

СИНХРОНИЗИРАНЕ НА СЕНЗОРИ ПОСРЕДСТВОМ ПРОТОКОЛА IEEE 1588 SYNCHRONIZATION OF SENSORS VIA IEEE 1588 PROTOCOL

Стефан Иванов

Технически университет – Габрово, ул. Хаджи Димитър 4, Габрово 5300

Abstract: Current paper presents the utilization of IEEE 1588 in sensors for sound detection. The sensors can be used for localization of the transmitted of sound. The synchronization via IEEE 1588 of the internal clocks of sensors makes the detection of position of the sound source very precise. There is also given an algorithm for this detection with the help of three sensors.

Keywords: IEEE 1588, synchronization, sound detection, sensors

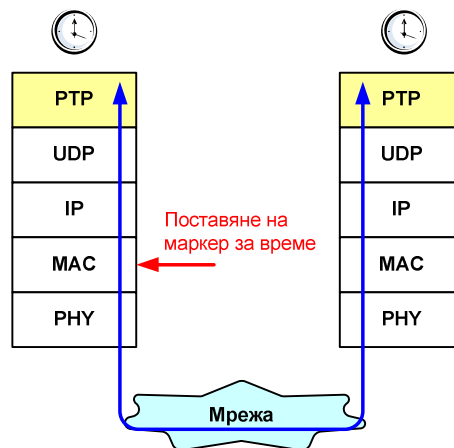
1. Въведение

В съвременния свят за измерването на редица величини се налага използването на разпределени измервателни системи. Под такива системи често се разбират сензорните мрежи, които намират все по-голямо приложение в различни сфери на живота. Една от основните задачи, които се поставят пред сензорните мрежи е възможността им да предоставят данни с точен времеви маркер, за да може впоследствие данните от няколко сензора да бъдат сравнявани и обработвани, като се гарантира, че те са отчетени в точно определен момент от време. За целта се налага вътрешните часовници на отделните сензори да бъдат синхронизирани. Има различни възможности за синхронизация на часовниците на отделните устройства в една мрежа. Един от най-популярните протоколи за това е NTP (Network Time Protocol), както и произлизащия от него SNTP (Simple Network Time Protocol)[1]. Тези протоколи се използват в интернет и позволяват да се постигне точност в рамките на няколко милисекунди. Друга възможност за синхронизация е да се използват GPS (Global Positioning System) приемници, които приемат радиосигналите от спътниците, изграждащи GPS системата, но в този случай се получава оскъпяване, а също така методът е приложим само ако се осигури такова разположение на приемника или антената му, че те да могат да приемат сигналите от спътниците.

Най-удачен за приложения с изисквания за ниска цена и синхронизация в микросекундния обхват се явява протокола IEEE 1588. В настоящата работа е представена възможността за използването на този протокол при сензори за откриване на звуков сигнал, както и алгоритъм, по който синхронизираните сензори откриват местоположението на източник на звук.

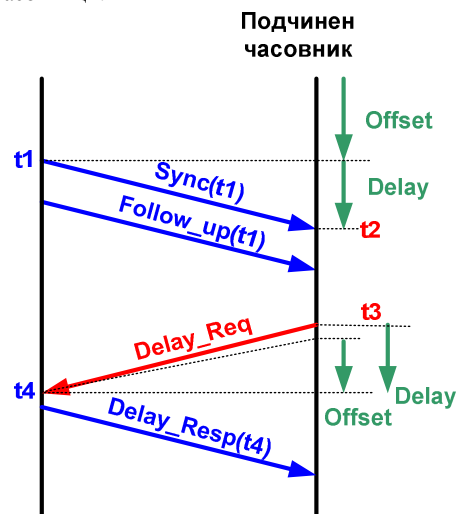
2. Основни характеристики на стандарт IEEE-1588

Стандартът IEEE 1588[2-4], известен още като протокол PTP(Precision Time Protocol) позволява да се постигне синхронизация в микросекундния и наносекундния обхват. Принципът му на работа е следният – в една мрежа един от часовниците (този, с най-прецизни характеристики) се явява главен (master) и спрямо него се синхронизират всички останали. Синхронизацията се извършва вследствие на обмен на съобщения. Посредством тях се определя и времезакъснението причинено от движението на самите съобщения в мрежата.



Фиг. 1 Обмяна на съобщения по IEEE 1588

Отместването и времезакъснението при предаване се измерват по следния начин: главното устройство изпраща т.нар. Sync съобщения към останалите подчинени устройства; подчинените устройства приемат съобщението, в което е включен и времеви маркер на главното устройство и синхронизират собствените си часовници.



