

ВОЗМОЖНЫЕ ПОДХОДЫ К ПОВЫШЕНИЮ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМЫ «ОВЧ ЛПД РЕЖИМА 4»

© 2016 г. А.Н. ФАДЕЕВ, В.Г. ОРЛОВ

Московский технический университет связи и информатики

Наше время характеризуется постоянно возрастающим количеством летательных аппаратов, включая беспилотные. Концепция развития систем управления воздушным движением (*air-traffic management ATM*), принятая в 1991 году, подразумевает использование цифровых систем передачи данных для обеспечения требуемого уровня эффективности, пропускной способности и гибкости аэронавигационной системы. Исторически сложилось так, что речевая коммуникация для управления воздушным движением является традиционным видом связи, использующимся до настоящего времени. Для неё характерны очевидные ограничения, обусловленные отсутствием возможности обмена цифровыми данными, что необходимо для эффективного функционирования современных автоматизированных систем управления. Программой «Внедрение средств вещательного автоматического зависимого наблюдения (2011 – 2020 гг.)», утвержденной Минтрансом РФ [1] предусматривается реализации в Российской Федерации систем АЗН-В (*ADS-B*). Перспективная система *VDL mode 4*, включённая в данную программу позволит устранить упомянутые ограничения, однако её использование связано с проблемой ресурса пропускной способности, являющейся ключевым фактором при передаче речевых сообщений.

Система *VDL mode 4* работает в диапазоне 108 – 136,975 МГц при выделенной полосе одного частотного канала 25 КГц и, таким образом в системе доступно 1159 каналов. Скорость передачи данных - 19,2 кБит/с. Доступ к среде передачи организуется посредством *STDMA* (самоорганизующегося доступа с разделением по времени) [2, часть 1, стр. 36]. Таким образом, в течение одной минуты организуется 4500 временных слотов и, следовательно - 75 слотов в каждой секунде.

В стандарте *VDL mode 4* [3] описаны физический, *MAC*, *VSS*, *DLS* и *LME* подуровни, представленные на рис. 1, и выполняющие следующие функции:

- Подуровень управления доступом к среде (*MAC*): предоставляет доступ к физическому подуровню посредством временного разделения каналов, обеспечивает временную синхронизацию и обнаружение ошибок.
- Подуровень *VSS* (*VDL mode 4 Specific Services*): производит контроль доступа к каналу посредством самоорганизующегося процесса резервирования и обновления таблицы резервирования; ограниченно поддерживает приложения, использующие широковещательные соединения или соединения типа точка-точка.
- Подуровень *DLS* (*Data Link Services*) предоставляет возможность обмена данными для организации соединений. В зависимости от того, какой тип связи будет применяться, *DLS* обеспечивает использование либо протокола *NSCOP* (*negotiated setup connection orientated protocol*), либо протокола *ZOCOP* (*zero overhead connection orientated protocol*). Причём *NSCOP* применяется для организации связи «земля-воздух», тогда как *ZOCOP* - для «воздух-воздух».
- Подуровень *LME* (*Link Management Entity*) обеспечивает установление соединения между приложениями подуровня *DLS* и поддержку широковещательных соединений. Так же на подуровне *LME* хранится таблица соседних узлов, содержа-

ние которой обновляется по информации из пакетов, периодически рассылаемых всеми участниками сети.

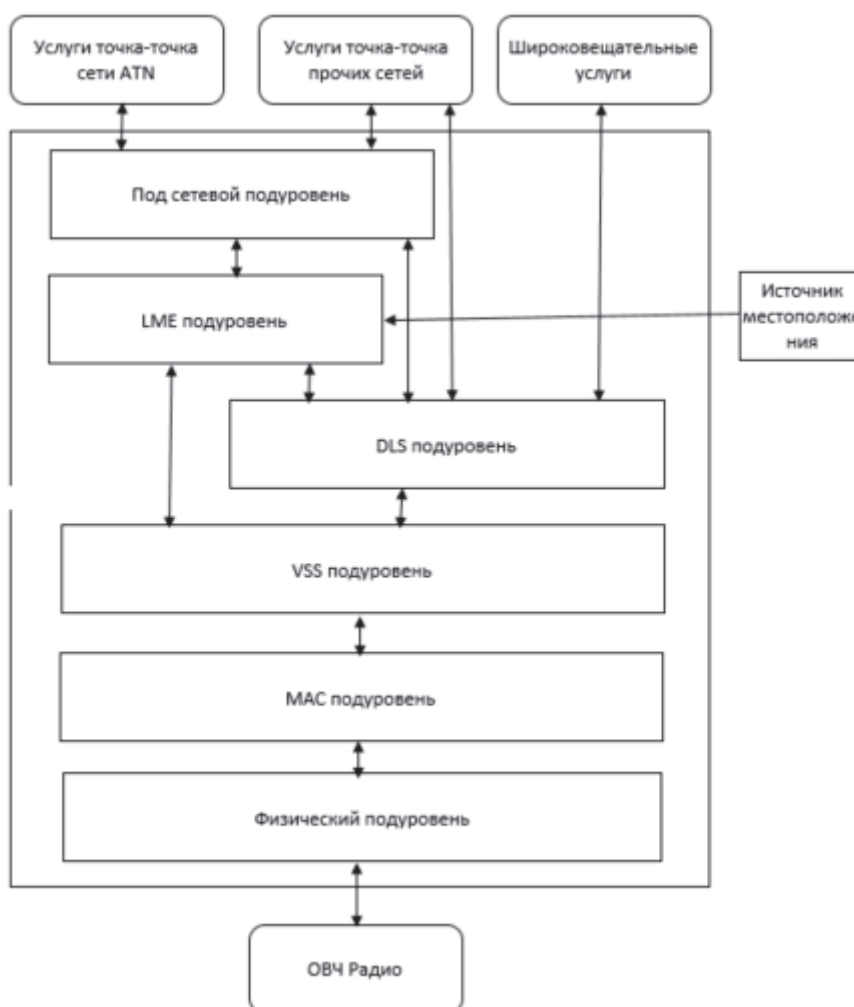


Рис. 1. Подуровни в системе *VDL mode 4*.

