сигнала
SDH	Synchronous Digital Hierarchy	СЦИ	Синхронная цифровая иерархия
SF	Signal Fail		Сбой сигнала
SMP	Shared Mesh Protection		Защита совместно используемой ячеистой сети
W	Working		Рабочий транспортный объект

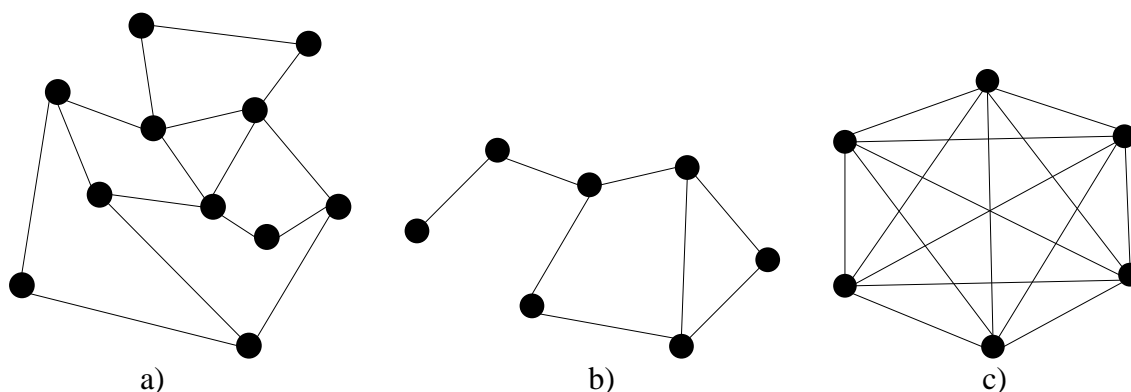
5 Условные обозначения

Отсутствуют.

6 Общие сведения

6.1 Топологии ячеистых сетей

Транспортная ячеистая сеть – это сеть, в которой к каждому узлу подключены как минимум две линии связи, удаленные концы которых находятся на разных узлах (см. пример а) на рисунке 1). Следует отметить, что, хотя общая транспортная сеть может содержать узлы, которые не удовлетворяют вышеуказанным критериям (см. два левых узла в примере б) на рисунке 1), такие узлы не могут считаться частью участка транспортной сети, которая определена как ячеистая. В сетях с полностью ячеистой топологией каждый узел подключается непосредственно ко всем остальным узлам сети (см. пример с) на рисунке 1).



1-а – пример ячеистой сети

1-б – пример сети, только часть которой имеет ячеистую структуру

1-с – пример полностью ячеистой сети

Рисунок 1 – Примеры ячеистых сетей

Большинство ячеистых транспортных сетей обладают лишь частично ячеистой структурой (см. пример а) на рисунке 1), когда некоторые узлы имеют полностью ячеистую структуру, а другие соединены с одним или несколькими, но не со всеми, узлами (то есть их максимальное количество меньше общего количества узлов – 1). Сети с полностью ячеистой топологией обладают наивысшей степенью выживаемости в случае отказа, однако для них характерна также избыточность транспортных ресурсов. Большинство ячеистых транспортных сетей обладают лишь частично ячеистой структурой и, как правило, требуют наличия обходных промежуточных узлов для обеспечения соединения каждого узла со всеми остальными узлами.

6.2 Эффективное использование пропускной способности сети

Все более активное совместное использование защитных ресурсов в архитектурах ячеистых сетей позволяет избавиться от специально выделенных защитных ресурсов, что очевидным образом сокращает затраты на сеть. Разработка таких архитектур может осуществляться также в соответствии с уровнем "гарантированной защиты" и эффективности использования пропускной способности, которые необходимы оператору в соответствии с предлагаемыми уровнями обслуживания. Измерять эффективность использования пропускной способности ячеистых сетей можно различными способами, в том числе согласно документу [b-BLTJ.1999]:

- i) доля запросов, которые могут быть защищены с учетом пропускной способности сети, запросов соединений пункта с пунктом и рабочего тракта для каждого запроса;
- ii) пропускная способность сети, необходимая для обеспечения 100-процентной защиты с учетом запросов соединений пункта с пунктом и рабочего тракта для каждого запроса; или
- iii) общая пропускная способность сети для рабочего и защитного трактов с учетом запросов соединений пункта с пунктом и обеспечения 100-процентной защиты.

Первый подход включает поиск защитных трактов для максимально возможного числа запросов при ограничениях пропускной способности линии связи в существующей сети. Этим он отличается от двух последних методов, которые основаны на планировании пропускной способности для обеспечения 100-процентной защиты для всех запросов.

Следует отметить, что в какой-то момент желаемый уровень оптимизации сетевых ресурсов (приводящий к недостаточной пропускной способности линии связи) становится обратно пропорциональным степени "гарантированной защиты", которая может быть предложена. В реальных ситуациях с ограниченной пропускной способностью должна существовать возможность определять приоритетность запросов и обеспечивать, чтобы запросам, требующим высокой доступности, всегда назначались защитные тракты.

В рамках настоящей Рекомендации основное внимание уделяется достижению максимально достижимой защиты с учетом возможностей данной сети, включая механизмы определения приоритетности запросов, позволяющие назначать защитные тракты запросам, требующим высокой доступности.

7 Типы архитектуры SMP

7.1 Обзор архитектуры SMP

Архитектура SMP может использоваться в транспортных сетях как с полностью, так и с частично ячеистой структурой, которые включают в том числе линии дальней связи и городские сети. В зависимости от степени взаимосвязанности сетевых узлов защита SMP может существенно оптимизировать использование сетевых ресурсов по сравнению с альтернативными механизмами защиты 1:1.

Архитектура SMP включает несколько сигналов нормального трафика, при этом каждый сигнал связан с рабочим транспортным объектом и одним или несколькими защитными транспортными объектами. Архитектура SMP основана на защите $m:1$ (где m может быть больше или равно единице).

В архитектуре SMP $m:1$ каждый рабочий транспортный объект защищен m защитными транспортными объектами. В данной архитектуре рабочий транспортный объект может быть защищен при готовности одного из m защитных транспортных объектов.