Фиг.2 Отместване и времезакъснение

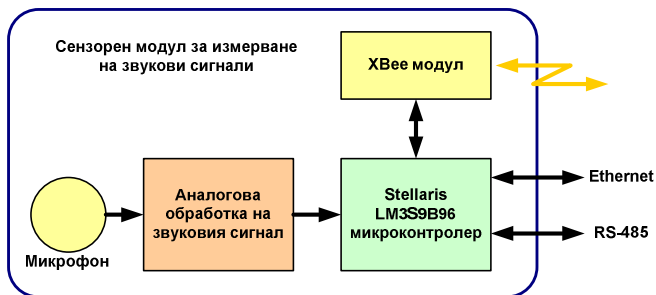
След приемането на Sync и следващото го Follow_up съобщение, подчинените часовници изчисляват

отместването с което работят спрямо главния часовник. За да се компенсира времезакъснението от преминаването на съобщенията по мрежата се налага подчиненото устройство да изпрати т.нар. Delay_Req съобщения, на които главното устройство отговаря с Delay_Resp съобщения. Ако t_1 е времето на изпращане на Sync съобщение, t_2 е времето на приемане на Sync съобщението, t_3 – време на изпращане на Delay_Req съобщението и t_4 времето на неговото приемане от главното устройство, то :

Времезакъснението е $Delay = ((t_2 - t_1) + (t_4 - t_3)) / 2$, а отместването $Offset = ((t_2 - t_1) - (t_4 - t_3)) / 2$.

3. Постановка за измерване

За тестване на възможностите на синхронна работа на сензори се планира създаването на сензорни модули за измерване на звуков сигнал на базата на предлаганите на пазара 32-битови микроконтролери на фирмата Texas Instruments от фамилията Stellaris. Микроконтролерите имат ARM Cortex-M3 ядро и богата периферия. Благодарение на вградения в някои устройства Ethernet контролер е възможна реализацията на интелигентни сензорни модули с възможности за свързване към локална LAN мрежа или интернет. В микроконтролерът LM3S9B96 има включена възможност за хардуерна поддръжка на протокола IEEE 1588 и по тази причина той се явява подходящ избор за реализация на сензорен модул, позволяващ откриване на източник на звуков сигнал. Основните характеристики на микроконтролера са: 128KB Flash, 64 KB SRAM, максимална честота на осцилатора 80MHz, 4 таймера, часовник за реално време, Ethernet контролер, CAN, USB, UART, I2C, SPI модули, 10 битов АЦП с 16 канала, 3 аналогови компаратора и др. Блокова схема на сензор на базата на този микроконтролер е показан на фиг.3



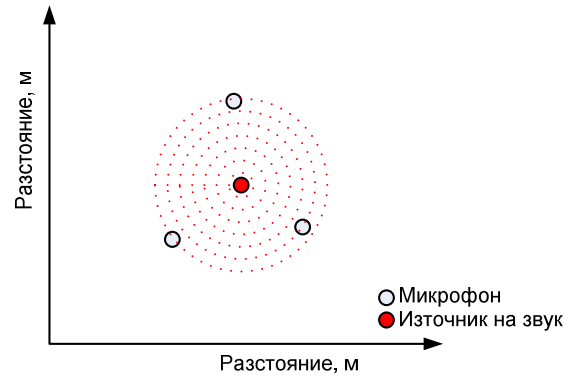
Фиг. 3 Сензорен модул за измерване на звукови сигнали

Основните характеристики на сензорния модул са: измерване на звуков сигнал посредством микрофон и схемата за аналогова обработка на сигнала, преобразуване на сигнала в цифров вид и откриване на определено ниво, Ethernet комуникация, както и комуникация по RS485 и посредством Xbee радио модули.

За измерване и определяне на местоположението на източник на звук се използва следната постановка – три сензора с микрофони, посредством които се измерва звуковата вълна. Сензорите имат времева синхронизация на базата на IEEE 1588.

Източникът на звук излъчва звукова вълна, която се разпространява концентрично в пространството и достига до сензорите след определено време, в зависимост от разположението на източника на звук. Това което е известно в задачата е разположението на сензорите в пространството. Звуковите вълни от излъчвателя достигат сензорите в различни моменти от време. Моментата на времето за сензора, до който е достигнала звуковата вълна най-напред се приема за 0, моментите на останалите

сензори се определят като отместване във времето спрямо този нулев момент.



Фиг.4 Разположение на сензорите и източника на звук

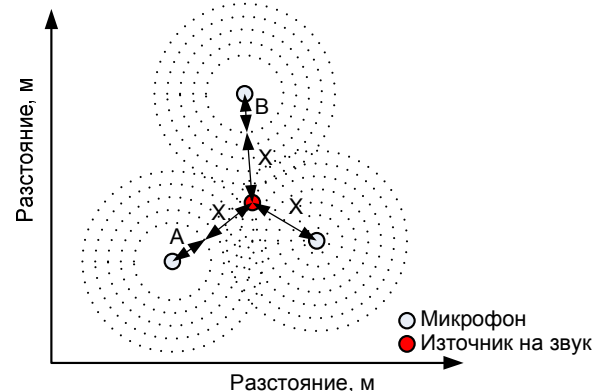
Скорост на звука във въздух се определя от формулата:

$$V = (331.3 + (0.606 * t)), \quad (1)$$

където V – скорост на звука в m/s, t – температура в °C.