С использованием приведённых подуровней поддерживается адресация, синхронизация, передача пользовательских данных, подтверждение приема и передачи.

Транспондер в системе *VDL mode 4* содержит несколько приемников и один переключаемый передатчик. Общее их количество не фиксировано, однако должно быть достаточным для удовлетворения требований к системам АЗН-В и поддержки дополнительных функций. Минимальная конфигурация транспондера для поддержки АЗН-В должна содержать один передатчик и два приемника (рис. 2), и, в зависимости от загрузки сети, может обеспечивать реализацию дополнительных функций. При этом два приемника необходимы для одновременной работы на локальном и глобальном сигнальных каналах [2, часть 1, стр. 136]. В качестве рекомендуемой конфигурации транспондера в стандарте *VDL mode 4* предлагается использовать 4 приемника и один передатчик.

С учётом изложенного для повышения пропускной способности системы могут быть применены следующие подходы:

- *Использовать выделенные частотные каналы*, при этом транспондер будет принимать/передать речевую информацию в отдельном канале со стандартными возможностями *VDL mode 4*. В этом случае будут обеспечены основные преимущества *VDL mode 4*: подтверждение приема сообщений, резервирование передачи и т.д. Однако, как установлено проведёнными экспериментальными исследованиями, пропускная способность канала будет занята двумя узлами, а в

условиях ограниченного частотного ресурса организовать для каждой пары узлов отдельный частотный канал не представляется возможным. Помимо этого, регламент стандартных процедур входа в сеть предполагает прослушивание канала в течение минуты, что недопустимо при передаче речевой информации.

- **Применить псевдслучайный доступ в ограниченном числе каналов.** К примеру, если использовать 75 заранее определенных каналов для передачи данных и организовать переключение по каналам по заранее известному алгоритму, то это значительно увеличит емкость сети. Это обусловлено тем, что в зависимости от загруженности сети эти каналы могут быть часть времени свободны и их смогут воспользоваться другие участники сети, внося поправки в свои таблицы резервирования на основании известного им алгоритма выбора слотов.

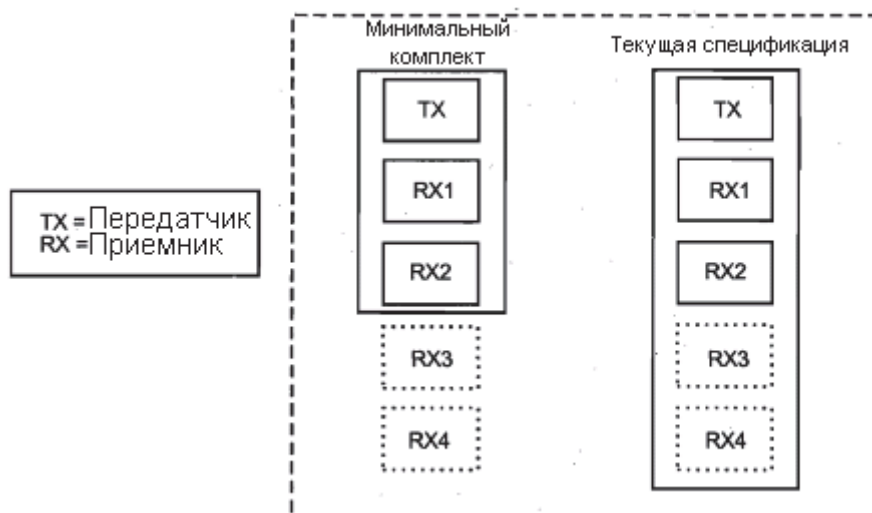


Рис. 2. Оснащение приемниками и передатчиками транспондера *VDL режима 4*.

Предложенный подход позволяет значительно увеличить емкость сети, не изменяя конфигурации транспондера и затрагивая лишь алгоритмы обработки сообщений на *MAC* подуровне. Для практической реализации данного подхода, обеспечивающего повышение пропускной способности системы *VDL mode 4* требуется:

- определить необходимое число каналов и длину передаваемых сообщений, достаточное для организации голосовой связи в сети в зависимости от её загруженности;
- разработать алгоритм выбора временных слотов в дополнительно выделенных частотных каналах, с учётом минимизации нагрузки на эти каналы и обеспечения возможности работы других транспондеров.
- выбрать способ подтверждения факта приема в зависимости от длины сообщений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Программа «Внедрение средств вещательного автоматического зависящего наблюдения в Российской Федерации (2011–2020 годы)», утверждена Минтрансом РФ в 2011 году. – М., 2011. – 179 с.
2. Manual on VHF Digital Link (VDL) Mode 4 – ICAO Doc 9816 AN/448, First Edition – 2004
3. Документ ETSI EN 301 842-2 V1.7.1 (2015-04), VHF air-ground Digital Link (VDL) Mode 4 radio equipment; Technical characteristics and methods of measurement for ground-based equipment; Part 2: General description and data link layer.