Каждый защитный транспортный объект построен из одного или нескольких защитных сегментов. Полоса пропускания каждого защитного сегмента может совместно использоваться несколькими защитными транспортными объектами. Для предотвращения сбоя сети вследствие прерывания защищенного сигнала нормального трафика рекомендуется, чтобы все рабочие транспортные объекты, которые совместно используют защитные ресурсы, не пересекались друг с другом.

Совместно используемая полоса пропускания для защитного сегмента должна быть достаточной для поддержки самого крупного из соответствующих защитных транспортных объектов.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Защитные ресурсы и информация защитных транспортных объектов предварительно конфигурируются при помощи плоскости контроля или управления. Подробное описание процесса предварительной конфигурации выходит за рамки сферы применения настоящей Рекомендации. Механизм восстановления ячеистой сети (совместно используемый), основанный на плоскости контроля, также выходит за рамки сферы применения настоящей Рекомендации.

На рисунке 2 показан пример простой архитектуры m:1 SMP. Существует два рабочих транспортных объекта – W1 (A-B) и W2 (E-F). Защитные транспортные объекты в приведенном примере имеют следующую конфигурацию:

- для W1 существует два защитных транспортных объекта – P1 (A-C-D-B) и P1' (A-G-H-B);
- для W2 существует защитный транспортный объект P2 (E-C-D-F).

Если обнаружен сбой W2, для передачи трафика активируется соответствующий защитный транспортный объект P2. В результате того что полоса пропускания для защитного сегмента PS3 полностью занята P2, защитный транспортный объект P1 не имеет возможности обеспечить защиту рабочего транспортного объекта W1, однако для защиты рабочего транспортного объекта W1 может использоваться другой защитный транспортный объект – P1'.

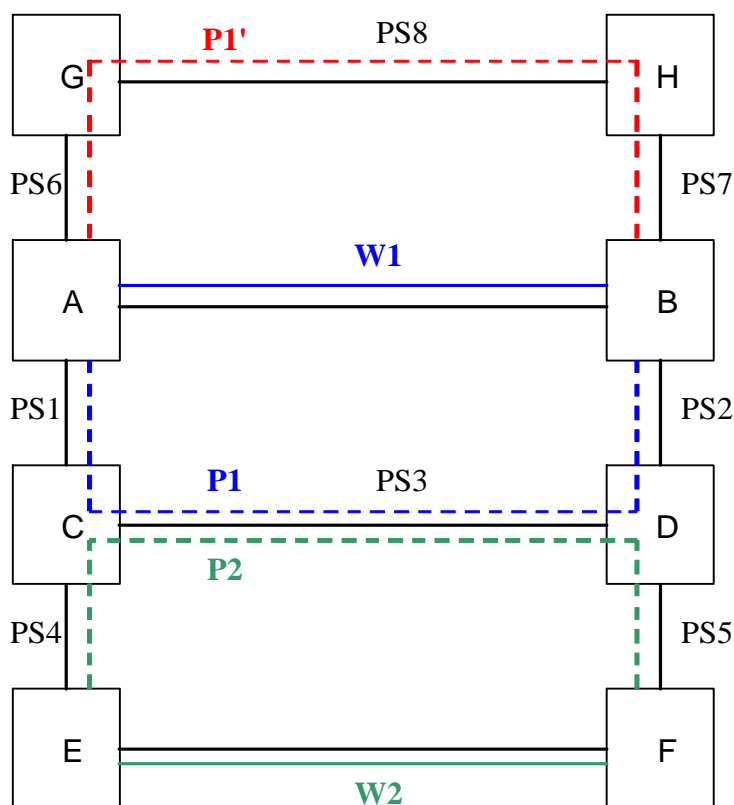


Рисунок 2 – Пример архитектуры m:1 SMP

На рисунке 3 показан пример простой архитектуры m:1 SMP, где m = 1.

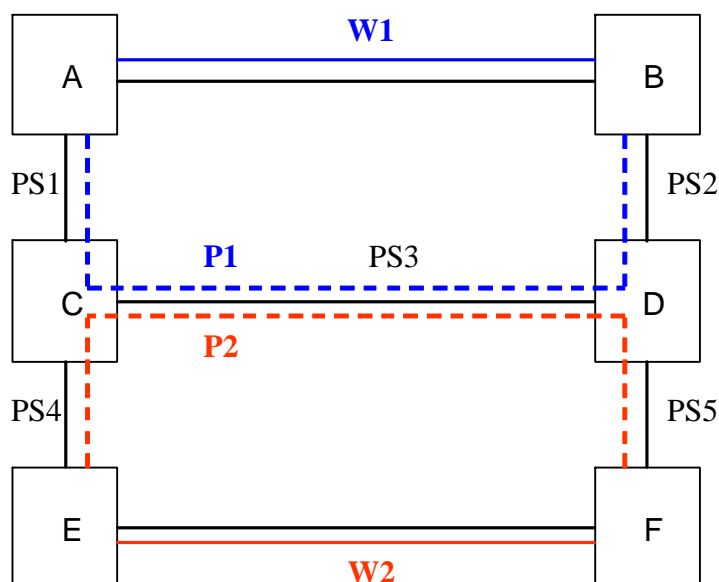
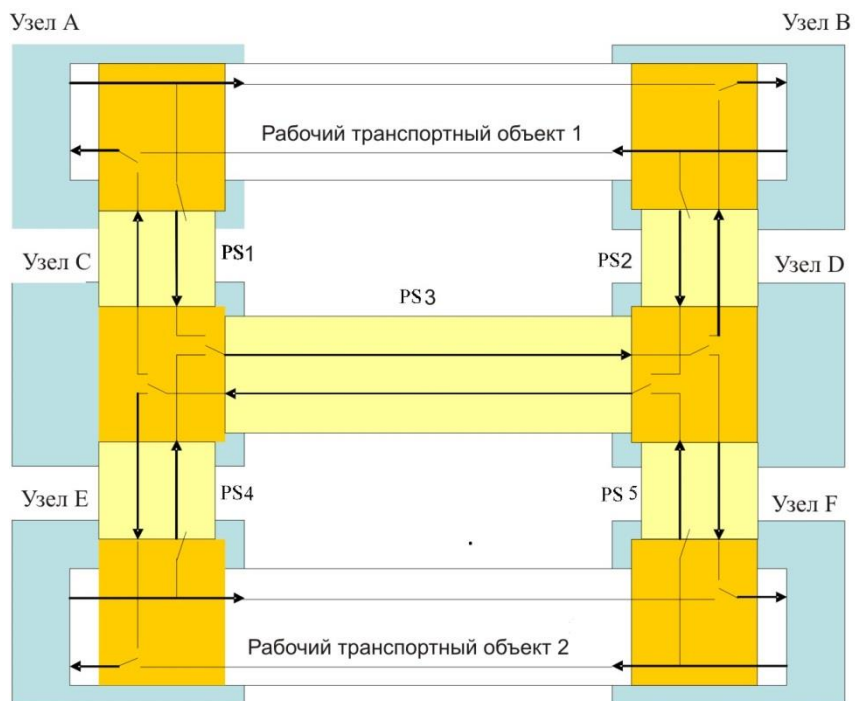


