

# ПРИЛОЖЕНИЕ НА СЕНЗОРИТЕ В ЖЕЛЕЗОПЪТНИЯ ТРАНСПОРТ

## RAILWAYS SENSORS APPLICATIONS

докторант инж Петрова М. И., докторант инж Маринов Х. А.,  
докторант инж Тодорова А. И., доц. д-р инж. Димова Р. С.  
Технически университет - Варна,

marinnela.petrova@gmail.com, h\_marinov79@yahoo.com, aneta\_\_75@abv.bg, rdim@abv.bg

**Abstract:** The descending prices of sensors and sensor equipment in recent years, the development of wireless communications and integration of mobile devices are key factors for the development of sensor technology. This paper examines new methods and manner for the use of various types of sensors in the railways systems to improve passenger safety, security of freight, providing security for the arrival and departure trains, traffic control, control of train schedule. The paper describes a need for the creation of wireless sensor networks and their use in the rail industry, for monitoring analysis systems, for other structures, vehicles and machinery. In support of this are designate examples of existing sensors applications and sensor networks applications in railway and rail infrastructure and ideas for other innovative implementations.

**Keywords:** WIRELESS SENSOR NETWORK, SENSOR, RAILWAY, SENSOR NODE

### 1. Увод

Безжичната сензорна мрежа (WSN - Wireless Sensor Network) е сензорна мрежа състояща се от разпределени сензорни възли, които използват сензори за наблюдение на физически състояния или състояния на околната среда – температура, влажност, светлина, налягане и др. Безжични сензорни мрежи могат да бъдат използвани за наблюдение в железопътната инфраструктура на различни системи, структури, машини, и съоръжения като мостове, релсови пътища, релсови легла, както и релсово оборудване (шасита, талиги, коелета и вагони) заедно с мониторинг на здравето в превозното средство [1].

Постоянния мониторинг намалява необходимостта от човешкото наблюдение, както и открива неизправностите преди да се усложнят, с това се намалява и необходимостта от поддръжка и се засилва сигурността при работа на съоръженията.

### 2. Същност

От изключително значение е изграждането на безжични сензорни мрежи, за развитието и усъвършенстването на железопътния транспорт. Железопътните сензорните мрежи намират все повече приложения, по-важните от които са:

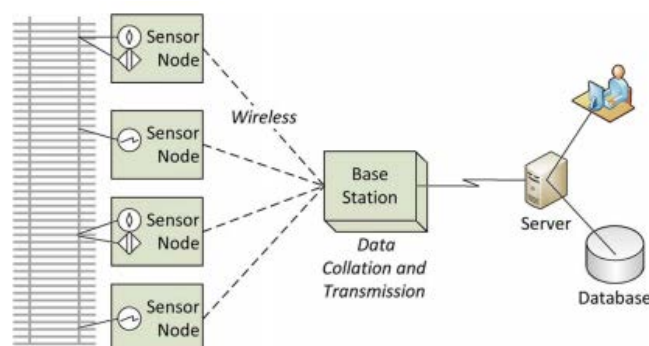
- Индикация на скоростта на влаковете – скоростта може да бъде установена чрез всеки сензорен модул по гарите.
- Контрол на бариерите на прелезите.
- Предпазване от сблъсък между влакове – може да бъде избегнат сблъсък чрез използването на сензори.
- Сигнализиране – релейно базираната сигнализация е изпробвана за предпазване при работа. Чрез използване на сензори и релета, безопасността и точността нараства.
- Изключване на напрежението – когато и където е необходимо.
- Проблем на пътя – сензори за помешение са използвани в стандартните носители на записи на пътя, за употреба в рутинно наблюдавани износени и претоварени повърхности, по продължение на железния път.

