ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2014 **Martin Uhlík**

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektromagnetického pole

RFID tag v oděvu

Květen 2014

Bakalant: Martin Uhlík
Vedoucí práce: Ing.Bc. Marek Neruda

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem zadanou bakalářskou práci zpracoval sám s přispěním vedoucího práce a konzultanta a používal jsem pouze literaturu v práci uvedenou. Dále prohlašuji, že nemám námitek proti půjčování nebo zveřejňování mé bakalářské práce nebo její části se souhlasem katedry.

Datum: 23. 5. 2014 ……..……

podpis bakalanta

Zadání bakalářské práce

(Originál v originálu bakalářské práce,
oboustranná kopie v kopii bakalářské práce)

Anotace:
Tato bakalářská práce se zabývá možnostmi využití RFID technologie při inventarizaci ložního prádla či oděvu, při zvážení standardních procesů jako praní, sušení a mandlování. Pro měření je využita externí čtečka UHF Elatec připojená k PC a anténa Symbol, dále mobil HTC Desire C s programem TagInfo pro měření HF tagů. Dále byly vytvořeny experimentální tagy zalitím do silikonu, kterým je také věnována část bakalářské práce včetně fotodokumentace průběhu výroby.

Klíčová slova:
HF, laundry, LF, RFID, tag, UHF,

Summary:
This final project deals with the possibilities of using RFID technology in the inventory of bedlinen or clothing, when considerating the standard process such as washing, drying and mangling. External reader UHF Elatec connected to the PC and antenna Symbol together with mobile phone HTC Desire C with program TagInfo for the measurement of HF tags are used for measurements. Experimental tags were created by filling in silicon, which is dedicated a part of this project is dedicated to these tags including fotodocumentation with the process of production.

Index Terms:
HF, laundry, LF, RFID, tag, UHF,

Obsah

Seznam použitých zkratek 8
1. Úvod 9
2. Cíl práce 9
3. Popis technologie RFID 9
3.1. Pasivní RFID tag 10
3.2. LF tagy 11
3.3. HF tagy 12
3.4. UHF tagy 12
3.5. Chování HF a UHF tagu ve vlhkém prostředí 13
3.6. Výpočet hloubky vniku a útlumu 14
3.7. Čtečky 14
4. Prádelny 16
4.1. Prádelna Okresní nemocnice Mladá Boleslav 16
4.2. Fakultní nemocnice Plzeň 16
5. Umístění tagů 16
Praktická část 18
6. Prádelny 18
6.1. Prádelna Okresní nemocnice Mladá Boleslav 18
6.2. Sterilizace v Okresní nemocnici Mladá Boleslav 19
6.3. Prádelna Deta 21
6.4. Závěr - prádelny 23
7. Navržené řešení využití technologie RFID 23
7.1. Chování tagů HF a UHF ve vodě 23
7.2. Umístění tagů 26
7.3. Použité tagy 27
7.4. Referenční měření 28
7.4.1. Tagy HF 28
7.4.2 Tagy UHF 30
8. Experimentální výroba tagu 31
9. Měření 35
9.1. Tagy zašité v tričku 36
9.2. Tagy zašité v ručníku 38
9.3. Závěr z měření 39
10. Návrh inventarizačního systému pomocí RFID technologie. 40
10.1. Logistika ložního prádla a oděvu 40
10.2. Rozmístění RFID prvků. 41
10.3. Rozlišení aplikací dle použité frekvence 42

11. Závěr 43
Reference 44
Seznam obrázků 45
Seznam tabulek 47

Seznam použitých zkratek

ČR	Česká Republika
EPC	Electronic Product Code
FET	Fiield-Effect Transistor
HF	Hight Frequency
HIV	Human Immunodeficiency Virus
ISO	International Organization for Standardization
KO	Nečitelný (nefungující) tag
LF	Low Frequency
NFC	Near Field Communication
PC	Personal Computer
RF	Radio Frequency
RFID	Radio Frequency Identification
TBC	Tuberkulóza
UHF	Ultra High Frequency
USA	United States of America
WORM	Write Once Read Many

1. Úvod

Na trhu není systém identifikace prádla pomocí RFID zatím příliš rozšířen a to především kvůli svým vysokým nákladům na pořízení. Existují sice kompletní řešení od více společností, nicméně cena je mnohdy příliš vysoká a odrazuje od nákupu. Cena technologie ale stále klesá a stává se tak pro mnoho aplikací dostupnější. RFID je především identifikační prostředek, lze jej ale využít i pro záznam různých informací o sledovaném předmětu. Konkrétně v případě této aplikace to jsou údaje typu výrobce, datum výroby, úsek, kterému dané prádlo patří, počet pracích cyklů, případně jméno konkrétního zaměstnance v případě osobního oděvu. Díky zapojení technologie RFID do celého procesu od zařízení využívajícího dané oděvy, přes prádelnu je výhodou kompletní přehled nad tokem prádla a omezení jeho ztrátovosti. Protože je možné prádlo identifikovat hromadně, odpadá nutnost ruční identifikace prádla kus po kuse a především ve velkých provozech, jako jsou například hotely, ušetří mnoho času příslušného personálu.

2. Cíl práce

Cílem této práce je navrhnout vhodný způsob zakomponování RFID tagu do textilie pro aplikaci typu „oběh ložního prádla“ a jeho využití při inventarizaci ložního prádla či oděvu. Je nutné zvolit vhodnou frekvenci z hlediska čtecí vzdálenosti, počtu načtených tagů najednou, rychlosti čtení tagů a vlastností v daném prostředí. Dále následuje výběr vhodného typu tagu pro dané prostředí a způsob implementace do oděvu pro co nejdelší životnost.
Jedná se především o ložní prádlo, ručníky, župany či pracovní oděvy. Konkrétní aplikace závisí na typu prádelny, ve které mohou být různé podmínky pracího procesu. Hlavními parametry jsou teploty cyklů a použité chemické prostředky. Závěrem této práce je zvolené ideální a otestované řešení.