Рисунок 3 – Пример архитектуры 1:1 SMP

7.1.1 Архитектура SMP для сетей с коммутацией каналов

В сетях с коммутацией каналов (например, СЦИ/ОТС) кросс-соединения в промежуточных узлах защитного транспортного объекта не могут быть предварительно установлены, если защитный сегмент совместно используется несколькими защитными транспортными объектами. В этом случае, если обнаружен отказавший защищенный рабочий транспортный объект, промежуточным узлам необходимо установить кросс-соединения для защитного транспортного объекта.

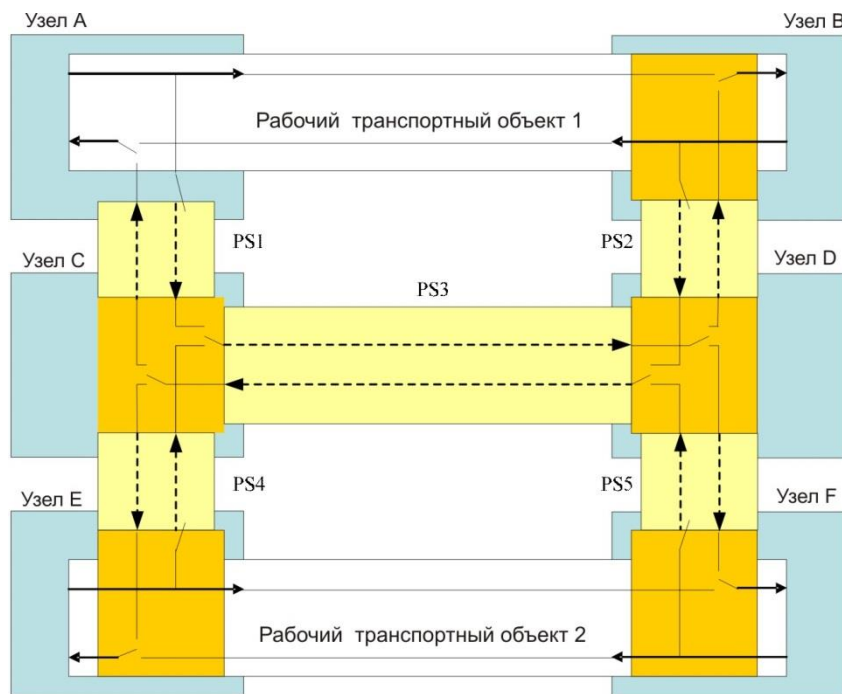
Конечные точки каждого рабочего транспортного объекта должны обладать функциями контроля для мониторинга состояния рабочего транспортного объекта. Обнаружение состояния "сбой сигнала" или "ухудшение сигнала" (SF/SD) запускает процедуру защитной коммутации. При этом узлы в составе защитного транспортного объекта также должны обладать функциями контроля состояния ресурсов каждого защитного сегмента. В конечные точки будет передано худшее из состояний защитных сегментов в составе защитного транспортного объекта. Если состояние защитного транспортного объекта хуже, чем состояние рабочего транспортного объекта, конечные точки должны препятствовать переключению сигнала нормального трафика на защитный транспортный объект.



Контроллер кросс-соединения

Защитный сегмент

a) SMP для сети с коммутацией каналов и заранее установленными кросс-соединениями



Контроллер кросс-соединения

Защитный сегмент

b) SMP для сети с коммутацией каналов без заранее установленных кросс-соединений

Рисунок 4 – Примеры SMP для сети с коммутацией каналов

На рисунке 4 показана архитектура SMP для сети с коммутацией каналов. Кросс-соединения в промежуточных узлах защитных транспортных объектов не устанавливаются заранее. Соединения линии связи могут не распределяться до обнаружения сбоя, как показано на диаграмме b) рисунка 4.

Конечные точки (например, узлы A/B, E/F) контролируют состояние рабочего транспортного объекта 1 (W1) и рабочего транспортного объекта 2 (W2). Состояние каждого из них контролируют узлы вдоль двух защитных транспортных объектов (то есть P1 и P2).

При обнаружении нарушения функционирования или отказа рабочего транспортного объекта W1 и при наличии данных о состоянии защитного транспортного объекта после приема сигнала APS узел C должен установить кросс-соединение между PS1 и PS3, а узел D должен установить кросс-соединение между PS3 и PS2 для активации защитного транспортного объекта P1. В ситуации, показанной на диаграмме б) рисунка 4, должны быть установлены соединения линий связи PS1, PS3 и PS2.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На рисунке 4 упрощенно изображена архитектура 1:1 SMP для сетей с коммутацией каналов. На основе данного примера можно проиллюстрировать архитектуру m:1 SMP, где для одного рабочего транспортного объекта существует несколько защитных транспортных объектов.

