

По результатам работы можно сделать следующие выводы: методика исследования тригеминальных ВП позволяет провести интегрирующую оценку общего состояния проводящих систем тройничного нерва и оценить состояние слуховых стволовых ядер и состояние слухового нерва после МВД корешка тройничного нерва.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Crucci G.* Diagnostic accuracy of trigeminal reflex testing in trigeminal neuralgia / G.Crucci, A. Biasiotta, F. Galeotti, G.D. Iannetti, A. Truini, G. Gronseth – Chicago, 2006.
2. *Афанасьева Е.В.* Невралгия тройничного нерва: Монография. – Ростов-на-Дону: ГОУВПО РостГМУ Росздрава, 2008. – 192 с.
3. *Команцев В.Н.* Методические основы клинической электронейромиографии. – СПб., 2006. – 350 с.

Шведова Елена Андреевна

ГОУ ВПО «Ростовский государственный медицинский университет Росздрава».

E-mail: radiacia13@ya.ru.

г. Ростов-на-Дону, пер. Нахичеванский, 29.

Тел.: +79034355045.

Короткиева Наталья Георгиевна

E-mail: kng-as@yandex.ru.

Тел.: +79282793745.

Балязина Елена Викторовна

E-mail: eafanasieva@yandex.ru.

Shvedova Elena Andreyevna

Rostov State Medical University.

E-mail: radiacia13@ya.ru.

29, Nakhichevansky side street, Rostov-on-Don, Russia.

Phone: +79034355045.

Korotkiyeva Natalya Georgiyevna

E-mail: kng-as@yandex.ru.

Phone: +79282793745.

Balyazina Elena Viktorovna

E-mail: eafanasieva@yandex.ru.

УДК 681.518.3: 681.518.5

В.Я. Югай, Б.И. Хлабустин, А.Ф. Кононов

**СИНХРОНИЗАЦИЯ ДАННЫХ В МНОГОКАНАЛЬНОЙ
ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ
ЧЕЛОВЕКА**

Рассмотрены проблемы синхронизации в приложении к многоканальной распределенной информационно-измерительной системе, объединяющей комплекс приборов для регистрации разнородных физиологических параметров человека. Предложен вариант реализации многоканальной синхронной информационно-измерительной системы.

Измерительные информационные системы; синхронизация.

V.Ya. Yugai, B.I. Hlabustin, A.F. Kononov

MULTI-CHANNEL DATA SYNCHRONIZATION INFORMATION-MEASURING SYSTEM FOR THE STUDY OF HUMAN

This article contains information about the synchronization problem in the annex to the multi-channel distributed information-measuring system, unifying set of instruments for registration of disparate human physiological parameters. Variant of multi-channel synchronous information-measuring system is proposed.

Information and measurement systems; synchronization.

Современное общество, с одной стороны, ставит перед человеком сложные задачи, предъявляя к нему все более высокие требования (операторская деятельность, спорт высших достижений), с другой стороны – ухудшение состояния экосистемы человека приводит к необходимости коррекции сложных патологий. Для решения указанных проблем необходим комплексный подход к изучению человека, что приводит к усложнению методов исследования (диагностики), реабилитации и тренинга. Как следствие, возникает необходимость в создании многоканальных распределенных систем сбора биомедицинских данных для комплексной регистрации и анализа сигналов различной природы. Полученные данные взаимодополняют друг друга: силомоментные платформы позволяют оценивать динамические характеристики движений человека; видеонализ, акселерометры и гониометры – его кинематику; электроэнцефалография и электромиография – внутреннюю основу движений; дыхание и ритмограмма сердца – механические возмущения; регистрация внешних стимулов – скорость протекания процессов нервного возбуждения и торможения. В многоканальных системах частоты дискретизации регистрируемых сигналов могут отличаться в десять и более раз, а информационные потоки – еще больше. Наиболее полная информация о причинно-следственных связях может быть получена при комплексном анализе только синхронных данных, поэтому функции синхронизации потока данных в многоканальных системах приобретают большое значение.

Современные технические средства оперируют цифровыми данными, а преобразование сигналов в цифровой формат связано с дискретной временной шкалой, к которой отсчеты строго привязаны. Одной из важных характеристик измерительного устройства является частота дискретизации f , формируемая внутренним генератором прибора. Частота дискретизации определяет промежутки времени $T=1/f$, проходящие между моментами формирования отдельных отсчетов выходных величин.