3. Popis technologie RFID

Na trhu jsou dostupné různé technologie RFID odlišující se především svojí frekvencí a z toho vyplývající jinou čtecí vzdáleností a použitím v konkrétní aplikaci. Zjednodušeně lze pro běžně používané systémy rozlišit frekvence 125 - 134 kHz (LW), 13,56 MHz (HF) a v oblasti 860 - 950 MHz (UHF). V oblasti UHF je situace poněkud komplikovaná, a to kvůli rozdílným licenčním kmitočtovým pásmům v Evropě, USA, Japonsku, Číně a Austrálii. Aktivní tagy(transpondery), které jsou napájeny samostatným zdrojem (baterií),jsou pro tuto aplikaci naprosto nevhodné. Pro některé aplikace je dobré určité frekvenční pásmo, ale pro jiné nikoliv.Nejvyšší rozdíl vlastností jednotlivých frekvencí je ve vlhkém prostředí či na kovových plochách, kde je výhodné použít nízké frekvence, i přes jejich menší čtecí vzdálenost. Tu ovšem neovlivňuje pouze samotná technologie čipu, ale i např. vhodná konstrukce anténního systému závislá na použité frekvenci.

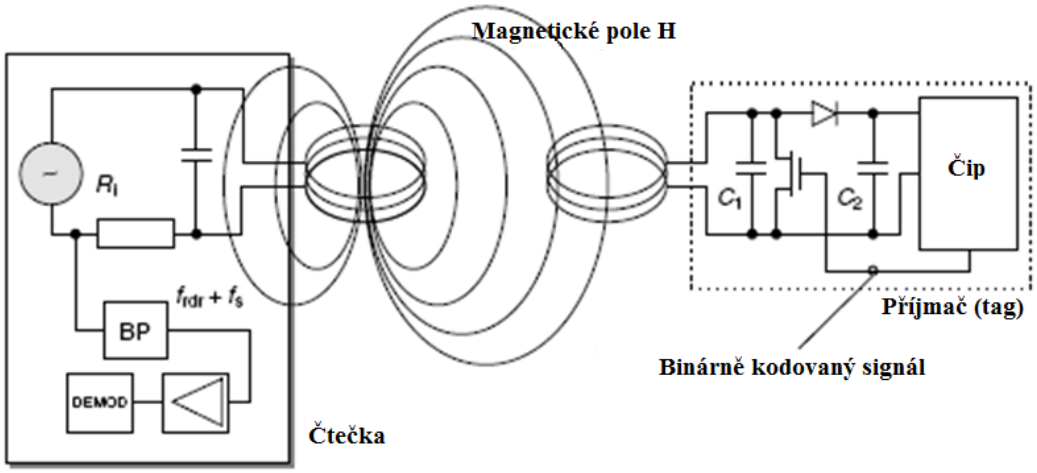
Tagy se mohou dělit podle možnosti zápisu. Readonly jsou tagy, které obsahují pouze sériové číslo zakódované při výrobě tagu a dále ho není možné změnit. WORM (WriteOnceRead Many) jsou tagy, do kterých lze informaci jednou nahrát uživatelem a jsou

vhodné např. jako etiketa na zboží. Read/ Write jsou tagy mnohokrát přepisovatelné a Laundrytagy, které jsou vhodné pro tuto aplikaci využívají tento způsob.

Cena se v případě jednotlivých frekvenčních pásem téměř neliší a pro finální cenu celého tagu je rozhodující především provedení jeho zapouzdření a poptávané množství.Pro celkovou cenu je nutné brát v potaz cenu celého řešení včetně příslušných RFID čteček. Jednoduchý tag v provedení samolepky pro sledování zboží v obchodě bude mít cenu násobně nižší, než specializovaný průmyslový tag potřebný pro tuto aplikaci, odolávající vysokým teplotám, tlakům, namáhání či působení chemikálií.

Na trhu existuje mnoho řešení zapouzdření, od obyčejných samolepek sloužících v podstatě k jednorázovému použití, přes identifikační karty pro přístup do hlídaných prostor, klíčenek od vstupních dveří či monitoring docházky pracovníků, až po speciální tagy uzpůsobené náročným podmínkám, ať již teplotním, chemickým nebo mechanickým. Pro aplikaci v prádelním prostředí je nutné hledat v oblasti náročné na mechanické a chemické parametry. Na trhu jsou tyto systémy již dosti rozvinuté a výrobci nabízejí tagy přizpůsobené přímo do prádelního prostředí, tzv. Laundrytagy, kterých je na trhu mnoho typů. Existuje celá škála výrobců nabízejících velmi obdobná provedení. Současné systémy jsou odlišné především ve způsobu uchycení na látku a ohebnosti tagu.

Čtečka vysílá elektromagnetickou vlnu, která napájí RFID tag a zároveň se nějak upravená vysílá zpět. Může se používat modulací, nebo impedančního nepřizpůsobení. Podle impedančního přizpůsobení se určitá část energie odrazí a určitá projde do antény tagu. Pokud se změní impedance tagu, změní se hodnota přizpůsobení => odrazí se jiná hodnota dopadajícího výkonu a toho je využito ve čtečce k dekodování dat, viz. obr.3.1.



Obr 3.1. Generace zátěžové modulace v tagu přepínáním drain-source impedance FETu na chipu. Nakreslená čtečka je pro detekci subnosné viz [1]

Aktivní RFID tagy se používají méně než pasivní, protože jsou obvodově složitější a dražší. Obsahují vlastní zdroj energie (baterii) takže mohou samy vysílat své informace. Jejich životnost je omezena životností zdroje. Používají se pro aktivní lokalizaci.