7.1.2 Архитектура SMP для сетей с коммутацией пакетов

В сетях с коммутацией пакетов возможна предварительная установка различных защитных транспортных объектов, совместно использующих ту же полосу пропускания совместно используемого защитного сегмента. В штатных условиях, когда сигналы нормального трафика передаются через рабочие транспортные объекты, через защитные транспортные объекты передаются только пакеты APS и OAM. Полоса пропускания совместно используемого защитного сегмента должна быть распределена таким образом, чтобы была возможность защитить любой из рабочих транспортных объектов, чьи защитные транспортные объекты совместно используют защитный сегмент.

Конечные точки каждого рабочего транспортного объекта должны обладать функциями контроля для мониторинга состояния рабочего транспортного объекта. Обнаружение состояния SF/SD запускает процедуру защитной коммутации. Состояние защитного транспортного объекта также можно контролировать в конечных точках, так как защитный транспортный объект предварительно установлен.

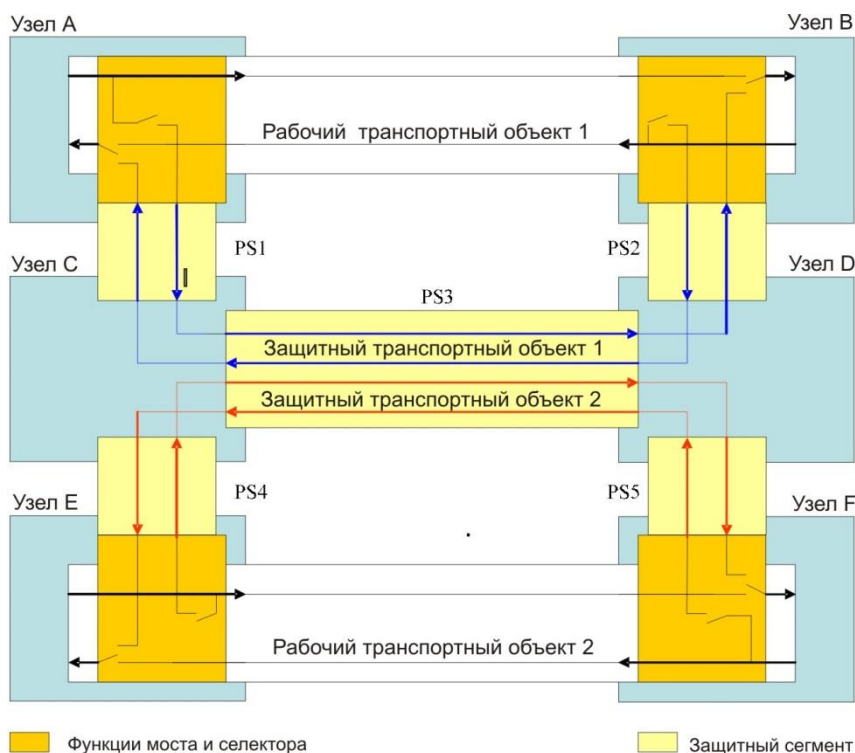


Рисунок 5 – Пример SMP для сети с коммутацией пакетов

На рисунке 5 показана архитектура 1:1 SMP для сетей с коммутацией пакетов. PS3 совместно используется двумя защитными транспортными объектами, которые предварительно установлены через A-C-D-B и E-C-D-F, соответственно. Две пары конечных точек, пара узлов A и B и пара узлов E и F контролируют состояние рабочего транспортного объекта 1 и защитного транспортного объекта 1 и рабочего транспортного объекта 2 и защитного транспортного объекта 2, соответственно. При обнаружении нарушения функционирования или отказа одного из рабочих транспортных

объектов и при наличии данных о готовности его соответствующего защитного транспортного объекта сигнал нормального трафика этого рабочего транспортного объекта должен быть переключен с рабочего на защитный транспортный объект. В промежуточных узлах (С и D) нет необходимости создавать кросс-соединения, поскольку они уже созданы заранее.

ПРИМЕЧАНИЕ. – На рисунке 5 упрощенно изображена архитектура 1:1 SMP для сетей с коммутацией пакетов. На основе данного примера можно проиллюстрировать архитектуру m:1 SMP, где для одного рабочего транспортного объекта существует несколько защитных транспортных объектов.

8 Типы коммутации

Механизм SMP, как это определено в [ITU-T G.808.1], поддерживает двунаправленную коммутацию.

Для двунаправленной SMP задействуются селекторы и мосты на обоих концах защитного транспортного объекта. Кроме того, активируются двунаправленные кросс-соединения на промежуточных узлах (если они не установлены заранее).

9 Типы операций

Механизм SMP, как это определено в [ITU-T G.808.1], поддерживает только реверсивный режим работы.

10 Непрерываемый незащищенный трафик (NUT) и избыточный трафик

Схема SMP поддерживает непрерываемый незащищенный трафик (NUT).

В данном случае NUT – это трафик общего типа. Это означает, что данный класс трафика не использует каких-либо защитных ресурсов и не защищен в случае сбоя на протяжении тракта, но не может быть удален из сети в целях обеспечения защиты другого трафика.

Избыточный трафик подлежит дальнейшему изучению.

11 Автоматическая коммутация

Подлежит дальнейшему изучению.

12 Принцип приоритетного прерывания обслуживания

В архитектуре SMP принципы приоритетного прерывания обслуживания применяются для случаев, когда несколько защитных транспортных объектов конкурируют за доступ к одному совместно используемому ресурсу.

Для разрешения конфликтов необходимо учитывать два типа информации:

- приоритет в прерывании обслуживания – каждому защитному транспортному объекту присваивается приоритет в прерывании обслуживания, который устанавливается заранее;
- приоритет по запросу – относительный приоритет событий (к ним относятся неисправности и внешние команды), которые запускают защиту. Назначение приоритетов данного типа подлежит дальнейшему изучению.

Оба типа приоритета учитываются всеми узлами в составе защитного транспортного объекта.

