

**ОЦЕНКА ЧИСЛА ВЫНУЖДЕННЫХ ПОТЕРЬ ЦИКЛОВОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ
В УСЛОВИЯХ ЭМУЛЯЦИИ КАНАЛОВ В СЕТИ MOBILE BACKHAUL**

**ОЦІНКА ЧИСЛА ВИМУШЕНИХ ВТРАТ ЦИКЛОВОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ В УМОВАХ
ЕМУЛЯЦІЇ КАНАЛІВ У МЕРЕЖІ MOBILE BACKHAUL**

**ESTIMATION OF FRAME ALIGNMENT FORCED LOSSES IN MOBILE
BACKHAUL NETWORK UNDER THE CIRCUIT EMULATION CONDITIONS**

Аннотация. В статье проводится оценка числа вынужденных потерь цикловой синхронизации при эмуляции каналов в сети mobile backhaul. Для определения числа вынужденных потерь циклового синхронизма используется модель описания состояний устройства цикловой синхронизации.

Анотація. У статті проводиться оцінка числа вимушених втрат циклової синхронізації при емуляції каналів у мережі mobile backhaul. Для визначення числа вимушених втрат циклового синхронізму використовується модель опису станів пристрою циклової синхронізації.

Summary. The article contains a method for frame alignment forced losses estimations under circuit emulation conditions in a mobile backhaul network. A model describing states of frame aligner is used in the given article to estimate the averaged quantity of forced losses.

Конвергенция и развитие сетей связи ставит новые задачи, связанные с обеспечением корректного взаимодействия между разными сегментами сети, в том числе и в аспекте синхронизации. Задачи такого класса относятся к глобальной проблеме взаимодействия сетей, построенных на базе различных технологий и, в частности, передачи синхронных транспортных потоков через асинхронные сети.

Особенно актуальны задачи данного класса для сетей уровня распределения и агрегации (mobile backhaul) операторов мобильной связи. Внедрение пакетного транспорта в сетях mobile backhaul (MB) позволяет интегрировать сети радиодоступа, относящиеся к разным технологическим поколениям, но требует решения задачи распространения синхросигналов по пакетной сети. В частности, необходимо обеспечить цикловую синхронизацию для TDM потока. Для этого можно использовать технологию эмуляции каналов (CES).

Особенности конфигурации, а также варианты применения эмуляции каналов в сети MB описаны в документе MEF 22.1 [1]. Механизмы эмуляции каналов для городских сетей раскрыты в технической спецификации MEF 3 [2]. Вопросы распределения сигналов синхронизации в пакетных сетях регламентируются Рекомендациями ITU-T G.8261 [3] и G.8265 [4], в зависимости от технологического базиса сети. Из литературы [5] известна модель описания состояний устройства цикловой синхронизации, которая основана на применении цепей Маркова.

Однако, актуальной остается задача описания состояний и расчета основных рабочих характеристик устройства цикловой синхронизации в условиях эмуляции каналов в сети MB.

Целью статьи является оценка числа вынужденных потерь цикловой синхронизации в условиях эмуляции каналов в сети mobile backhaul. Требуется актуализация существующих моделей описания состояний устройств цикловой синхронизации, с учетом специфики пакетного транспорта.

Помимо вероятности появления ошибки в синхрослове, необходимо учитывать, что кадры Ethernet, которые содержат циклы TDM-потока, могут быть потеряны и/или прийти с задержкой, что вызовет серии ошибочных битов в восстановленном TDM-потоке. Модель описания состояний устройства цикловой синхронизации должна учитывать эту специфику.

Известная модель [5] (рис. 1), которая основана на применении цепей Маркова, позволяет определить среднее число вынужденных потерь синхронизма, среднее значение и дисперсию времени возврата синхронизма, вероятность ложной синхронизации.

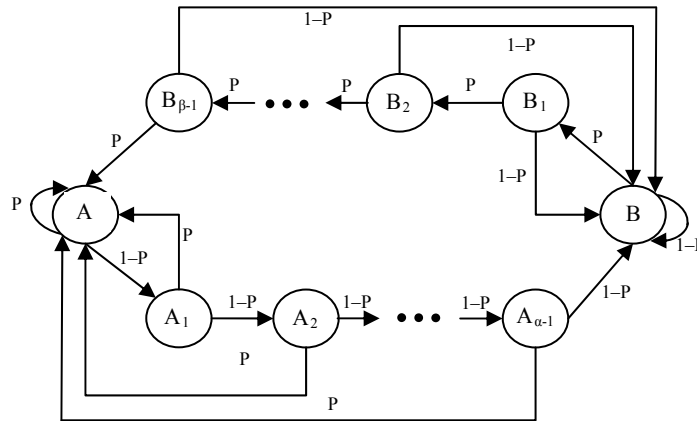


Рисунок 1 – Модель описания состояний устройства цикловой синхронизации

Вершина А соответствует состоянию синхронизма, а вершина В соответствует состоянию потерянного синхронизма. Ошибка при распознавании синхрослова переводит (с вероятностью $1-P$) систему в состояния $A_1, A_2, \dots, A_{\alpha-1}$ до тех пор, пока синхронизм не будет потерян (достигнута вершина В). Из состояния потерянного синхронизма (вершина В), при правильном распознавании синхрослова, система переходит в состояния $B_1, B_2, \dots, B_{\beta-1}$, возвращая синхронизм. Значения α и β соответствуют емкостям накопителей по входу и выходу из синхронизма, и определены Рекомендацией ITU-T G.706 [6].