3.1. Pasivní RFID tag

Pasivní RFID tag funguje následně. RFID čtečka periodicky vysílá elektromagnetické vlny do svého okolí. Pokud je v dosahu čtečky pasivní RFID čip, využije vysílané elektromagnetické energie a nabije svůj napájecí kondenzátor. Poté odešle odpověď elektromagnetickým signálem. Pasivní tagy vysílají pouze jedno číslo (elektronické číslo

produktu EPC), případně jiný systém označení nebo mají ještě dodatečnou paměť, do které lze zapisovat nebo z ní číst další informace(např. elektronická peněženka).

Číslo produktu EPC je unikátní 96bitové číslo, které lze přidělit každému kusu zboží. Přiděluje se centrálně výrobcům v jednotlivých řadách. Při délce 96 bitů poskytuje prostor pro 268 miliónů výrobců, kde každý výrobce vyrábí až 16 mil. druhů (tříd) zboží a v každé třídě je prostor pro 68 miliard sériových čísel. V současnosti a nejbližším výhledu se s takovou potřebou čísel EPC nepočítá, mohou se používat EPC s délkou 64 bitů, to snižuje cenu. Naopak je zde možnost při nedostatku čísel přejít i na 128 bitů.

Číslo produktu EPC zastřešuje organizace GS1, které se zabývá tvorbou standardů. Tato organizace vybírá i licenční poplatky za užití EPC. To není ekonomicky výhodné řešení pro výrobce a ty se tak snaží používat své alternativní řešení.

3.2. LF tagy

LF tagy pracují typicky na frekvenci 125-134 kHz. Typicky bývají pasivní napájené indukčně z energie dopadající elektromagnetické vlny vysílané z čtečky. Mají velmi krátký dosah cca 10-20 cm. Jejich výhodou je možnost čtení skrz vodu a na kovu. Velkou nevýhodou, ale zůstává krátký dosah, malá rychlost čtení tagů, velká velikost a problémy s kolizí více tagů.

Výpočet velikosti půlvlnné dipolové antény viz[2]:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3*10^8}{125*10^3} = 2400m \qquad (3.2.1)$$

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{2400}{2} = 1200m \qquad (3.2.2)$$

Zde je vidět, že na nízkých frekvencích je vlnová délka značně dlouhá a je potřeba dlouhá anténa. To je řešeno např. solenoidem, který ale přidává další váhu viz. Obr.3.2.

Používají se např. v přístupových systémech. Pro využití pro účel této práce se pro své nevýhody nehodí a nebudou dále uvažovány.

Obr.3.2. Příklady LF tagů [3]

3.3. HF tagy

HF tagy pracují na frekvenci 13,56 MHz. Jsou také napájeny induktivně z energie dopadající elektromagnetické vlny. Mají také krátký dosah, ale již se jedná o bezkontaktní čtení na vzdálenost cca < 1 m. Rychlost snímání je také vyšší a je jednodušší snímat více tagů najednou. Zde nastává již problém s čtením přes kapaliny a na kovech. Velikostně již mohou být menší než LF tagy.

Výpočet velikosti půlvlnné dipolové antény:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3*10^8}{13{,}56*10^6} = 22{,}12m \qquad (3.3.1)$$

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{22{,}12}{2} = 11{,}06m \qquad (3.3.2)$$

Vlnová délka je již o cca 2 řády menší než u LF a anténa může mít menší rozměry. Používá se např. měděná anténa tvořená několika závity okolo čipu na nosné podložce. Příklad tagu je na obr.3.3.

Obr.3.3. Příklad HF tagu [4]

3.4. UHF tagy

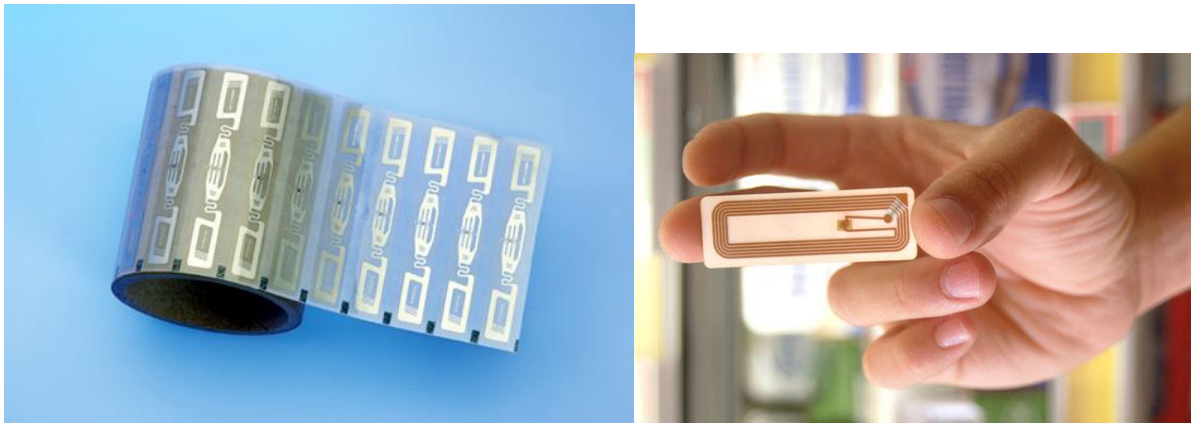
UHF tagy pracují na frekvenci 860 - 950 MHz. Frekvence je odlišná v Evropě a Kanadě s USA. Pro frekvence nad 100 MHz se již energie nešíří pouze magnetickým polem ale elektromagnetickým. Dosah již je v řádech jednotek metrů. Mají vysokou přenosovou rychlost a lze je snímat hromadně. Lze je vyrábět levně, protože díky vyšší frekvenci a z toho vyplývající menší vlnové délce již nemusí být anténa tak velká jako při nižších frekvencích. Nevýhodou je obtížné čtení na kovu a nemožné čtení přes vodu.