Необходимостта от безжични сензорни мрежи в жп. транспорта се обуславя от следните по-важни предпоставки:

- Влаковете се движат с висока скорост и съответно е необходим спиращен път за да спрат от пълната скорост
- Безопасността на пристигащи и заминаващи влакове в гарите
- Сигнализиране на броя влакове които могат да бъдат приети или изпратени за един ден
- Чрез правилното сигнализиране на броя влакове може да бъде увеличен броя на пътуващите
- Контрола на предвиждането на влак от една гара до друга след като е сигурно, че пътя на този влак ще бъде далеч от друг влак, движещ се или в същата или в друга посока.

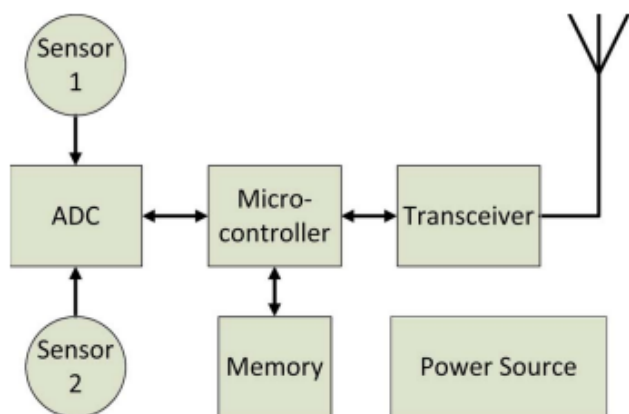
Бързото развитие на безжичната комуникация и мобилните мрежи с интегрирани устройства, са предпоставка за многото и различни приложения на сензорите за постоянно наблюдение на инфраструктура, съоръжения, машини, системи и среди. [1]

#### 2.1 Безжични сензорни мрежи за мониторинг на състоянието в железопътния сектор



Фиг. 1 Безжична сензорна мрежа за наблюдение на състоянието на железния път

Сензорни устройства са монтирани върху дъски, прикрепени към обекта, който се наблюдава: например път, мост или влакови механизми. – фиг.1. Един или повече сензори са монтирани към сензорен възел – фиг.2. Сензорните възли комуникират с базовата станция използвайки протокол за безжична комуникация, например Bluetooth и Wi-Fi. Базовата станция обобщава данни и я предава към централния сървър за контрол, възможно е чрез сателит или GPRS. Има различни вариации на тази настройка. В някои системи, сензорните възли могат да контактуват директно със сървъра, а не чрез базовата станция. В други системи, потребителят има достъп до данните директно чрез базовата станция. [1]



Фиг. 2 Схема на състава на сензорен възел

Всеки сензорен възел обикновено има радио приемопредавател, малък микроконтролер, и източник на енергия, обикновено батерия. WSNs и анализират данни позволяват железниците да превърнат данните в информация. Те подпомагат вземането на решения чрез непрекъснато събиране на данни в реално време и анализ за идентифициране на грешки. Данните от разпределените системи като сензорни мрежи се следят постоянно, използвайки класификация, прогноза или откриване на аномалии, за да се определи текущия и бъдещ статут на разпределената мрежа. [1]

### 2.1.1 Модел на сензора

Има множество видове сензори, използвани в жп мониторинга за анализ на различни аспекти на структури, инфраструктура и техника. Повечето железопътни сензори са MEMS (microelectromechanical systems) сензори. MEMS са малки, интегрирани устройства или системи, които съчетават електрически и механични компоненти. Модела на сензора изисква компромис между функционалност и консумация на енергия, с функционалност често се свързва разхода на енергия. Системи за следене на състоянието, за железниците често са разположени в отдалечени или труднодостъпни места, където няма налично захранване чрез проводник. Следователно, сензорите трябва да получават захранване или от батерии или от местно генериране на енергия. MEMS сензори имат предимството, че те могат да бъдат произведени да консумират ултра ниска мощност. Сензорни устройства могат също да върнат допълнителни измервания на околната среда, като температура и влажност, както и сензорни данни могат да бъдат комбинирани с измерванията от други системи. Поведението на съоръженията често е повлияно от външни фактори. Тези външни фактори са капсулирани от контекстуални данни, които описват околните обстоятелства по време на работа. Важно е да се вземат предвид и

