

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации Эл №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

*Юрченко Е.В. Протокол PSync синхронизации времени на основе видимого света для интернета вещей (IoT) // Материалы по итогам VI –ой Всероссийской научно-практической конференции «Актуальные вопросы современности: взгляд молодых исследователей», 10 – 20 мая 2018 г. – 0,2 п. л. – URL: [http://akademnova.ru/publications\\_on\\_the\\_results\\_of\\_the\\_conferences](http://akademnova.ru/publications_on_the_results_of_the_conferences)*

### **СЕКЦИЯ: ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

**Е.В. Юрченко**

студент 2-го курса аспирантуры

Уральский технический институт связи и информатики (филиал)

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет

телекоммуникаций и информатики» в г. Екатеринбурге

Научный руководитель: Будылдина Н.В., к.т.н., доцент

г.Екатеринбург, Свердловская область

Российская Федерация

## **ПРОТОКОЛ PSync СИНХРОНИЗАЦИИ ВРЕМЕНИ НА ОСНОВЕ ВИДИМОГО СВЕТА ДЛЯ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ (IoT)**

PSync - протокол синхронизации времени, основанный на видимом свете, который использует светодиодный источник света и обладает высокой энергоэффективностью для приемников.

С появлением Internet of Things (IoT) стали разрабатывать высокоэнергетические протоколы, подходящие для использования в локализованной или внутренней среде, например, внутри комнаты или транспортного средства. Синхронизация времени - это ключевая услуга, позволяющая многим устройствам координировать свои действия. Для того, чтобы обеспечить надежную эффективную совместную работу сервисов все устройства должны иметь согласованное представление о времени, для чего необходимо создавать эффективные и надежные сервисы совместной работы.

Как правило, протоколы синхронизации для беспроводных сетей основаны на том факте, что каждое беспроводное устройство получает данный пакет в (приблизительно) одном и том же промежутке времени. Таким образом, если какое-либо устройство отправляет пакет синхронизации, другие устройства, которые принимают пакет, могут синхронизироваться в момент приема пакета. Устройства с ограниченными параметрами может потреблять значительную часть энергии. Кроме того, при работе протокола синхронизации часто необходимо включить устройства на более долгий период, чем фактическая длительность передачи и приема пакетов, что приводит к более высокому потреблению энергии.

Основная идея PSync - протокола синхронизации времени на основе видимого света заключается в том, что импульсы света, производимые светоизлучающими диодами (светодиодами), дают очень эффективный механизм синхронизации соседних устройств, вследствие чего будет расти его энергоэффективность [1] и позволит уйти от высокого энергопотребления. Данные источники светодиодного света имеют относительно быстрое (наносекундное) время переключения и более просты в программировании.

В данном протоколе синхронизирующие источники света испускают конкретную двунаправленную двоичную последовательность Де Бройна [2] и имеет период  $2^v-2$ . Каждой из последовательностей соответствует заданное время  $\tau$  для которых светодиод включен, а каждый ноль соответствует состоянию выключения равной продолжительности. Общая продолжительность преамбулы Де Бройна равна  $T=\tau*(2^v-2)$ . За этим следует «безопасная зона» импульса 0 и, наконец, «конечная зона» 1 импульса с краем перехода, являющимся точкой синхронизации. Используемая

последовательность выбирается так, чтобы исключить две конкретные строки. Эти две строки - все нули, так как это естественные условия, когда свет всегда выключен и всегда включен соответственно. Удаление этих двух состояний уменьшает вероятность неправильного вывода устройства при нормальных изменениях условий освещения [3].

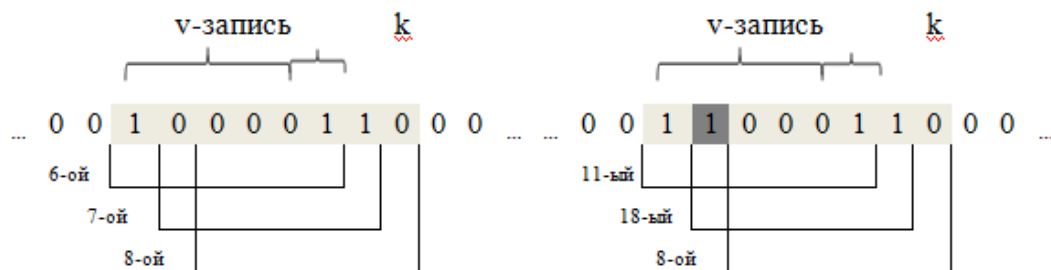


Рисунок 1- Простой алгоритм обнаружения ошибок с использованием  $k$  дополнительных выборок

Приемники пробуждаются периодически, по крайней мере один раз в каждом интервале, длина которого зависит от продолжительности преамбулы. Когда приемник пробуждается, он собирает  $s$  образцы для каждого из символов  $v$  испускаемой бинарной последовательности Де Бройна диапазона  $v$ . Образцы  $s \cdot v$  собираются с низкой частотой дискретизации, и они примерно представляют уникальную  $v$  - запись. Устройство декодирует свое положение в преамбуле, чтобы вывести однозначно, когда преамбула закончится.

После декодирования устройство неактивно для остальной части преамбулы и просыпается во время «безопасной зоны», после чего он выполняет активную выборку с максимально допустимой скоростью, чтобы точно определить точку синхронизации.

Обнаруженная  $v$  - запись подвержена ошибкам в шумной среде. Однократная ошибка в обнаружении преамбулы приведет к тому, что устройство перейдет в активный режим с неправильным интервалом и синхронизируется с неправильным краем. В этом случае устройство перейдет в активный режим, пока преамбула все еще передается, и не находится в «безопасной зоне».

