

ПОДАВЛЕНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ АРТЕФАКТОВ В PPG-СИГНАЛЕ МИКРОКОНТРОЛЛЕРНОЙ СИСТЕМЫ

Рассматривается каскадная обработка PPG-сигнала в системе на базе NodeMCU ESP8266, MAX30102 и MPU-6050. Предлагается использовать полосовую фильтрацию, опорный сигнал движения и адаптивную NLMS-компенсацию.

Введение

Фотоплетизмографический сигнал удобен для оценки частоты сердечных сокращений и уровня насыщения крови кислородом, однако при движении он заметно искажается. Смещение пальца относительно датчика и поворот кисти создают артефакты, которые частично перекрываются с полезной пульсовой составляющей. Поэтому для системы на базе NodeMCU ESP8266, MAX30102 и MPU-6050 требуется не только фильтрация сигнала, но и использование внешней опоры движения.

1. Каскадное подавление двигательных артефактов

Наблюдаемый сигнал можно представить суммой

$$x_k = p_k + m_k + \xi_k. \quad (1)$$

где x_k – наблюдаемый PPG-сигнал, p_k – полезная пульсовая компонента, m_k – двигательный артефакт, ξ_k – шумовая составляющая. После подтверждения контакта из сигнала MAX30102 удаляется медленная составляющая, затем выделяется полоса 0.5–5 Гц. Такая предобработка уменьшает дрейф и высокочастотную помеху, но не устраняет влияние движения полностью [1].

Опорный сигнал формируется по данным MPU-6050 с учётом ускорений и угловых скоростей. Компенсация помехи выполняется адаптивным NLMS-фильтром малого порядка

$$y_k = \sum_{i=0}^{M-1} w_{i,k} u_{k-i}, \quad e_k = d_k - y_k, \quad (2)$$

где d_k – предобработанный PPG-сигнал, u_{k-i} – отсчёты опорного сигнала движения, $w_{i,k}$ – коэффициенты адаптивного фильтра, y_k – оценка двигательного артефакта, e_k – очищенный PPG-сигнал, M – порядок фильтра. Адаптивная компенсация такого типа эффективна при подавлении двигательных артефактов в PPG-сигнале [2]. Каскадная структура обработки приведена на рис. 1.

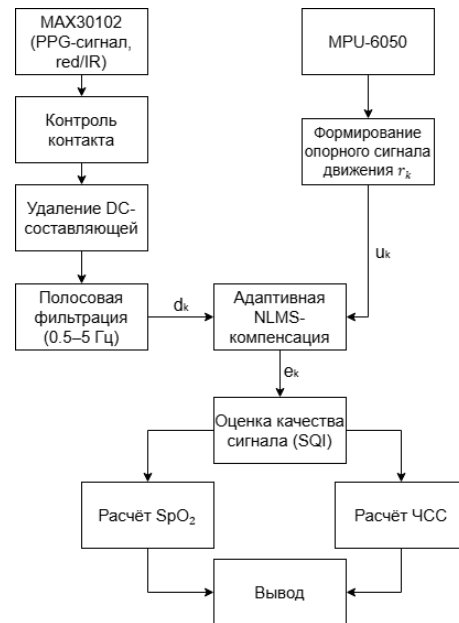


Рис. 1 – Каскадная структура обработки PPG-сигнала в микроконтроллерной системе

II. Выводы

Для подавления двигательных артефактов в PPG-сигнале микроконтроллерной системы наиболее рациональна каскадная схема, включающая полосовую фильтрацию, формирование опорного сигнала движения и адаптивную NLMS-компенсацию. Такая структура сохраняет малую вычислительную сложность и обеспечивает более устойчивую обработку сигнала по сравнению с одной только полосовой фильтрацией.

Список литературы

1. Han, H. Real-time motion artifact reduction for wearable PPG / H. Han, M.-J. Kim, J. Kim // IEEE EMBS. – 2007. – P. 1538–1541.
2. Yousefi, R. Motion-tolerant adaptive algorithm for wearable PPG biosensors / R. Yousefi, M. Nourani, S. Ostadabbas, I. Panahi // IEEE Journal of Biomedical and Health Informatics. – 2014. – Vol. 18, № 2. – P. 670–681.

Кузака Дмитрий Александрович, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, dmitrykuzaka@gmail.com.

Лях Елизавета Сергеевна, студент 2 курса факультета информационных технологий и управления БГУИР, lyah.elizaveta000@gmail.com.

Боброва Татьяна Сергеевна, старший преподаватель кафедры информационных технологий автоматизированных систем БГУИР, t.bobrova@bsuir.by