изградените модели за мониторинг на състоянието, които разглеждат тези на обстоятелства на околната среда. [1]

### 2.1.2 Сензорни възли

Сензорни устройства са монтирани на траверсите. Траверсите формират платформа с комбинирани мобилни компютри и безжична комуникация (медия контрол на достъпа (MAC), маршрутизация и откриване на грешките) със сензорни устройства, както е показано на фиг. 2 [1]

Много сензорни възли се обръщат към позволените за запитване данни и автономната обработка на данни за идентифициране на аномалии на място. Следователно, много алгоритми за обработка на данни също са вкарани в безжичните сензорни възли за автономно изпълнение. Траверсите обикновено съдържат един или повече безжични сензори, микроконтролер, приемопредавател, база за съхранение на данни (памет) и източник на захранване. [1]

### 2.1.3 Захранване на сензора

Сензорните възли често използват батерии като техен енергиен източник. Възможно е да се удължи живота на батерията, за около 1,5 години за 4 AA батерии чрез събуждане на техните сензори, когато се изисква и спят през другото време. Въпреки това, дори и с удължен живот, монтаж и подмяна на батериите, не винаги са възможни в отдалечени и труднодостъпни железопътни участъци. Възлите могат също да бъдат вградени в наблюдаваната структура или механиката на влак, където няма достъп до батерии или е възможна кабелна връзка. Следователно източниците на енергия за възлите трябва да бъдат надеждни, за да се даде възможност на WSN да функционира за дълги периоди от време, без човешко участие и да бъде в състояние да генерира достатъчно енергия. [1]

## 2.2 Топология на системата за наблюдение

Топологията на WSNs често варира с течение на времето. Един много важен фактор в този топологичен вариант е мобилността на сензорните възли. WSN може да се раздели на две: фиксираната мрежа се отнася към сензорни възли в определени места като мостове, тунели, както и специални точки, докато подвижната мрежа се отнася към сензорни възли, свързани с локомотиви или железопътни вагони. [1]

Първоначално фиксираните WSNs са просто реализирани чрез поставяне на сензорни възли към релсите да наблюдават температурните сензори на релсите или сензорите за ниско напрежение следящи захранването на мотора в определени точки. [1]

Съвременните WSNs предоставят полуавтоматичен или автоматичен анализ на данните от сензорите, за да изследват структурни промени и да подобрят устойчивостта на конструкциите. Следователно, мониторинга в WSN трябва да намали цялостните разходи за поддръжка. [1]

WSNs следят за състоянието на редица механизми, системи и среди, използващи сензори върху траверсите за измерване на параметри като температура, сътресения, регулиране на наклона, и влажност. [1]

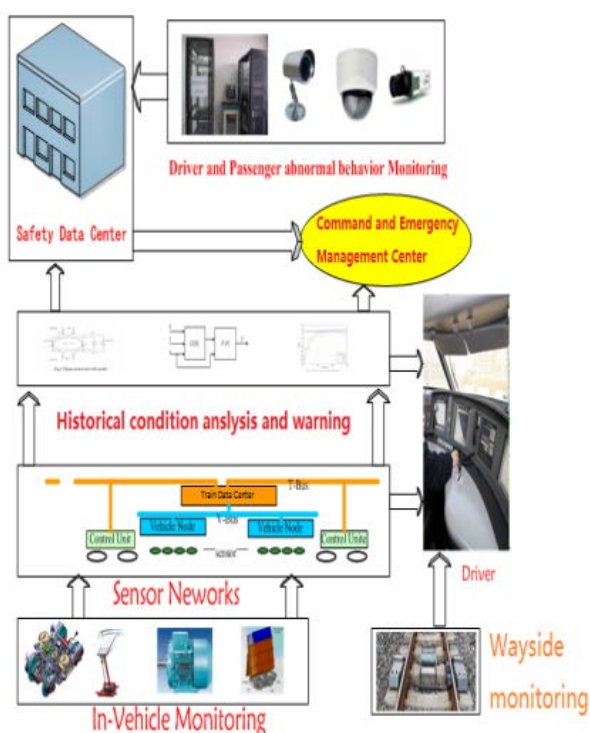
Едно от ключовите решения с подвижния сензорен мониторинг е комуникация, поради мобилността на сензорите. Подвижния железопътен мониторинг може да предава данните от подвижните възли към статичен възел който е в обхвата. Прехвърлянето на данни от подвижните възли към статичен възел често се случва, когато влака спира в гара. Алтернативно, подвижните възли могат да образуват мрежа с базова станция в