Výpočet velikosti půlvlnné dipolové antény:

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3*10^8}{860*10^6} = 0{,}34m \qquad (3.4.1)$$

$$l = \frac{\lambda}{2} = \frac{0{,}34}{2} = 0{,}17m \qquad (3.4.2)$$

Vlnová délka je již řádu centimetrů a proto mohou být antény velmi malé. Používají se např. tištěné antény podložce čipu, jejich příklady jsou uvedeny na obr.3.4.



Obr.3.4. Příklady UHF tagů [5]

3.5. Chování HF a UHF tagu ve vlhkém prostředí

Voda tlumí signál v závislosti na frekvenci. Nejhorším případem je tag umístěný přímo pod vodou a proto bude uvažován tento nejhorší případ. Vzorce (3.5.1) a (3.5.3) viz. [6].

Hloubka vniku je vzdálenost kde poklesne elektrické a magnetické pole na hodnotu 1/e a lze spočítat následujícím vztahem:

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\pi.f.\mu.\sigma}} \ [m] \qquad (3.5.1)$$

kde f je frekvence elektromagnetické vlny, μ je absolutní magnetická permeabilita vodiče a σ je konduktivita.

Protože voda je diamagnetický materiál, je relativní permeabilita rovna jedné a lze uvažovat permeabilitu vakua $\mu_0 = 4\pi.10^{-7}$ H/m.

$$\mu = \mu_0.\mu_r = \mu_0.1 = \mu_0 \qquad (3.5.2)$$

Z toho vyplývá, že při konstantní konduktivitě vody záleží hloubka vniku pouze na frekvenci. Čím vyšší frekvence, tím nižší hloubka vniku.

Útlum α lze spočítat dle vztahu:

$$\alpha = 0{,}173\sqrt{f.\sigma} \ [dB/m] \qquad (3.5.3)$$

kde f je frekvence elektromagnetické vlny a σ je konduktivita vody, kterou lze uvažovat za konstantní. Proto útlum závisí jen na frekvenci a s rostoucí frekvencí roste. To potvrzuje nevhodnost vysokých frekvencí pro aplikace v mokrém prostředí.

3.6. Výpočet hloubky vniku a útlumu

Při výpočtech bude uvažována průměrná konduktivita pitné vody ČR, která je cca 40mS/m, přejatá z [7].

Pro HF tagy:

Po dosazení do (3.5.1) lze získat:

$$\delta_{13,56MHz} = \frac{1}{\sqrt{\pi.f.\mu.\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\pi.13,56.10^6.4\pi.10^{-7}.40.10^{-3}}} = 0,68\ m \quad (3.5.4)$$

Po dosazení do (3.5.3) lze získat:

$$\alpha_{13,56MHz} = 0,173\sqrt{f.\sigma} = 0,173\sqrt{13,56.10^6.40.10^{-3}} = 127,4\ dB/m \quad (3.5.5)$$

Pro UHF tagy:

Pro výpočet použita evropská frekvence UHF 868 MHz.

Po dosazení do (3.5.1) lze získat:

$$\delta_{868MHz} = \frac{1}{\sqrt{\pi.f.\mu.\sigma}} = \frac{1}{\sqrt{\pi.868.10^6.4\pi.10^{-7}.40.10^{-3}}} = 0,085\ m \quad (3.5.6)$$

Po dosazení do (3.5.3) lze získat:

$$\alpha_{868MHz} = 0,173\sqrt{f.\sigma} = 0,173\sqrt{868.10^6.40.10^{-3}} = 1019,3\ dB/m \quad (3.5.7)$$

Na tomto příkladu je vidět že tagy nejsou vhodné pro použití do vody. Při tagu pouze ve vlhkém prostředí budou parametry lepší, ale vhodné pro toto nejsou, klesne např. čtecí vzdálenost.

Udává se že tagy UHF nejdou číst přes vodu a tagy HF jen obtížně.

3.7. Čtečky

RFID čtečka je zařízení identifikující obsah (případně přítomnost u jednobitových tagů) paměti tagu v čtecím dosahu čtečky. Přenášejí energii a data mezi tagem. Vyrábějí se v mobilním provedení nebo stacionárním provedení (brány). Čtečky lze připojit k PC. Čtečky mohou mít více antén, typicky 4. Vysílací část se skládá z generátoru RF, antény a ladících obvodů.Příklad čteček RFID na obr.3.5, příklad RFID brány je na obr.3.6.

Obr.3.5. Příklad mobilní a stacionární čtečky [8] a [9]

Maximální dosah čtečky závisí především na prostředí, kde je čtečka nasazena, použité frekvenci, zisku antén a vysílaném výkonu. Prostředí je dáno, frekvence se zvolí a při ideálních ziscích antén by se nabízelo zvýšení vysílaného výkonu. Toto je omezeno národní legislativou. Nesmí se překročit hygienické limity stanovené v dané zemi. V ČR se sleduje proudová hustota, měrný v těle absolvovaný výkon a hustota zářivého toku, viz [10]

Obr3.6. Příklad RFID brány [11]

4. Prádelny

4.1. Prádelna Okresní nemocnice Mladá Boleslav

Na webu Okresní nemocnice Mladá Boleslav [12] jsou uvedeny o prádelně uvedeny tyto údaje:

Prádelna zajišťuje od roku 1997 pro Klaudiánovu nemocnici veškeré prádelenské služby a část své volné kapacity využívá k praní prádla ze zdravotnických,ubytovacích a hotelových provozů v okrese Mladá Boleslav.