Как уже указывалось, важным дополнительным требованием в многоканальной системе является синхронизация поступающих данных. Если не принимать специальных мер, то ошибки синхронизации отсчетов, поступающих по различным каналам, постоянно нарастают. Скорость нарастания ошибки, равную производной от мгновенной разности фаз квантователей, измерить затруднительно; ее можно только оценить, например, по разности количества отсчетов за единицу времени. Строго говоря, скорость нарастания разности фаз не является постоянной величиной и зависит от различных возмущений (температура, влажность, старение элементов и т.д.). Поэтому невозможно точно предсказать момент времени, когда фазовая ошибка превысит допустимую величину и совместный анализ данных от разных устройств становится некорректным. Таким образом, длительные многоканальные измерения, выполненные с помощью множества отдельных устройств, имеют смысл только в том случае, когда отдельные устройства находятся в режиме синхронизации, а сами измерения – синхронные.

Определим суть терминов, используемых в данной статье [1,2].

Синхронизация (от греч. $\sigma\upsilon\nu\chi\rho\acute{o}\nu\omicron\varsigma$ – одновременный) – процесс приведения к одному значению одного или нескольких параметров разных объектов.

Синхронизация колебаний (фазовая синхронизация) – процесс установления и поддержания режима колебаний двух и более связанных генераторов, при котором частоты этих генераторов совпадают или кратны друг другу:

$$mF=nf, \quad (1)$$

где m, n – целые числа;

F, f – частоты генераторов устройств.

Фаза колебаний – величина, которая пропорциональна доле периода колебаний и возрастает на 2π в течение одного цикла. Фаза однозначно определяет состояние периодического генератора; как и время, она параметризует сигнал внутри одного цикла. То есть фаза – это время, нормированное к периоду, деленному на 2π .

Понятие синхронизации применимо только к автоколебательным системам, которые самостоятельно генерируют колебания. Если имеются часы с множеством циферблатов, то понятие синхронизации к циферблатам неприменимо. Иными словами, синхронизация – это сложный динамический процесс, а не состояние. Известно, что фазовое возмущение генератора не возрастает и не убывает [2]. Поэтому фаза может быть подстроена внешним воздействием, и в результате генератор может быть синхронизирован. Подстройка фазы и частоты дискретизации внутри измерительных приборов за счет их взаимодействия и является сущностью синхронизации.

Существует два основных типа синхронизации колебаний: взаимный, при котором частота колебаний отличается от собственных частот колебаний каждого из генераторов, и принудительный (или захватывание частоты), при котором частота одного из генераторов (синхронизирующего) остаётся неизменной, а частота других подстраивается под неё. Для первого типа синхронизации характерно тесное взаимовлияние систем друг на друга, для второго же – одностороннее влияние синхронизирующего генератора на остальные генераторы и отсутствие обратной связи [1]. При создании распределенных систем съема данных наиболее просто использование второго типа синхронизации.

Разность фаз в установившемся режиме синхронизма ограничена, но не обязательно постоянна, она может флуктуировать вокруг некоторого значения, не превышая заданную величину отклонения. Это значит, что уравнение (1) выполняется «в среднем». Максимально допустимая величина ошибки определяется наиболее высокочастотным сигналом. Необходимо отметить, что даже в отдельном многоканальном устройстве, если применено мультиплексирование, имеются фазовые задержки между отсчетами каналов, так как обработка выполняется последовательно во времени. Таким образом, далее под синхронным съемом мы будем понимать такой процесс дискретизации, при котором разность фаз временных квантователей не превышает заданной величины ошибки.

С практической точки зрения задача синхронного съема разнородных данных может решаться двумя основными способами: построением универсального многоканального устройства, в котором реализованы все необходимые каналы, т.е. объединение каналов выполняется на уровне аналоговых сигналов, либо созданием открытой системы, обеспечивающей внешнюю синхронизацию и возможность объединения потоков данных от набора разнородных устройств. Также имеет смысл формирование общего для всех устройств сигнала тактового генератора. В этом случае можно говорить не о синхронизации, а о синхронном съеме.

