

АНАЛИЗ ПОТОКА ПРОСКАЛЬЗЫВАНИЯ В ПЛЕЗИОХРОННОМ СОЕДИНЕНИИ

¹Бирюков Н.Л., ¹Триска Н.Р., ²Худынец Н.Н.

¹Институт телекоммуникационных систем КПИ им. Игоря Сикорского,

²Госспецсвязи Украины

E-mail: nlbir2@ukr.net, ntriska@ukr.net

The slip analysis in the plesiochronous connection

The analysis of slip features in plesiochronous connection using the probabilistic approach is performed. The application of this approach to the reference model of the plesiochronous international connection (according to ITU-T G.822) is presented.

Традиционные методы оценивания среднего интервала времени между проскальзыванием используют максимально возможное отклонение частот фиксации данных (записи и считывания) на регистрирующем устройстве [1, 2]. При этом экстремальном подходе предполагается, что одно значение частоты находится на одном конце диапазона допустимых отклонений от номинального значения f_0 , например, f_{\max} , а другая частота – на противоположном конце диапазона, т.е. f_{\min} (рис. 1). То есть разница равна $2\Delta f$, а в нормированном представлении заданной точности $y_0 = \pm\Delta f/f_0$ разница равна $2y_0$. Пример такого оценивания представлен в Рекомендации МСЭ-Т G.822 применительно к международному соединению в плезиохронной сети [3].

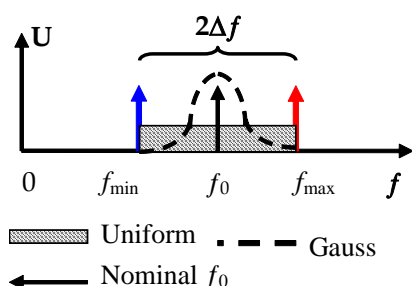


Рис. 1. Диапазон частот при заданном допуске $\pm\Delta f$.

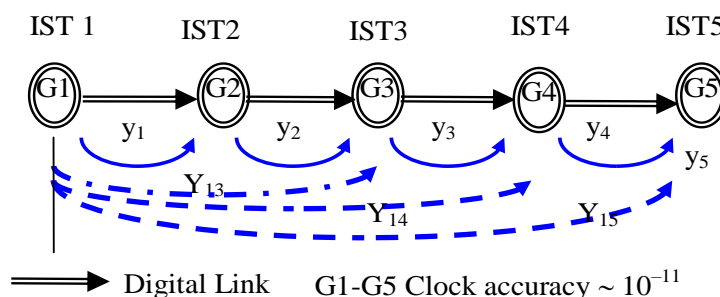


Рис. 2. Фрагмент международной части гипотетической эталонной модели международного соединения стандартного цифрового канала.

В развитие методов оценивания периодов проскальзывания, в работах [4, 5] была рассмотрена возможность случайного распределения частоты в пределах допустимого диапазона отклонений и, как следствие, случайная величина разности частот двух источников частоты. Были получены аналитические выражения разности частот при нормальном и равномерном распределениях, подтвержденные результатами статистического моделирования. При этом рассматривалась абсолютная величина разности частот на одном участке (2 независимых генератора). При моделировании предполагалось, что математическое ожидание обоих распределений равно f_0 , а

граничные значения при равномерном распределении равны f_{\min} и f_{\max} , а при нормальном распределении граничные значения f_{\min} и f_{\max} соответствуют $\pm 3\sigma$.

На следующем этапе рассматривалась модель, в которой последовательно соединены несколько участков [6]. За основу принята модель международного соединения из 5 центров коммутации (IST) G.822 (рис. 2). Оценивание проводилось, как и в предыдущем случае, по абсолютной величине расхождения частот на каждом участке с последующим суммированием абсолютных расхождений.

В данной работе в качестве рабочей гипотезы учтено то, что знак отклонения частоты может совпадать или отличаться, что в последовательном соединении может приводить к снижению вероятности проскальзывания и увеличению временного интервала между проскальзыванием. Если знак совпадает, то расстояние между частотами δ не превышает половину допустимого диапазона $\delta \leq \Delta f$, при различных знаках отклонения частот в соединении набеги фазы также имеют противоположные знаки и компенсируют друг друга.

С целью исследования закономерности накопления проскальзывания в соединении при моделировании были изменены правила сравнения выборочных значений частот. Сравнивались не абсолютные, а действительные значения выборочных частот на каждом участке (Digital Link, рис. 2) между последовательно соединенными узлами. В каждом цикле моделирования последовательно имитировалось сквозное прохождение соединения от 1 до 5 узла, а затем цикл повторялся. Последовательность сравнений показана на рис. 2. Как и в [6], моделировались нормально (ND) и равномерно (UD) распределенные на интервале $[f_{\min}, f_{\max}]$ отклонения от номинального значения частоты f_0 с нулевым средним¹. Результаты расчета интервалов времени между проскальзыванием в зависимости от числа участков представлены на рис. 3. Для нормального распределения интервал проскальзывания рассчитывался по двум показателям: по $\pm 3\sigma$ (обозначения 3std или ss) и по размаху выборки (обозначения “p2p”). Результаты сквозного моделирования на графиках обозначены как “Prog.”, а по участкам – как “Loc.”.