Nabízí následující služby:

- praní a žehlení prádla
- opravy a značení prádla
- svoz a rozvoz prádla vlastním vozem
- termíny vyhotovení zakázek do 24 hodin
- praní a žehlení prádla probíhá podle platných norem v ČR při oddělení čisté a nečisté části provozu.

4.2. Fakultní nemocnice Plzeň

Na webových stránkách fakultní nemocnice Plzeň nejsou údaje o prádelně ale následující informace[13]:

Fakultní nemocnice v Plzni nasadila systém RFID pro sledování prádla roku 2010. Cílem nasazení technologie RFID do lůžkovin bylo především zamezit stále narůstajícím ztrátám prádla, evidence pracích cyklů a kontrola nad pohybem prádla v celé nemocnici. Projekt byl z velké části podpořen a spolufinancován Evropskou unií prostřednictvím Evropského fondu pro regionální rozvoj. Celkový rozpočet na projekt byly 4 941 000 Kč, z čehož činila dotace 4 199 850 Kč, zbývajících ca 15 % uhradila nemocnice z vlastních zdrojů. Návratnost investice je počítána na 2- 3 roky, omezení ztrát je uváděno na 80 %. Předmětem projektu byl nákup celé technologie RFID, zahrnující čtečky, tagy a veškerý ovládací software. Zakázku získala společnost DataExpert, která má výhradní zastoupení společnosti Datamars pro Českou a Slovenskou republiku. Dle webových stránek firmy DataExpert [14] byla použita technologie HF, pracující na frekvenci 13,56 MHz. Čipy se využívají kulaté, vložené do látkové kapsy a poté přišité k prádlu.

5. Umístění tagů

Umístění RFID tagu na látku je mnoho a liší se podle použití tagů. Textilní zboží ve skladech se používá např. cca pěticentimetrový tag, který je na vysačce nebo v plastovém pouzdře přicvaknutý viz obr.4.1.Tyto tagy musí vydržet pouze mechanické namáhání (zkoušení a manipulace), protože se ihned po prodeji odstraní a není nutná chemická odolnost tagů.

Obr.4.1. RFID vysačka na oděvu

Pro řešenou danou se výše uvedené řešení nehodí. Lepé vyhovuje řešení zašití do textilu. Možností je více a to např. zašití do rohu, doprostřed látky, švu...

Praktická část

6. Prádelny

6.1. Prádelna Okresní nemocnice Mladá Boleslav

Nemocniční prádelna funguje od roku 1997. Poskytuje služby nejen Oblastní nemocnici Mladá Boleslav, ale pere také pro jiná externí zařízení, především pečovatelského typu. Zaměstnanci zde pracují na 2 směny, o víkendech se nepracuje. Průměrný denní objem prádla je 2,5 tuny a pere se zde veškeré ložní prádlo, ručníky, osobní oděvy zaměstnanců (pláště a kalhoty pro běžné nošení) a zelené roušky využívané pro přikrytí pacienta před operací, roušky využívané při samotné operaci se dnes používají pouze jednorázové. Stejně tak pláště a jiné textilie využívané při operacích jsou jednorázové.
Špinavé prádlo v pytlích se pomocí šachty dopraví do tzv. špinavé části prádelny, kde pracovníci pytle rozváží, roztřídí dle pracích cyklů a do systému se zadají jednotlivé počty a druhy prádla a vystaví se přijímací list. Pro praní se zde využívají 2 velké a 1 menší pračka, s náplní prádla 66 kg, resp. 33 kg. Pračky jsou otevíratelné ze dvou stran, jedna strana se nachází v špinavé části, druhá část v části čisté. Tyto části jsou oddělené příčkou, aby špinavé a již vyprané prádlo nepřicházely do styku. Prádlo se pere dle nastaveného programu při teplotě 30 až 90 °C, převážná část prádla při 60 °C, vyšší teploty se používají jen pro více znečištěné tkaniny. Celý program trvá od 45 do 90 minut.
Jako prací prostředek se využívá prostředek Persteril 36 % viz. obr.6.1. Ten dle bezpečnostního listu obsahuje 32- 36 % kyseliny peroxyctové, 5- 12% peroxidu vodíku, max. 25 % kyseliny octové a max. 1 % kyseliny sírové. Hodnota pH koncentrovaného Persterilu je menší než 1, v uvedené koncentraci využívané při praní je pH pracího roztoku 3,4. Dle produktového letáku je pro praní využívána koncentrace 0,7 g Persterilu 36% na 1 litr pracího roztoku. Persteril spolehlivě ničí bakterie, mykobakterie, viry (široké spektrum vč. HIV, TBC, ptačí chřipky), plísně, spóry (např. TBC a Antrax). Dávkování pracího prostředku je řízeno zařízením dodaném přímo od výrobce a probíhá automaticky.