- 1) Если между несколькими защитными транспортными объектами, имеющими разные приоритеты в прерывании обслуживания, возникает конкуренция за ресурсы, то ресурсы получает защитный транспортный объект с более высоким приоритетом в прерывании обслуживания.
- 2) Если между несколькими защитными транспортными объектами, имеющими одинаковые приоритеты в прерывании обслуживания, возникает конкуренция за ресурсы, то ресурсы получает защитный транспортный объект с более высоким приоритетом по запросу.
- 3) Если между несколькими защитными транспортными объектами, имеющими одинаковые приоритеты в прерывании обслуживания и приоритеты по запросу, возникает конкуренция за ресурсы, то для разрешения конфликта можно использовать их идентификаторы транспортных объектов.

13 Контроль состояния тракта

Состояние рабочего транспортного объекта может контролироваться с использованием методов, аналогичных тем, которые определены для существующих схем линейной защиты в [ITU-T G.808.1]. Выбор конкретного метода контроля зависит от технологии.

В зависимости от базовой технологии сетевого транспорта защитный транспортный объект может не устанавливаться заранее. В таком случае отсутствует непосредственный контроль сквозного состояния защитного транспортного объекта в конечных защитных точках. Вследствие этого каждый защитный сегмент должен сообщать о своем состоянии конечным точкам защитного транспортного объекта.

Если возможна предварительная установка защитного транспортного объекта, то его состояние может контролироваться с использованием методов, аналогичных тем, которые определены для существующих схем линейной защиты в [ITU-T G.808.1]. Выбор конкретного метода контроля зависит от технологии.

Каждый защитный сегмент должен сообщать конечным точкам защитного транспортного объекта о доступности своих ресурсов. Это уведомление отправляется в целях уменьшения вероятности излишних запросов на защитную коммутацию, которые, в противном случае, приведут к сбою при поступлении запроса на недоступный защитный ресурс.

14 Протокол автоматической защитной коммутации (APS)

Подлежит дальнейшему изучению.

Приложение А

Технические требования

(Данное Приложение является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

- A.1 Должна быть обеспечена обратная совместимость с основными структурами и форматами Рекомендаций, относящихся к конкретным технологиям.
- A.2 Не должно быть влияния на использование существующих линейных и кольцевых механизмов защиты APS и каналов связи, работающих на основе конкретной технологии (это означает совместимость с существующими спецификациями APS).
- A.3 Должна быть обеспечена применимость любых внутриоператорских и межоператорских приложений для развертывания систем с каскадной или вложенной защитой.
- A.4 Должна быть обеспечена совместимость защиты и восстановления на базе ASON и защиты SMP на границах между доменами.
- A.5 Должна быть обеспечена поддержка защиты одного или нескольких двунаправленных сигналов нормального трафика из пункта в пункт от входа до выхода SMP-домена.
- A.6 Не должно требоваться, чтобы несколько рабочих транспортных объектов, имеющих один и тот же защитный ресурс (ресурсы), имели одинаковые конечные точки.
- A.7 Должен проводиться контроль состояния рабочих транспортных объектов для триггеров переключения защиты SMP (например, SF, SD).
- A.8 Должен проводиться контроль доступности совместно используемых защитных ресурсов в составе защитных транспортных объектов.
- A.9 Должна быть введена поддержка передачи информации о доступности совместно используемых защитных ресурсов в составе защитных транспортных объектов в конечные точки рабочих транспортных объектов, которые используют эти ресурсы.
- A.10 Должна быть введена поддержка передачи информации между сетевыми узлами для осуществления защитной коммутации. Кодирование сообщений и канал связи между узлами определяются конкретной технологией.
- A.11 Должна быть обеспечена возможность восстановления сигнала нормального трафика при сбоях сети детерминистским методом. Например, защитная коммутация завершается в течение конечного (ограниченного) времени, как описано в Рекомендациях, посвященных конкретным технологиям.
- A.12 Должна быть введена поддержка механизма обнаружения неисправностей протокола.
- A.13 Должна быть введена поддержка механизма обнаружения возможных несоответствий в конфигурации между входными и выходными узлами SMP-домена.
- A.14 Должна быть обеспечена поддержка вложения нескольких уровней (будь то SMP или другие схемы, например, защита SNC). Для достижения этой цели должна быть введена поддержка механизма (механизмов), который обеспечивает координацию действий по защите (например, таймер задержки).
- A.15 Должен быть обеспечен механизм, позволяющий избежать нестабильности защитной коммутации (например, таймер ожидания восстановления).
- A.16 Должна быть введена поддержка нескольких линий связи между узлами, обеспечивающая разветвление линий и узлов, а также обеспечена масштабируемость в отношении количества линий и узлов в пределах домена защиты SMP.
- A.17 Должен быть предусмотрен механизм разрешения конфликтов, позволяющий только одному рабочему транспортному объекту занимать защитные ресурсы, в случае если эти защитные ресурсы используются совместно несколькими рабочими транспортными объектами, имеющими тот же приоритет (что связано с сетевой топологией и ограничениями ресурсов).

- A.18 Должна быть обеспечена возможность установления верхнего предела для максимального количества рабочих транспортных объектов, которые могут совместно использовать защитные ресурсы (управляемые с применением конкретной технологии).
- A.19 Должна быть введена возможность установки верхней границы для части ресурсов линий связи, которые могут быть выделены для защиты транспортных объектов.
- A.20 Должна быть предусмотрена возможность конфигурирования (через плоскость контроля или плоскость управления) идентификаторов защитных транспортных объектов, требуемой полосы пропускания и – дополнительно для SMP-сетей с коммутацией каналов – возможность назначения TS для обеспечения надлежащего функционирования защитной коммутации.
- A.21 Должно обеспечиваться назначение приоритета для поддержки запроса транспортного объекта с более высоким приоритетом в целях прерывания использования совместно используемого защитного ресурса транспортным объектом с более низким приоритетом.
- A.22 Должен поддерживаться только реверсивный режим работы.
- A.23 Должен поддерживаться только двунаправленный тип коммутации.
- A.24 Должны поддерживаться внешние команды от сетевых операторов.
- A.25 Должна быть предусмотрена возможность поддержки защиты в случае нескольких сбоев, включая сбои, которые возникают параллельно, а также сбои, затрагивающие совместно используемые ресурсы.
- A.26 Должна поддерживаться активация защитной коммутации, инициированная либо одной, либо обеими конечными точками (можно одновременно) домена SMP.