Кроме этого, данный подход был применен к “экстремальным” положениям частот на границах допуска. При оценивании времени между проскальзыванием в последовательном соединении была учтена возможность случайного чередования крайних положений. Например, если на одном участке вероятность того, что частоты находятся на противоположных краях диапазона, равна вероятности того, что частоты совпадают и составляет $\rho = 0,5$, то при последовательном прохождении участков вероятность совпадения частот, хотя бы на одном участке возрастает. Другими словами, вероятность нарушения в строгой последовательности чередования граничных значений $-1,+1, -1,+1, \dots, -1,+1$ и появления хотя бы 2 последовательных одинаковых знаков $-1, -1$ или $+1,+1$ возрастает. Например, при 4 испытаниях (5 IST) вероятность такого

¹ Для нормального распределения граничные значения текущих частот приняты равными $\pm 3\sigma$.

события $\approx 0,94$, а среднее значение числа испытаний между такими событиями равно 2. Следовательно, даже при экстремальном оценивании в эталонном соединении G.822 из 5 IST можно учитывать только 2 крайних случая. Причем, как и следовало ожидать, моделирование показало, что корреляция потоков на последовательных участках составляет $\approx 0,5$. Результаты моделирования данного случая представлены на графике (рис. 3) с обозначением “*Extrem.*”

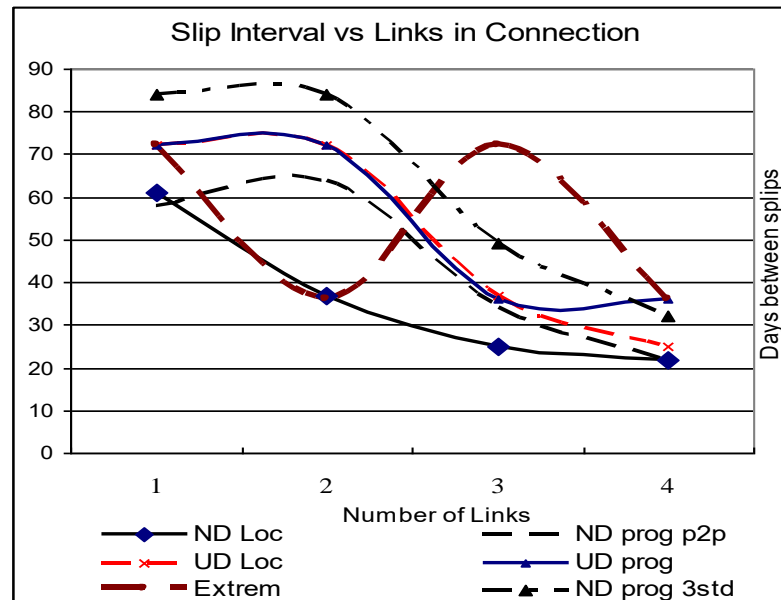


Рис. 3. Результаты расчета интервалов времени между проскальзыванием в зависимости от числа участков в плезиохронном соединении.

Приведенное моделирование подтверждает данный тезис. Кроме этого, 1) при чередовании знаков разности на последовательно соединенных участках, набеги фазы также имеют противоположные знаки и компенсируют друг друга; 2) если длительность сеанса связи T_c меньше длительности интервала проскальзывания T_{sl} , то это снижает вероятность проскальзывания пропорционально отношению T_c/T_{sl} .

Литература

1. Бірюков М.Л., Стеклов В.К., Костік Б.Я. Транспортні мережі телекомунікацій: Системи мультиплексування: Підручник для студентів вищ. техн. закладів К., Техніка, 2005.– 312 с.
2. Гуров В.С., Емельянов Г.А., Етрухин Н.Н., Базилевич Е.В. Основы передачи данных по проводным каналам связи: М.: Связь, 1964 – 312 с., ил.
3. ITU –T Recommendation G.822 (1980) Controlled slip rate objectives on an International digital connection.
4. Бірюков Н.Л., Триска Н.Р. Вероятностный анализ передачи информации в плезиохронной сети. – Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали четвертої міжнар. наук.-пр. конф. м. Одеса 30-31 жовт. 2014 р. – Ч.1. – Одеса: ОНАЗ, 2014. – 180 с. – С. 115-119.
5. Бірюков Н.Л., Триска Н.Р. Анализ проскальзывания в плезиохронной сети. T-Comm: Телекоммуникации и транспорт, 2016. – Том 10, №2. – С. 19-24.
6. Бірюков Н.Л., Триска Н.Р. Анализ частоты проскальзывания в плезиохронном соединении. Інфокомунікації – сучасність та майбутнє: матеріали VIII міжнар. наук.-пр. конф. м. Одеса 14-16 лист. 2018 р.: в 4 ч. Ч.4. – Одеса: ОНАЗ, 2018. – 180 с. – С. 27 –29.