Obr.6.1 Prací prostředek Persteril

Po pracím cyklu následuje již čistá část, kde dochází především k vyjmutí prádla z praček a jeho další třídění, poté prádlo putuje do sušiček. Ty jsou zde celkem 3 a prádlo se v nich suší při teplotě max. 80 °C a to 10- 30 minut dle zvoleného programu. Poté následuje žehlení. Ložní prádlo a jiné větší kusy látek se žehlí pomocí 3válcového parního žehliče, který pro svůj provoz využívá rozvod páry ze zdejšího parního generátoru. Žehlení probíhá cca 30 vteřin při teplotě 160 °C a přítlačném tlaku 250 kPa. Vzhledem ke staršímu modelu žehliče je zde i jistá tolerance tloušťky látky, až 1 cm je možný, ale novější přístroje mají tuto vůli daleko menší a toleranci menší (2 – 3 mm). Dále se prádlo skládá pomocí automatického skládacího stroje. Pro pláště, kalhoty i jiné menší prádlo se užívají ruční tvarované žehliče pracující o teplotě cca 130 °C, 10- 15 vteřin. Pokud je prádlo poškozené, v krejčovské místnosti je možná jeho oprava, případně vyřazení a odepsání z evidence. Veškeré vyprané a vyžehlené prádlo se odváží o místnost výše, kde se nachází expedice prádla. Zde dochází k finálnímu třídění prádla dle jednotlivých oddělení a kontroluje se shoda s přijímacím listem. Na základě toho se vystaví výdejní list a v kontejnerech se prádlo naváží k jednotlivým pracovištím.
Systém identifikace prádla je v této prádelně nyní založen na razítku oddělení na prádle a u oblečení je využíván ještě textilní nažehlený štítek s oddělením, velikostí a případně jménem, pokud se jedná o osobní oděv. Pro pláště je v plánu zavedení nažehlovacích vizitek na klopu kapes.
Dle vyjádření vedoucího prádelny, pana Hofmana, zde v prádelně problém s krádežemi není a to především kvůli fungujícímu systému přijímacích a výdejních listů. Další kontrola probíhá již na úrovni jednotlivých oddělení a celková evidence ztracených kusů není vedena.Bylo nám sděleno, že technologie RFID pro sledování prádla je nasazena v plzeňské nemocnici, proto je zde uvedena kapitola o této nemocnici.

6.2. Sterilizace v Okresní nemocnici Mladá Boleslav

Dnes se již žádné prádlo nesterilizuje a probíhá zde pouze sterilizace operačních nástrojů a jejich příslušenství. Nemocniční prádlo, které bylo dříve potřeba sterilizovat, jako například operační pláště, roušky pro odsávání krve, textil používaný při operacích, je zde již kompletně nahrazeno jednorázovými, již sterilizovanými textiliemi.

Z osobních věcí se zde myjí jen gumové galoše, které se nosí na operační sály. Tato obuv je zde omyta ve speciální myčce a to při asi 100 °C necelou 1 hodinu, další sterilizaci nepodstupují.

V myčce se myjí i ostatní předměty, které dále postupují sterilizaci. Proces mytí trvá zhruba 1 hodinu při teplotě 100 °C. Po vyjmutí se tyto omyté předměty balí do speciálních fólií a zavaří. V tomto obalu putují dále do sterilizátorů, které nabízejí více režimů sterilizace podle druhu materiálu a použití.

Obr.6.2 Myčka před samotnou sterilizací

V této nemocnici mají celkem 3 parní sterilizátory. Dále zde jsou 2 formaldehydové a 1 ozonový sterilizátor, které se ale dnes již moc nevyužívají, protože jsou dražší na provoz. Využívaly se hlavně pro gumové věci, které potřebovaly nižší teploty sterilizace. Dnes je ale skoro vše nahrazeno jednorázovými variantami a proto se od těchto typů sterilizátorů upouští.

Obr.6.3 Parní sterilizátor

6.3. Prádelna Deta

O chod se v této prádelně starají dvě pracovnice. Vybavení v tomto institutu není zrovna nejmodernější, ovšem pro plynulý chod prádelny a splnění veškerých hygienických předpisů postačuje. V prádelně je 6 starších praček. Prádlo se zde pere při maximální teplotě 90°C a otáčkách pohybujících se cca okolo 1000/min.

Obr.6.4. Používaný typ praček

Prací prášky se zde používají srovnatelné s těmi co používáme k běžnému domácímu praní, pouze ve větším balení. Ve zdejší prádelně používají prášek značky DetaWerra, který je svým složením podobný standardním pracím práškům, má ale navíc sterilizační účinky.

Obr.6.5. Prací prostředek firmy DetaWerra

Poté se prádlo dává do sušičky, kde teplota nepřesahuje 50°C a otáčky jsou zde podobné jako u pračky (1000/min), spíše nižší.

Na případně velmi znečištěné prádlo, na které klasický prací prostředek nestačí, zde využívají chemický prostředek Savo Perex, speciální druh Sava, které slouží jako bělidlo.SavoPerex vykazuje slabé oxidační vlastnosti.
Chemická specifikace Savo Perex:

- R 31 Uvolňuje toxický plyn při styku s kyselinami
- R 36/38 Dráždí oči a kůži
- R 34 Způsobuje poleptání
- R 35 Způsobuje těžké poleptání

Obr.6.6 Bělící prostředek Savo Perex

Po vyprání prádla následuje žehlení. V této prádelně používají k žehlení dva typy žehlicích strojů. Na větší kusy prádla (převážně ložního jako jsou prostěradla) používají válcový žehlící stroj (mandl). Na menší prádlo používají žehlící stanici a prádlo žehlí ručně. V případě žehlení na mandlu je nutná vysoká odolnost vůči vysokým teplotám, které se při tomto typu žehlení pohybují okolo 140-150°C a maximální teplota, kterou je tento mandl schopen dosáhnout je 200°C. Těmto teplotám je celý kus prádla vystavován jen krátkou dobu v řádu jednotek vteřin, takže tag, který je umístěn na okraji, není těmto teplotám vystaven dobu delší než vteřinu, nicméně tuto teplotu vydržet musí. Další komplikací sušení pomocí mandlu, je maximální tloušťka žehleného kusu. Mandl je stavěn na tenké prádlo, ale bez problému musí projít i např. látkový knoflík či různé tlustší ohyby a švy na látce, je počítáno s limitem 3 mm.