Объединение только информационных потоков от различных устройств, например, с помощью шины USB, обеспечивает лишь одновременный прием дан-

ных, но не решает задачу синхронного съема, так как имеется нарастающий разбег фаз тактовых генераторов отдельных устройств. Для пользователя очевидны недостатки первого способа: универсальность ведет в одних случаях к недостаточности («нарастить» такую систему очень сложно, как и встроить её в другую систему), в других – к избыточности системы, а также невозможности использовать функциональные группы каналов по отдельности.

С точки зрения разработчика системы синхронной регистрации, первый подход в силу его детерминированности, с одной стороны, значительно проще, а с другой требует создания одним коллективом множества разноплановых функциональных узлов, что не всегда возможно. При реализации второго способа встает ряд серьезных проблем, основными причинами которых являются территориальная распределённость и определенная недетерминированность состава системы. Этот способ требует введения дополнительных линий синхронизации, которые бы позволяли передавать как низкочастотный сигнал дискретизации самого медленного устройства для фазовой привязки всех отсчетов, так и высокочастотный сигнал для подстройки тактовых генераторов, который сам может служить тактовым сигналом. Устройства, входящие в состав системы, должны иметь соответствующие аппаратно-программные средства, которые позволяют их объединить. Необходимость логического объединения устройств требует разработки специализированного протокола обмена данными и командами, наподобие протокола, существующего в промышленных системах. В ряде случаев необходимы устройства, выполняющие функции маршрутизаторов или концентраторов, тогда в систему могут быть объединены устройства различных производителей. Для систем медицинского назначения отсутствуют официальные стандарты и рекомендации по объединению разнородных устройств в единую систему, и каждый коллектив разработчиков вынужден каждый раз самостоятельно решать задачу сопряжения различных устройств.

На практике существует множество синхронных систем первого типа, например, выпускаемый в ЗАО «ОКБ «Ритм»», стабильноанализатор «Стабилан-01», обеспечивающий синхронный съём стабильнограмм, балистограммы, трех каналов тензометрии и четырех каналов электромиограмм, или системы, созданные на основе плат сбора данных и встраиваемые в персональный компьютер (ПК). Системы на основе плат сбора данных из-за своей универсальности требуют дополнительных входных преобразователей, выполняющих предварительную обработку сигнала, например усиление и фильтрацию, а также специфические преобразования, реализация которых в цифровом виде нецелесообразна. В то же время практически отсутствуют синхронные системы второго типа.

Рассмотрим пример построения многоканальной синхронной системы сбора данных с учётом вышеизложенных соображений. Эта система предназначена для многоканальной синхронной регистрации данных, поступающих в реальном масштабе времени, формирования базы данных для апостериорного анализа и отображения его результатов.

Основным автономным элементом системы является узел ввода-вывода, который содержит комплекс измерительных датчиков, средств первичного преобразования данных и интерфейсных средств их передачи. Узел ввода-вывода – автономный прибор, обеспечивающий измерение группы однотипных физиологических параметров человека. Алгоритмы управления аналого-цифровым преобразователем прибора должны обеспечивать синхронизацию с временной шкалой, формируемой внешним синхросигналом.

В информационно-измерительной системе функции регистрации, анализа и отображения целесообразно выполнять специализированным пакетом программного обеспечения (ПО) ПК, вычислительные ресурсы ПК под управлением стандартной

операционной системы семейства Window's обеспечивают выполнение всех необходимых функций, включая поддержку привычного интерактивного интерфейса. Так как каждый узел ввода-вывода обеспечивает формирование параллельного и независимого от других узлов потока данных для регистрации в системе, они являются автономными устройствами. Применение стандартного для ПК порта компьютерной сети Ethernet (10Base-T или 100Base-T) обеспечивает существенный запас по производительности системы ввода-вывода и простоту интеграции с его ПО [3]. Однако поддержка алгоритмов передачи данных компьютерной сети в узле ввода-вывода существенно повышает требования к его аппаратно-программным ресурсам. Для решения этой проблемы была предложена комбинированная структура с дополнительным коммуникационным модулем – концентратором (рис. 1). Этот модуль для ПК реализует порт Ethernet, а для узлов ввода-вывода – необходимое количество портов RS-485/422 с отдельными и независимыми кабельными сегментами.

Синхронизация всех каналов аналогово-цифрового преобразования производится синхросигналом концентратора, обеспечивающим формирование общей временной шкалы автономных узлов. Коммуникационная подсистема, включающая все сегменты интерфейса RS-485/422 с отдельными портами и сеть Ethernet, производит асинхронную передачу пакетов данных, содержащих результаты синхронного преобразования. Ее производительность должна обеспечивать передачу суммарного потока данных без задержек, приводящих к потере данных.