Чтобы повысить надежность, применяется механизм обнаружения ошибок для проверки правильности измеренных образцов. Для двоичной последовательности Де Бройна вместо сбора образцов для  $v$  символов, мы собираем для символов образцы  $v + k$ , где  $k$  соответствует битам обнаружения ошибок. Эти образцы для  $k$  дополнительных символов дают нам всего  $k$  дополнительных кортежей последовательности Де Бройна. Если правильно сэмплировано, декодирование каждого из  $(v + k)$  –коррекции, в образцах  $v + k$  должно быть последовательным, как показано на рисунке 1, и мы можем правильно рассчитать время пробуждения. Значение  $k$  можно динамически корректировать в зависимости от того, насколько зашумлена среда передачи.

Вторая проблема заключается в том, что интервал ожидания и длина «безопасной зоны» должны учитывать максимальный дрейф часов в течение интервала преамбулы. Например, если максимальный дрейф часов составляет 20 частей на миллион, а длина преамбулы - 10 с, максимальный дрейф тактовой частоты - 200 мкс в любом случае. Таким образом, добавляется 400 мкс задержки, 200 мкс до интервала ожидания и 200 мкс для «безопасной зоны».

В данном протоколе в точке синхронизации, образцы устройств с максимально допустимой скоростью минимизируют ошибку синхронизации. Отбор проб при высоких скоростях вызывает взрыв данных, что делает невозможным хранение данных и автономную обработку. Для синхронизации в реальном времени в зашумленной среде передачи, чтобы обрабатывать этот приток данных, мы принимаем алгоритм обнаружения точки изменения сети (CUSUM) [6] с фильтром экспоненциально взвешенного скользящего среднего времени.

Для алгоритма обнаружения границ существует компромисс между MTD (среднее время до обнаружения) и FAR (уровень ложной тревоги). Поскольку цель заключается в минимизации ошибки синхронизации между устройствами.

Чтобы гарантировать, что ложные тревоги остаются на низком уровне в протоколе генерируется импульс в конечной зоне. При работе CUSUM для уменьшения MTD мы получаем несколько ложных краев вверх и вниз из-за шумов. Отметим все те восходящие и нисходящие кромки как недействительные, если они не удовлетворяют действительным критериям ширины импульса.

До сих пор PSync в основном оценивался в сценариях, где приемник может воспринимать свет непосредственно от источника света. Во многих развертываниях типичной светодиодной лампочки будет достаточно для синхронизации устройств внутри области, например, внутри комнаты. Поскольку синхронизация времени в контексте IoT относится к кластеру устройств в непосредственной близости, можно масштабировать охват через центральный элемент управления. Все светодиодные индикаторы во всех комнатах в доме или на одном этаже могут управляться централизованно

через один контроллер. Таким образом, синхронизация будет подобна сценарию множественных источников света. Одним интересным поведением световой синхронизации является отсутствие деструктивных помех, как в случае передачи пакетов. Вместо этого последний наблюдаемый переход будет рассматриваться как точка синхронизации.

Еще одна возможность расширить охват протокола PSync - это работа с несколькими источниками света разными способами. Таким образом подмножество устройств должно служить источником света. Однако все источники света должны находиться в пределах видимого диапазона и объединение их диапазонов охватывает всю интересующую область. Начиная с первого источника света вся информация о часах выводится потребителю. В PSync необходимо ввести две дополнительные функции. Во-первых, следующий цикл синхронизации начинается после фиксированной длительности исправления синхронизации предыдущего периода. Во-вторых, необходимо добавить информацию о времени сложения в битовую последовательность, чтобы можно было узнать смещение от источника. Естественно, ошибка будет возрастать по мере увеличения количества шагов.

#### **Список использованной литературы:**

- 1) S. Rajagopal, R.D. Roberts и S.-K. Lim, «IEEE 802.15.7 Связь видимого света: схемы модуляции и поддержка затемнения», IEEE Commun. Журнал, том. 50, вып. 3, с. 72-82, март 2012 г.
- 2) C. J. Mitchell, T. Etzion, K. G. Paterson, «Способ построения декодируемых последовательностей де Брейна», IEEE Trans. Inf. Теория, т. 42, вып. 5, с. 1472-1478, сентябрь 1996 г.

**Всероссийское СМИ**

**«Академия педагогических идей «НОВАЦИЯ»**

Свидетельство о регистрации ЭЛ №ФС 77-62011 от 05.06.2015 г.

(выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций)

Сайт: [akademnova.ru](http://akademnova.ru)

e-mail: [akademnova@mail.ru](mailto:akademnova@mail.ru)

3) J. Pages, J. Salvi и J. Forest, «Новая оптимизированная стратегия кодирования De Bruijn для структурированных световых моделей», в Proc. Int. Conf. Распознавание образов (ICPR), 2004, с. 284-287.

4) С. Шмид, Г. Корбеллини, С. Мангольд и Т. Р. Гросс, «Сети связи видимого света от светодиодов до светодиодов» в Proc. ACM Int. Symp. Мобильная сеть. Вычи. (MobiNoc), 2013 год.

5) Д. Л. Миллс, «Синхронизация времени в Интернете: протокол сетевого времени», IEEE Trans. Commun., Vol. 39, вып. 20, с. 1482-1493, октябрь 1991 г.

6) M. Basseville and I. V. Nikiforov, Detection of Abrupt Changes: Theory and Application. Upper Saddle River, NJ, USA: Prentice-Hall, 1993.

**Опубликовано: 19.05.2018 г.**

**© Академия педагогических идей «Новация», 2018**

**© Юрченко Е.В., 2018**