Obr.6.7. Používaný žehlící stroj

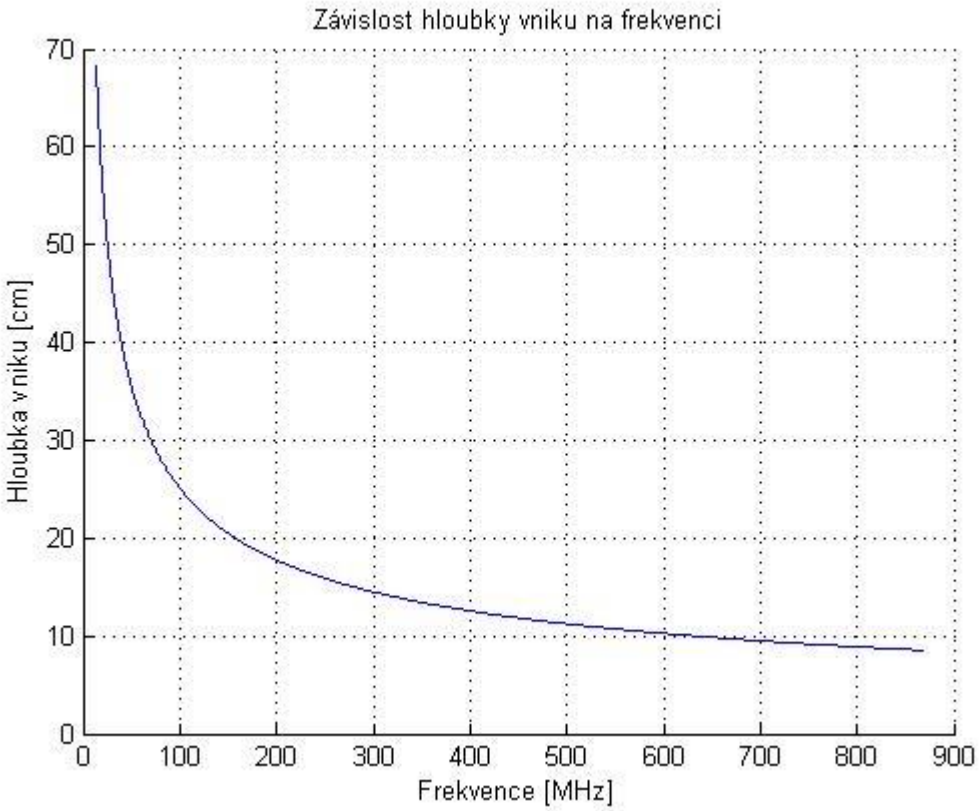
6.4. Závěr - prádelny

Jednotlivé typy prádelen se v jednotlivých procesech moc neliší, ani technické specifikace nejsou výrazně odlišné. Nejdůležitějším parametrem je odolnost vůči vysoké teplotě (až 200°C). Odolnost této teplotě nemusí být vyšší než cca 10 sekund, neboť samotné žehlení neprobíhá nikdy déle. Dále musí tag odolat chemikáliím, nicméně nejsou zde žádné extrémní podmínky, přesto budou použity tagy pro prádelní použití přizpůsobené, tzv. Laundry tagy, které jsou běžně dostupné a dostatečně odolné. Důležitým parametrem pro výběr je také jeho tloušťka, max. 2 mm, vzhledem k maximální tloušťce prádla včetně látky 3 mm.

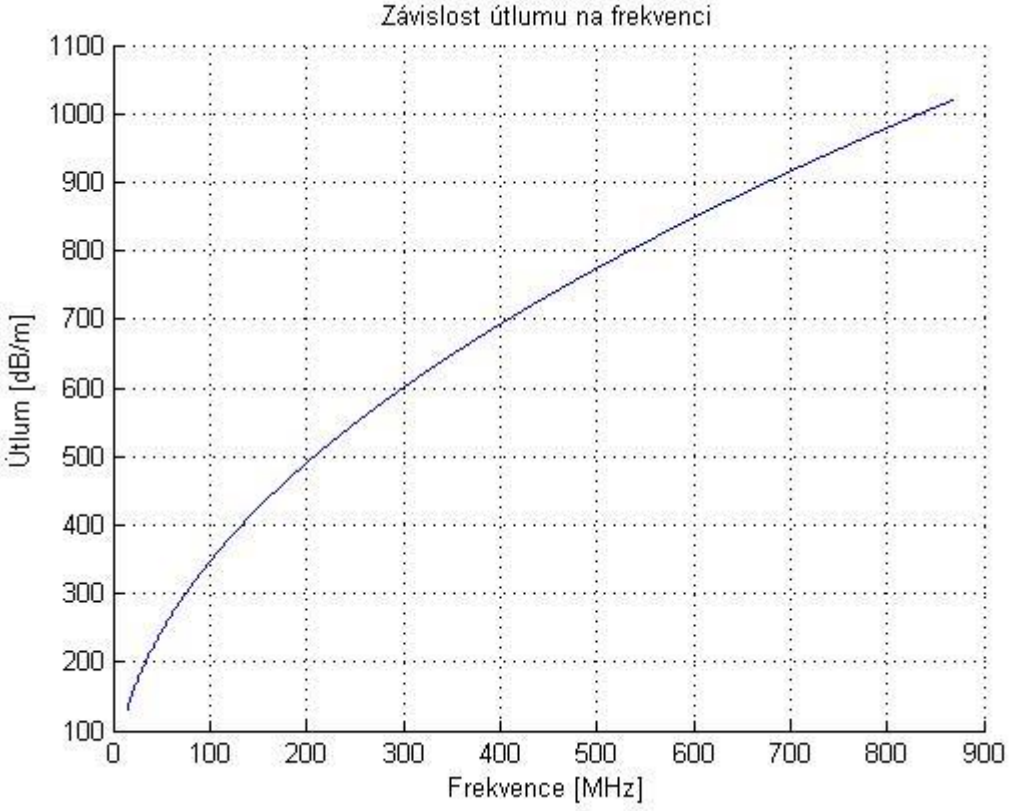
7. Navržené řešení využití technologie RFID

7.1. Chování tagů HF a UHF ve vodě

Výpočtem v programu MatLab pomocí vzorců (3.5.1) a (3.5.3) z kapitoly 3.5. byly vytvořeny následující grafy popisující hloubku vniku a útlum ve vodě. Z grafů vyplývá, že vysoké frekvence jsou pro užití ve vodě nevhodné.