Вероятность правильного распознавания синхрослова вычисляется в [5], как $p_1 = (1 - \varepsilon)^{\alpha}$.

В случае упаковки циклов TDM потока в кадр Ethernet, при неструктурированном методе эмуляции каналов, формула вероятности правильного распознавания синхрослова примет вид:

$$p_1 = (1 - \varepsilon)^{\alpha} \times (1 - p_{plr}), \quad (1)$$

где ε – коэффициент ошибок в TDM потоке; α – количество бит в синхрослове; p_{plr} – вероятность потери кадра Ethernet.

Формула вычисления среднего числа вынужденных потерь имеет вид [5]:

$$f_{fl} = \frac{f_0}{L} \times \frac{p_1(1 - p_1)^{\alpha}}{1 - (1 - p_1)^{\alpha}}, \quad (2)$$

где f_0 – номинальная скорость TDM потока; L – длина цикла, выраженная в битах; α – емкость накопителя по выходу из синхронизации.

С учетом выражения (1), формула вычисления среднего числа вынужденных потерь (2) примет следующий вид:

$$f_{fl} = \frac{f_0}{L} \times \frac{\left((1 - \varepsilon)^{\alpha} \times (1 - p_{plr}) \right) \times \left(1 - \left((1 - \varepsilon)^{\alpha} \times (1 - p_{plr}) \right) \right)^{\alpha}}{1 - \left(1 - \left((1 - \varepsilon)^{\alpha} \times (1 - p_{plr}) \right) \right)^{\alpha}}. \quad (3)$$

Можно задать значение p_{plr} , руководствуясь Рекомендацией ITU-T G.826 [7], следующим образом:

$$p_{plr} = \frac{ESR \times 0,175 \times n_c \times L}{f_0}, \quad (4)$$

где ESR – частота появления секундных интервалов, в которых наблюдается одна и более битовая ошибка; n_c – количество циклов TDM-потока, которые упаковываются в один кадр Ethernet.

В формуле (4) учитывается 17,5% от ESR согласно Рекомендации ITU-T G.826 [7], а n_c можно принять равным 8 для обеспечения размера блока в 2048 бит, который указан в [7].

Результаты расчетов числа вынужденных потерь цикловой синхронизации, на примере одного тракта E1, приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Число вынужденных потерь синхронизма

Параметр	TDM-поток	Эмуляция канала	Отношение
Число вынужденных потерь синхронизма	$2,744 \times 10^{-12}$	$2,195 \times 10^{-11}$	7,999

Как видно из табл. 1, использование технологии эмуляции каналов в сети МВ влияет на характеристики работы устройства цикловой синхронизации, но при качественной передаче трафика по пакетной сети это влияние незначительно.

В табл. 1 показано, что применение эмуляции каналов в сети МВ способно влиять на работу устройства цикловой синхронизации. Так, число вынужденных потерь цикловой синхронизации выросло почти в восемь раз. В тоже время, полученные значения числа вынужденных потерь синхронизма близки к нулю, что позволяет сделать вывод о том, что при работе сети с параметрами, определенными международными рекомендациями, неструктурированный метод эмуляции каналов в сети МВ не вызывает серьезных проблем в работе оборудования цикловой синхронизации.

Вместе с тем, пакетный характер транспорта в сети МВ является дополнительным фактором риска (для работы устройств цикловой синхронизации) при отклонении параметров работы пакетной сети от регламентированных значений в режиме неструктурированной эмуляции каналов.

В статье предложено усовершенствование известной модели [5] описания состояний устройства цикловой синхронизации, для дальнейшего ее применения в условиях эмуляции каналов в сети МВ. С помощью предложенных формул (1), (3) выполнена оценка числа вынужденных потерь цикловой синхронизации в условиях эмуляции каналов в сети mobile backhaul.

Литература

1. MEF 22.1 Mobile Backhaul Implementation Agreement – Phase 2. – Los Angeles: The Metro Ethernet Forum, 2012. – 88 с.
2. MEF 3 Circuit Emulation Service Definitions, Framework and Requirements in Metro Ethernet Networks . – Los Angeles: The Metro Ethernet Forum, 2004. – 65 с.
3. ITU-T G.8261/Y.1361, Timing and Synchronization aspects in Packet Networks, April 2008. – 112 с.
4. ITU-T G.8265/Y.1365, Architecture and requirements for packet-based frequency delivery, October 2010. – 20 с.
5. *Bregni S.* Synchronization of digital telecommunications networks. – West Sussex: John Wiley & Sons, Ltd, 2002. – 395 с.
6. ITU-T Recommendation G.706 Frame Alignment and Cyclic Redundancy Check (CRC) Procedures Relating to Basic Frame Structures Defined in Recommendation G.704. – Geneva, April 1991. – 18 с.
7. ITU-T Recommendation G.826 Error performance parameters and objectives for international, constant bit rate digital paths at or above the primary rate. Geneva. February, 1999. – 34 с.