Отместването във време на пристигане се преобразува в отместване на отделните сензори спрямо излъчвателя. Ако сензора с момент на пристигане на звуковата вълна се приеме, че се намира на разстояние X от излъчвателя, то разстоянието на останалите два сензора ще бъде съответно $X+A$ и $X+B$, където A и B съответно са отместванията като разстояние от източника на звук, изчислено от моментите на пристигане на звуковия сигнал в останалите два сензора.

За да се определи мястото на излъчвателя се използва алгоритъм, при който микрофоните се възприемат като източници на излъчване, което се разпространява със звукова скорост, равна на скоростта на излъчения звук. Целта при този алгоритъм е да се определи точката, в която „псевдо-излъчените” от сензорите вълни се срещат. Това е един вид сканиране на пространството с нарастващи с еднакъв радиус окръжности, до момент, в които окръжностите се пресекат в една точка. Тази точка се явява местоположението на източника на звуков сигнал. На фиг.5 е показана графично представяне на използвания метод.



Фиг. 5 Определяне местоположението на източника на звук

Сканирането на пространството започва за сензора с момент на пристигане 0 - от местоположението на самия сензор, а за останалите сензори, сканирането започва с отмествания в пространството в полярни координати с A и B съответно.

За определяне на координатите на точката се използва алгоритъм написан в Matlab, който е тестван със симулационни данни.

4. Симулационни резултати

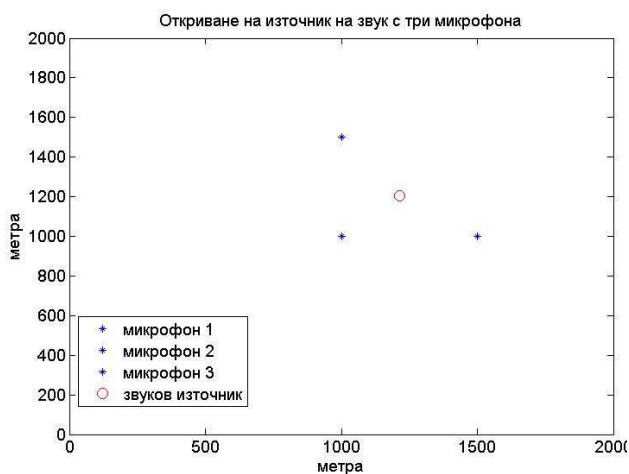
За откриване на източник на звук е създаден скрипт, който създава двумерно пространство, в което са разположени сензорите за звук. Тези сензори за нуждите на симулацията се описват с техните [x,y] координати в пространството, но скрипта лесно може да бъде преработен координатите да се задават като географска дължина и ширина. Сензорите са дефинирани с координати : Sensor1=[1000, 1000], Sensor2=[1000, 1500], Sensor3=[1500, 1000].

Приема се, че синхронизацията на часовниците на сензорите се извършва посредством IEEE 1588 и разликата между тях (или разсинхронизирането) е не повече от 20µs. В такъв случай грешката, която се внася от тази разлика в синхронизацията, при температура на околната среда 25°C, ще бъде 0.0069m или по-малко от 1 cm, определено според формула 1.

За нуждите за проверка на работоспособността на алгоритъма приемаме, че времената за пристигане на звуковата вълна до отделните сензори се различава по време и относителните времена на пристигане са в следното съотношение $T_{\text{sensor1}} < T_{\text{sensor2}} < T_{\text{sensor3}}$.

Направената симулация е за относителни времена на пристигане на сигнала : $T_{\text{sensor1}} = 0$ (сензора се намира най-близо до звуковия източник), $T_{\text{sensor2}} = 200\text{ms}$ и $T_{\text{sensor3}} = 150\text{ms}$.

Разполагайки само с времената на пристигане на звуковия сигнал, по обяснения по-горе алгоритъм със сканиране на пространството намираме точката, от която е излъчен звуковия сигнал. На фиг.6 е показано разположението на микрофоните и на източника на звук.



Фиг.6 Симулационни резултати

Като недостатък на предложения алгоритъм може да се посочи необходимостта от значително време за извършване на големия брой математически изчисления за точно локализиране на източника на звуков сигнал. Това може да се избегне, ако се използва специално разработен за целта хардуер, при който изчисленията могат да се извършват паралелно.

5. Заключение

В настоящата работа е представено възможното използване на IEEE 1588 за синхронизиране на времените маркери на сензори за звуков сигнал и благодарение на това на локализиране на точни позиции на източника на звук. Представеният алгоритъм е лесен за реализация, макар и не ефикасен откъм използване на изчислителни ресурси. Бъдещата работа ще включва създаване на реални сензорни модули и разработване на алгоритми за бързо локализиране на източника на звуков сигнал.

6. Използвана литература

1. http://en.wikipedia.org/wiki/Network_Time_Protocol
2. http://en.wikipedia.org/wiki/Precision_Time_Protocol
3. Eidson, John C. (April 2006). Measurement, Control and Communication Using IEEE 1588. Springer
4. http://www.ines.zhaw.ch/fileadmin/user_upload/engineering/_Institute_und_Zentren/INES/Downloads/Technology_Update_IEEE1588_v2.pdf