

# ВВЕДЕНИЕ

Технология Ethernet появилась в 1973 году, так что в 2023 году она отметит полувековой юбилей. Это весьма солидный возраст для коммуникационной технологии, многие возникшее позже технологии уже вышли из употребления. Однако технология Ethernet оказалась весьма успешной и, претерпев существенное развитие, активно используется в современных сетях, причем не только в локальных, как это было вначале, но и в широкомасштабных сетях общего пользования. Такой вариант её использования, естественно, имеет свои особенности и носит название Ethernet операторского класса (Carrier Ethernet). Знания в этой области нужны специалистам различных организаций и предприятий отрасли связи: проектировщикам, разработчикам аппаратных и программных средств, эксплуатационному персоналу.

Кроме того, изучение эволюции технологии Ethernet может дать немало характерных поучительных примеров, весьма полезных при изучении общих принципов и тенденций развития современных телекоммуникаций. Это касается, в частности, вопросов обеспечения качества обслуживания и надёжности, преемственности и совместимости между собой различных коммуникационных технологий и др.

Различные аспекты применения Ethernet в локальных сетях достаточно хорошо рассмотрены во многих публикациях, в частности в учебных пособиях [1–3]. Что же касается применения Ethernet в сетях общего пользования, то тут ситуация с учебной литературой гораздо хуже. Этот материал имеется в [1, 2], однако соответствующие разделы там достаточно краткие и неполные, они не отражают современную картину

в этой области. Настоящее пособие призвано восполнить этот пробел. Оно написано на основе материалов лекций, в течение многих лет читавшихся автором для студентов МТУСИ и слушателей учебных центров повышения квалификации, а также предшествующих публикаций автора по этой тематике [8–11, 14].

При изложении материала внимание уделяется не только техническим подробностям, но и концептуальным положениям, общим принципам и тенденциям, развитию идей. По мнению автора, такой подход будет полезен для учащихся, которым предстоит жить и работать в постоянно и быстро меняющемся мире. Конкретные технические детали могут меняться, в то время как общие принципы и тенденции более стабильны, их знание облегчает прогнозирование, понимание и принятие новшеств.

Большое значение для профессионалов в сфере информационных и коммуникационных технологий имеет знание стандартов и умение пользоваться ими в своей работе. Поэтому по ходу изложения всех тем указываются соответствующие стандарты и характеризуются международные организации (МСЭ-Т, ИСО, МЭК, IEEE, МЕФ, IETF), которые их разрабатывают. Указываются также и отечественные нормативные документы. Любопытным читателям, желающим углубить свои знания и узнать подробности, не приведённые в учебных пособиях, можно порекомендовать обращаться не только к литературе, указанной в конце данного пособия, но и к первоисточникам, т. е. к этим стандартам и документам.

Для удобства читателей с целью минимизации необходимости обращения к другим публикациям в пособии описаны базовые принципы технологии Ethernet, а также приведена другая информация, необходимая для правильного и полного понимания излагаемого материала.

В разделе 1 описана эволюция технологии Ethernet и её основные принципы, указаны базовые стандарты, действующие в этой области. Этот раздел закладывает основу для изложения всего дальнейшего материала.

Раздел 2 посвящён применению Ethernet в сетях доступа. Это так называемый Ethernet на первой миле. Описаны

основные технические решения в этой области, в которых используются медные пары и оптическое волокно. Рассмотрены возможные при этом архитектуры «волокно до...» (FTTx). Особое внимание уделено пассивным оптическим сетям на основе Ethernet.

В разделе 3 раскрыта суть понятия Carrier Ethernet. Определяются услуги и виртуальные соединения в соответствующих сетях, параметры профиля полосы пропускания, рассмотрены вопросы взаимодействия с другими транспортными сетями (SDH и OTN).

Последующие разделы посвящены нескольким важным аспектам сетей Carrier Ethernet. В разделе 4 рассмотрены вопросы обеспечения качества обслуживания (QoS) в них. Описаны такие механизмы, как маркировка кадров и регулирование трафика, использование приоритетов для организации очередей и диспетчеризации трафика. Также определяются основные параметры, используемые для оценки QoS в сетях Ethernet.

В разделе 5 рассмотрены методы обеспечения отказоустойчивости сетей Ethernet. Описаны как протоколы покрывающих деревьев (STP, RSTP, MSTP), так и методы защиты, обеспечивающие быстрое переключение на резерв и восстановление пропуска трафика при отказах.

Раздел 6 рассматривает реализацию различных аспектов управления в сетях Ethernet. При этом описаны не только функции эксплуатации, администрирования и технического обслуживания (OAM), но и более новые разработки Форума MEF по управлению жизненным циклом услуг.

Раздел 7 посвящен сетевой синхронизации. Охвачены все три вида синхронизации: частотная, фазовая и временная. Объясняется необходимость этих видов синхронизации и их взаимосвязи. Основное внимание уделяется применению синхронного Ethernet и протокола точного времени PTP (по стандарту IEEE 1588).

В конце каждого раздела приведены контрольные вопросы, позволяющие проверить, насколько понят и усвоен материал.

Список литературы разделён на четыре части. В первой указаны основные учебные пособия для вузов, которые можно использовать для более подробного изучения некоторых деталей технологии Ethernet (метода CSMA/CD, принципов работы коммутаторов, протоколов покрывающих деревья и др.). Дополнительные учебные пособия во второй части списка позволяют получить более полную информацию об управлении сетями, в частности концепции TMN, и о сетевой синхронизации. В третьей части приводятся книги, которые не предназначены специально для студентов, однако их также можно рекомендовать любознательным читателям. Они позволяют получить более общую картину тенденций, характерных для современных телекоммуникаций. Наконец, в последней части даны журнальные статьи, посвященные более узким и частным вопросам.

Приложения посвящены стандартам. В приложении 1 объясняется система обозначений действующих в Российской Федерации стандартов, что полезно для их правильного понимания. В приложении 2 приведён список нормативных документов Форума MEF по Carrier Ethernet. В приложении 3 — список Рекомендаций МСЭ-Т в этой области.