мрежата. Ако възли образуват мрежа във влака, тогава често базовата станция е монтирана на локомотива, където има мощност за предаването на данни. Това предава данните през подходящ механизъм, като сателит или GSM. [1]

### 3. Примери

#### 3.1 Сензорна мрежа за мониторинг на безопасността на влаковете

Мониторинга за безопасността на влаковете и диагностика на грешките са от критично значение, заради резултатите от катастрофи, причинени от сблъсъци и дерайлиране на влакове. Сензорна мрежа за защита и безопасност при влаковете може автономно да следи работното състояние и активно да контролира грешките. - фиг.3. Мониторинга на безопасността на влака в реално време е ключова технология в подпомагането на проактивна и достъпна грижа за здравето във влака.[2]



Фиг. 3 Схема на сензорна мрежа при влаковете за мониторинг на безопасността

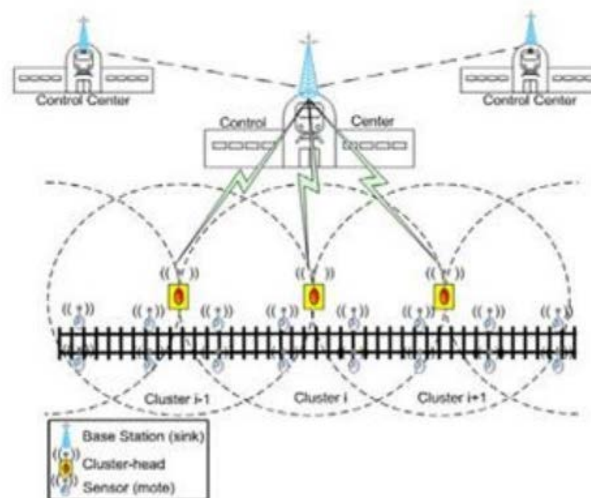
Това позволява на работниците непрекъснато да следят промените в жизнените показатели и осигуряване на обратна връзка, за подобряване на графика за поддръжка. Съвременния технологичен напредък в сензорните мрежи позволява проектирането и разпространението на безжични сензорни мрежи способни самостоятелно да упражняват началните параметри свързани с контрола под прага на безопасност, защитавайки от друга страна някои случаи на безопасност от "преминаването" в опасни такива. [2]

#### 3.2 Сензорна мрежа за засичане на влаковете чрез техните следи от вибрациите

Тази безжична сензорна мрежа при железопътни линии е развита, за наблюдение и анализ на моделите на вибрациите, причинени от преминаващи влакове. Тя представлява разпределена мрежа от сензорни възли, които индивидуално съдържат алгоритми за извличане на ефективни особености и

класификатори, които отговарят на ограничените хардуерни ресурси. [3] Чрез нея се проучват едни от най-натоварените железопътни участъци и се получават данни за моделите на вибрациите на влаковете.