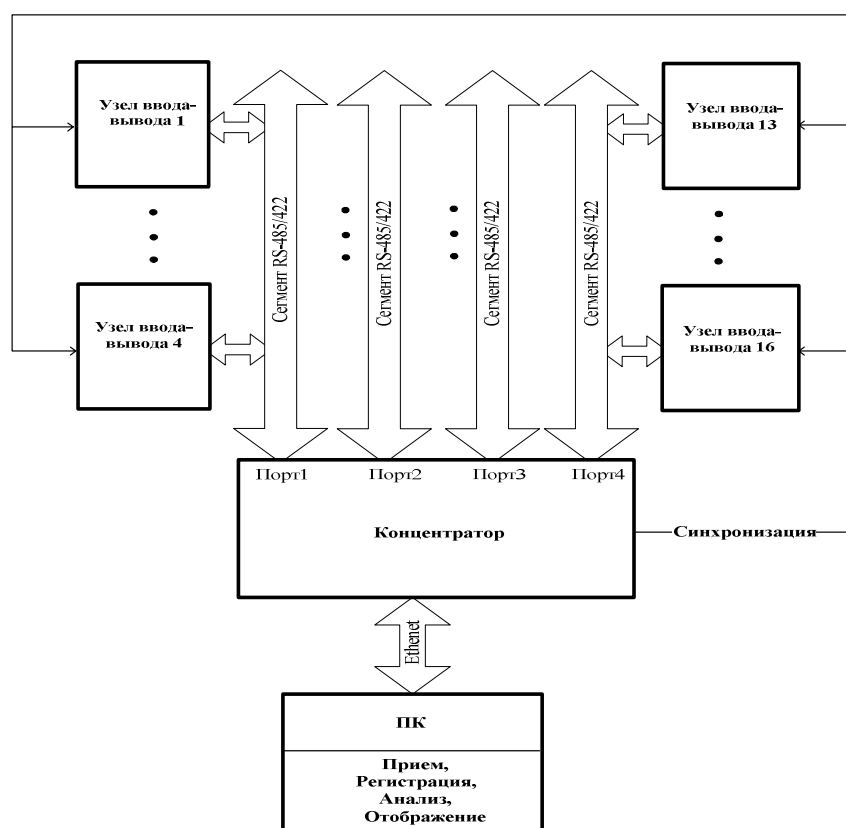


Рис. 1. Структура многоканальной информационно-измерительной системы

Таким образом, в многоканальной информационно-измерительной системе для синхронизации данных можно рекомендовать:

- ◆ применение внешней синхронизации, которая обеспечивает простоту реализации;
- ◆ коммуникационную подсистему на основе концентратора с преобразованием технологии передачи данных на двух уровнях и формированием синхросигнала для измерительных преобразователей.

Существенным дополнительным требованием к измерительным преобразователям является поддержка процедуры синхронизации.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Википедия [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://ru.wikipedia.org/>. Дата обращения: 28.04.2010.
2. Синхронизация. Фундаментальное нелинейное явление / А. Пиковский, М. Розенблюм, Ю. Куртс. – М.: Техносфера, 2003. – 496 с.
3. Передача данных в системах контроля и управления: практическое руководство / Дж. Парк, С. Маккей, Э. Райт; Пер. с англ. В.В. Савельева. – М.: ООО «Группа ИДТ», 2007. – 480 с.

Югай Владислав Яковлевич

Технологический институт федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: yugaivlad@pochta.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371689.

Хлабустин Борис Иванович

Закрытое акционерное общество «ОКБ «Ритм»».

E-mail: boris@ritm.infotecstt.ru.

347900, г. Таганрог, ул. Петровская, 99.

Тел.: 88634614016.

Кононов Антон Фёдорович

E-mail: anton@ritm.infotecstt.ru.

Yugai Vladislav Yakovlevich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: yugaivlad@pochta.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: +78634371689.

Hlabustin Boris Ivanovich

Joint Stock Company «ОКБ «Ритм»».

E-mail: boris@ritm.infotecstt.ru.

99, Petrovskaya street, Taganrog, 347900, Russia.

Phone: +78634614016.

Kononov Anton Fedorovich

E-mail: anton@ritm.infotecstt.ru.