Дополнение I

Сценарии SMP

(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В настоящем Дополнении приведены некоторые типичные сценарии SMP.

Следует отметить, что в настоящем Дополнении проиллюстрированы не все сценарии.

I.1 Простой сценарий SMP

Простой сценарий проиллюстрирован на рисунке I.1. Рабочее соединение W1 на протяжении тракта А-В защищено защитным соединением P1 на протяжении тракта А-Р-Q-В, а другое рабочее соединение W2 на протяжении тракта С-Д защищено другим защитным соединением P2 на протяжении тракта С-Р-Q-D. Защитные соединения P1 и P2 могут совместно использовать некоторый общий ресурс (то есть защитная линия Р-Q может совместно использоваться соединениями P1 и P2), поскольку W1 и W2 не связаны друг с другом.

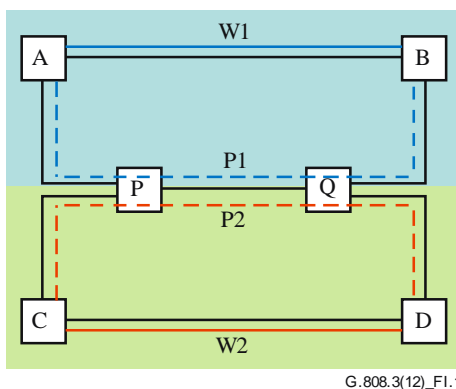


Рисунок I.1 – Простой сценарий SMP

I.2 SMP в ячеистой сети

Для описания различных сценариев SMP используется более общая ячеистая сеть, изображенная на рисунке I.2.

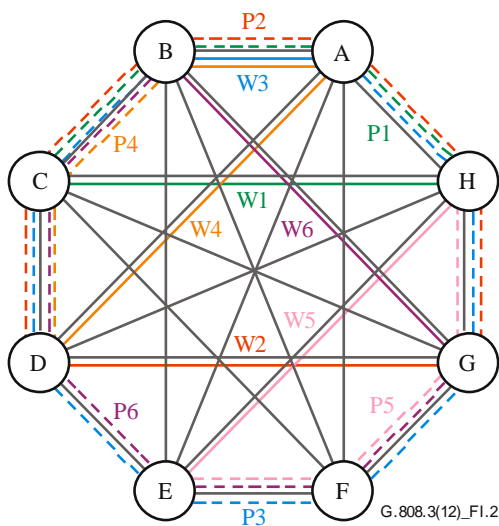


Рисунок I.2 – Пример SMP

В ячеистой сети на рисунке I.2 показаны шесть рабочих трактов (W1, W2, W3, W4, W5 и W6) и соответствующие им защитные тракты (P1, P2, P3, P4, P5 и P6), как указано в таблице I.1.

Таблица I.1 – Сводные данные

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Зеленый (W1, P1)	C-H	H-A-B-C
Красный (W2, P2)	D-G	G-H-A-B-C-D
Синий (W3, P3)	A-B	B-C-D-E-F-G-H-A
Оранжевый (W4, P4)	B-A-D	B-C-D
Розовый (W5, P5)	H-E	H-G-F-E
Фиолетовый (W6, P6)	B-G	B-C-D-E-F-G

W3, W4 и W6 имеют один и тот же конечный узел B. W2 и W4 имеют один и тот же конечный узел D. W2 и W6 имеют один и тот же конечный узел G. W1 и W5 имеют один и тот же конечный узел H. Узел A является промежуточным узлом W4 и одновременно конечным узлом W3.

ПРИМЕЧАНИЕ. – Все сценарии отделены друг от друга.

Сценарий 1

Простой сценарий SMP заключается в том, что два защитных тракта совместно используют общие ресурсы.

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Зеленый (W1, P1)	C-H	H-A-B-C
Красный (W2, P2)	D-G	G-H-A-B-C-D

На рисунке I.2 рабочий тракт W1 на линии C-H защищен защитным трактом P1 на протяжении сегмента H-A-B-C, а рабочий тракт W2 на линии D-G защищен защитным трактом P2 на протяжении сегмента G-H-A-B-C-D. P1 и P2 могут совместно использовать некоторый общий ресурс (то есть защитный сегмент H-A-B-C).

Сценарий 2

Порт или линия связи могут иметь некоторые ресурсы, которые используются для рабочих трактов и других ресурсов, используемых для защитных трактов.

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Зеленый (W1, P1)	C-H	H-A-B-C
Красный (W2, P2)	D-G	G-H-A-B-C-D
Синий (W3, P3)	A-B	B-C-D-E-F-G-H-A
Оранжевый (W4, P4)	B-A-D	B-C-D

Как показано на рисунке I.3, линия связи A-B содержит как рабочий трафик для W3/W4, так и защитный ресурс, который используют P1/P2.

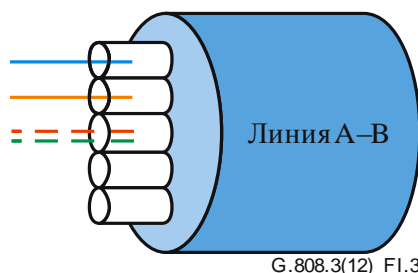


Рисунок I.3 – Деталь линии связи А-В

Сценарий 3

На линии связи существует несколько защитных ресурсов. В этом случае рабочие тракты, которые имеют общие линии, могут по-прежнему использовать для защиты одну и ту же защитную линию до тех пор, пока для соответствующих защитных трактов не назначен другой ресурс.

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Синий (W3, P3)	A-B	B-C-D-E-F-G-H-A
Оранжевый (W4, P4)	B-A-D	B-C-D

Например, как показано на рисунке I.4, сегмент B-C-D поддерживает два защитных тракта на одной линии связи, но с разными ресурсами. Таким образом, хотя и W3 и W4 имеют линию связи A-B, они по-прежнему могут использовать сегмент B-C-D как часть своих защитных трактов (P3 и P4).