#### 3.3 Сензорна мрежа за проучване на железния път



Фиг. 4 Схема на сензорна мрежа за проучване на железния път

Проучването на пътя със сензори може да бъде реализирано чрез показаната на фиг.4 архитектура. Тя се състои от сензорни възли, разположени по протежение на железопътна линия. Мрежата се състои от множество центрове за управление (базови възли), които са свързани чрез кабелна връзка, и сензорните възли са разпръснати по протежението на железопътните линии. Сензорните възли събират необходимите данни и ги изпращат обратно базовите станции. [4]

Описана е иновативна процедура за изследване на железния път, която използва сензори и прости компоненти като GPS модул, GSM модем и MEMS базиран монтиран пътен сензор. Системата за инспектиране, може да се използва, както за баласт и така и за бетонен път. Геометричните железопътни параметри, които са пътни координати, са получени с интегрираната Система за глобално позициониране (GPS) и Глобалната система за мобилни комуникационни (GSM) приемници. [4] Предимство на системата е, че може да работи в тунели без прекъсване.

Статуса за щети по моста се контролира от сензор и безжични модули, когато сензорът не получи сигнал, веднага, близката безжична система уведомява и предупреждава или информира на влака върху железопътната линия. Тази система може да се реализира, чрез микроконтролери, GSM. [4]

#### 3.4 Други приложения на безжичните сензорни мрежи в ж.п. транспорта

Могат да се дадат още много примери за използването или идеи за сензори в железопътната инфраструктура и във влаковете

- Сензори могат да следят за състоянието вътре в локомотива, вагоните, и купетата на влака: задименост, температура, влажност, сътресения и др.
- Сензорите могат да се използват за позиционирането на влаковете и следенето им чрез GPS

- Сензори се използват за следене напрежението по железния път
- Сензорни ж.п. мрежи се изграждат в проблемни участъци, където има опасност от свлачища, наводнения и др.

#### **4. Заключение и бъдещи перспективи**

Железници са големи инфраструктури, които са изградени във всяка страна. Почти няма държава без такъв вид транспорт. Железопътния транспорт е един от основните транспорти за предпочитане, заради съотношението надежност, скорост и цена.

Въпреки развитието на технологиите в железопътния транспорт и по-добрите мерки за безопасност които се въвеждат, все още възникват произшествия. Приложението на сензорите и сензорните мрежи е подходяща стратегия за поддържане и инспекция на железопътната инфраструктура, но има още редица насоки в които може да се работи.

Има редица перспективни направления за по-нататъшни изследвания в наблюдението на състоянието на железниците. Една бъдеща посока е движение към цялостни интегрирани системи, които осигуряват информация в реално време и сигнали. Тези подходи ще интегрират данни от различни сензорни системи, използващи сложни техники за моделиране. Те също така ще включат повече контекстуални данни в моделирането, включително условията на околната среда, по маршрута, времето на пътуване, теглото на влака и други.[1]

#### **5. Литература**

[1] Victoria J. Hodge, Simon O'Keefe, Michael Weeks, and Anthony Moulds, Wireless Sensor Networks for Condition Monitoring in the Railway Industry: A Survey, IEEE Transactions on transportation systems, vol.16, No3, june 2015

[2] Guoqiang Cai<sup>1</sup>, Limin Jia<sup>1</sup>, MengChu Zhou<sup>2</sup>, Ji'an Sun<sup>1</sup>, Kun Zhang<sup>1</sup>, Shuai Feng<sup>1</sup>, Mingming Zheng<sup>1</sup>, System Architecture of a Train Sensor Network for Ubiquitous Safety Monitoring

[3] Eugen Berlin ; Kristof Van Laerhoven, Sensor Networks for Railway Monitoring: Detecting Trains from their Distributed Vibration Footprints

[4] Kalpana Sharma<sup>1</sup>, Jagdish Kumawat<sup>2</sup>, Saurabh Maheshwari<sup>3</sup>, Neeti Jain<sup>4</sup>, Wireless Sensor Networks for Condition Monitoring in the Railway Industry: A Survey, Ieee Transportations on intelligent transportation systems, vol.16, No.3, June 2015