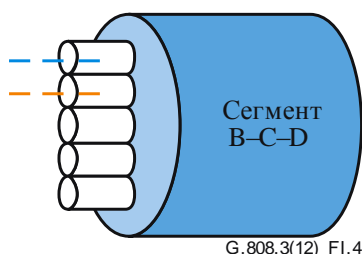


Рисунок I.4 – Деталь сегмента B-C-D

Сценарий 4

Отдельно взятый ресурс, используемый для защиты, может быть конечной точкой для одних защитных трактов и промежуточной точкой для других защитных трактов.

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Оранжевый (W4, P4)	B-A-D	B-C-D
Розовый (W5, P5)	H-E	H-G-F-E
Фиолетовый (W6, P6)	B-G	B-C-D-E-F-G

Например, на рисунке I.2 узел G, и в частности порт, связанный с линией G-F, показывает, каким образом защитный ресурс может быть промежуточной точкой для одного тракта (то есть P5) и конечной точкой для другого тракта (то есть P6). Аналогичным образом узел D, и в частности порт, связанный с линией D-C, является промежуточной точкой для P6 и конечной точкой для P4.

Сценарий 5

Рабочий тракт может входить в несколько несвязанных групп общего риска (SRG).

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Синий (W3, P3)	A-B	B-C-D-E-F-G-H-A
Оранжевый (W4, P4)	B- A-D	B-C-D
Розовый (W5, P5)	H-E	H-G-F-E
Фиолетовый (W6, P6)	B-G	B-C-D-E-F-G

Как показано на рисунке I.5, W6 (фиолетовый цвет) входит в три совместно используемые группы риска: W6 и W4 представляют собой SRG в связи с наличием защитного сегмента B-C-D; W6 и W3 представляют собой вторую SRG в связи с наличием защитного сегмента D-E-F-G; W6 и W5 представляют собой третью SRG в связи с наличием защитного сегмента E-F-G.

В этом случае W3 и W5 также представляют собой SRG в связи с наличием сегментов E-F-G, однако W4 и W5 не являются SRG, поскольку они совместно не используют защитный ресурс (то есть в сегменте B-C-D существует два защитных ресурса). Таким образом W4 может разделять риски как с W3, так и с W5.

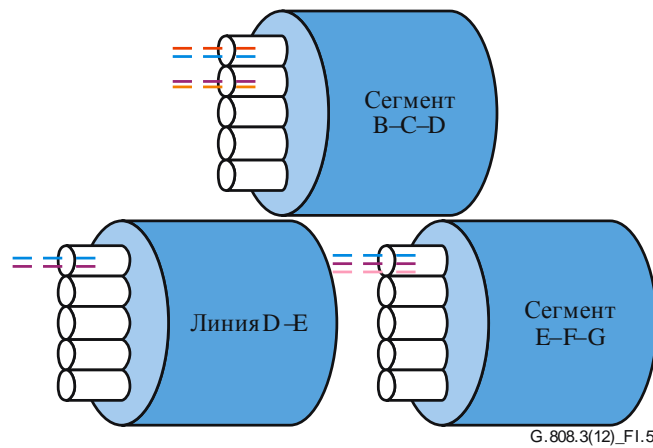


Рисунок I.5 – Деталь сегмента В-С-Д и сегмента D-E-F-G

Сценарий 6

Защитный ресурс, связанный с одним узлом, может поддерживать несколько защитных трактов. При этом что каждый из защитных трактов представляет собой соединение пункта с пунктом, если тракты совместно используют некоторые ресурсы, то при настройке контроля защитного тракта следует учитывать существование некоторых элементов схем связи пункта со многими пунктами и многих пунктов с пунктом.

Цвет	Рабочий тракт	Защитный тракт
Оранжевый (W4, P4)	В-А-D	В-С-D
Фиолетовый (W6, P6)	В-G	В-С-D-E-F-G

Как показано на рисунке I.6, порт, связанный с узлом В, который завершает сегмент В-С-D, является иллюстрацией сценария, в котором два защитных тракта (то есть P4 и P6) совместно используют сегмент В-С-D, однако P4 и P6 имеют разные конечные узлы (то есть P4 заканчивается в узле D, а P6 заканчивается в узле G). В произвольный момент времени в порте на узле В присутствует либо тракт P4, либо P6, либо тракт отсутствует. Вследствие этого следует соблюдать осторожность при настройке конфигурации значений идентификатора трассы (TTI) и критерия обнаружения несоответствия идентификатора трасс (dTIM), в случае когда требуется тандемное соединение, контролирующее весь защитный тракт.

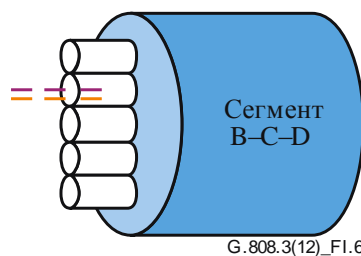


Рисунок I.6 – Деталь сегмента В-С-D

Данные сценарии необходимо учитывать при разработке протокола APS и архитектур контроля.

Дополнение II

Обзор процедур восстановления совместно используемой ячеистой сети (SMR) и защиты совместно используемой ячеистой сети (SMP)

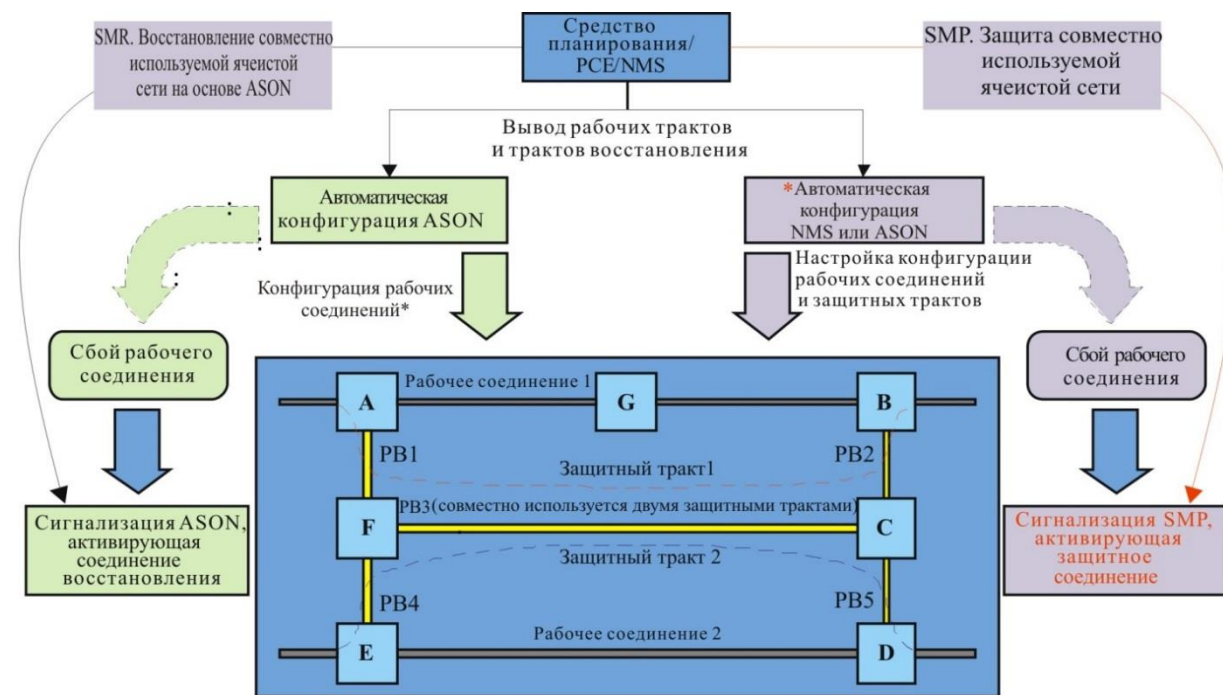
(Данное Дополнение не является неотъемлемой частью настоящей Рекомендации.)

В Рекомендации МСЭ-Т G.805 описаны методы повышения доступности транспортной сети, при этом употребляются термины "защита" (замена отказавшего ресурса на заранее установленный резервный ресурс) и "восстановление" (замена отказавшего ресурса путем перемаршрутизации с использованием резервов пропускной способности).

В Рекомендации МСЭ-Т G.8080 защита описывается как механизм повышения доступности соединения путем использования дополнительных, заранее назначенных резервов пропускной способности. Восстановление вызова (услуга соединения) автоматически коммутируемой оптической сети (ASON) описывается как замена отказавшего соединения путем перемаршрутизации вызова с использованием резервов пропускной способности.

Для восстановления в сетях ASON предусмотрены различные механизмы. Следует отметить, что механизм восстановления, который имеет наибольшее сходство с SMP, часто называют восстановлением совместно используемой ячеистой сети с предварительно рассчитанными и предварительно сигнализированными трактами восстановления. Это означает, что при успешном создании нового соединения на протяжении его номинального/активного тракта рассчитывается резервный тракт (который не должен пересекаться с номинальным/активным трактом). Затем на протяжении этого резервного тракта устанавливается сеанс сигнализации, при котором проверяется доступность свободных ресурсов. Если по завершении этого процесса отказ затрагивает номинальный/активный тракт, то активируется резервный тракт.

На рисунке II.1 показано различие между восстановлением совместно используемой ячеистой сети на основе ASON и SMP.



ПРИМЕЧАНИЕ. Возможности ASON:

- активация заранее запланированного тракта восстановления
- расчет и активация нового тракта восстановления

* SMP не зависит от плоскости контроля

G.808.3(12)_F11.1

Рисунок II.1 – SMR и SMP

Библиография

- [b-ITU-T G.8080] Recommendation ITU-T G.8080/Y.1304 (2012), *Architecture for the automatically switched optical network*.
- [b-BLTJ.1999] Doshi, B. T. et al. (1999), *Optical network design and restoration*, Bell Labs. Technical Journal, pp. 58-84, Jan.-Mar. 1999.

СЕРИИ РЕКОМЕНДАЦИЙ МСЭ-Т

Серия А	Организация работы МСЭ-Т
Серия D	Принципы тарификации и учета и экономические и стратегические вопросы международной электросвязи/ИКТ
Серия E	Общая эксплуатация сети, телефонная служба, функционирование служб и человеческие факторы
Серия F	Нетелефонные службы электросвязи
Серия G	Системы и среда передачи, цифровые системы и сети
Серия H	Аудиовизуальные и мультимедийные системы
Серия I	Цифровая сеть с интеграцией служб
Серия J	Кабельные сети и передача сигналов телевизионных и звуковых программ и других мультимедийных сигналов
Серия K	Защита от помех
Серия L	Окружающая среда и ИКТ, изменение климата, электронные отходы, энергоэффективность; конструкция, прокладка и защита кабелей и других элементов линейно-кабельных сооружений
Серия M	Управление электросвязью, включая СУЭ и техническое обслуживание сетей
Серия N	Техническое обслуживание: международные каналы передачи звуковых и телевизионных программ
Серия O	Требования к измерительной аппаратуре
Серия P	Качество телефонной передачи, телефонные установки, сети местных линий
Серия Q	Коммутация и сигнализация, а также соответствующие измерения и испытания
Серия R	Телеграфная передача
Серия S	Оконечное оборудование для телеграфных служб
Серия T	Оконечное оборудование для телематических служб
Серия U	Телеграфная коммутация
Серия V	Передача данных по телефонной сети
Серия X	Сети передачи данных, взаимосвязь открытых систем и безопасность
Серия Y	Глобальная информационная инфраструктура, аспекты межсетевого протокола, сети последующих поколений, интернет вещей и "умные" города
Серия Z	Языки и общие аспекты программного обеспечения для систем электросвязи