Obr.7.1. Závislost hloubky vniku na frekvenci



Obr.7.2. Závislost útlumu na frekvenci

Zdrojový kód napsaný v MatLabu pro vykreslení grafů:

```
f=[13.56*10^6:1000:868*10^6];
%vektor - frekvenční rozsah 13.56 MHz až 868 MHz s krokem 1kHz
fmhz=f/10^6; %převedení z MHz do Hz pro vykreslení osy grafu
hloubka=1./sqrt(pi*f*4*pi*10^-7*40*10^-3);
%výpočet hloubky vniku pro rozsah frekvencí f
hloubkacm=hloubka*100;
%převedení hloubky vniku v m na cm
figure(1); %obrázek 1
grid on; %zapnutí mřížky
title('Závislost hloubky vniku na frekvenci');
%název grafu
xlabel('Frekvence [MHz]'); %popis x-ové osy
ylabel('Hloubka vniku [cm]'); %popis y-ové osy
hold on; %zachování nastavení při vykreslení grafu
plot(fmhz,hloubkacm); %vykreslení grafu
%% výpočet útlumu
utlum=0.173.*sqrt(f.*40.*10^-3); %výpočet útlumu
figure(2); %obrázek 2
grid on; %zapnutí mřížky
title('Závislost útlumu na frekvenci'); %název grafu
xlabel('Frekvence [MHz]');%popis x-ové osy
ylabel('Útlum [dB/m]'); %popis y-ové osy
hold on; %zachování nastavení při vykreslení grafu
plot(fmhz,utlum); %vykreslení grafu
```

Chování bylo ověřeno měřením při výkonu UHF čtečky 30dBm a různou hloubkou vody, kdy byl tag ještě přečten s následujícími výsledky:

Tag	Frekvence	Použití	Hloubka vody [cm]
Carrier micro 3000574	UHF	Původní, nezapouzdřený tag	3
Carrier micro 3000574	UHF	Experimentální	2,4
Laundry H86-WL-Si4016	UHF	Laundry	0 , pouze mokrý tag
Glass tag H13-S91-T205	HF	Experimentální (znovu zalitý)	4
NTAG203(F)	HF	Experimentální	1
NTAG203(F)	HF	Původní, nezapouzdřený tag	1,2

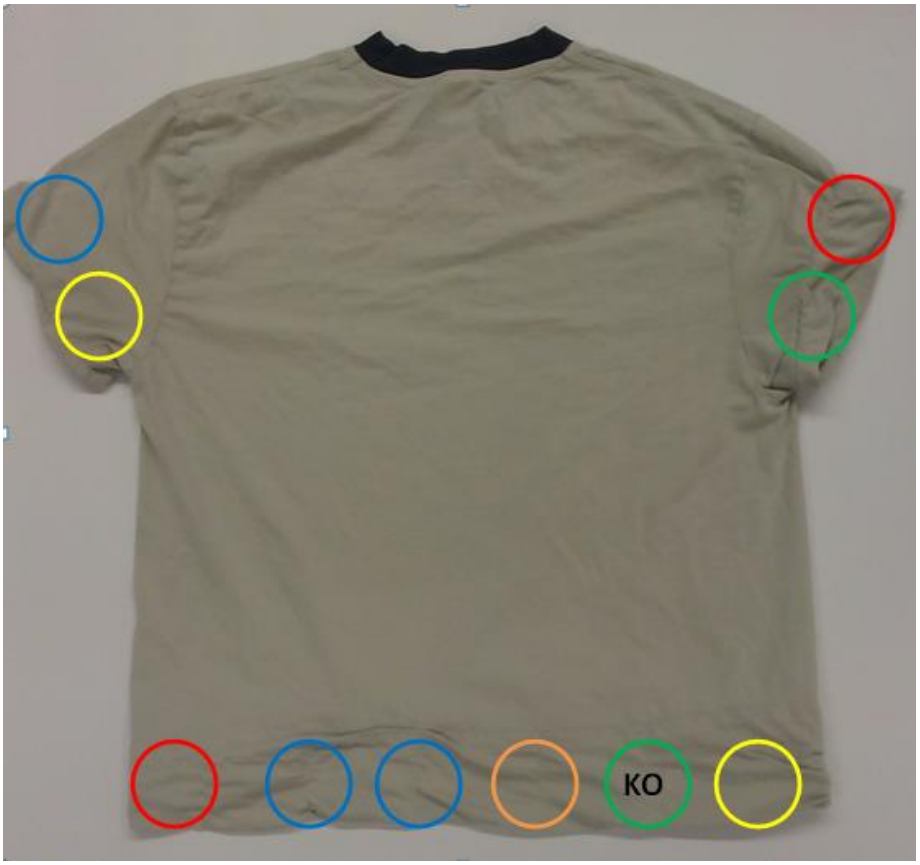
Tabulka 7.1 Maximální hloubky pro načtení tagu

Z tabulky 7.1 je vidět, že vyšší frekvence lze číst v menší hloubce než frekvence nižší. Rozdíl v teoretické hodnotě hloubky vniku (3.5.4), (3.5.6) a změřené může být kvůli odlišné konduktivitě vody než s kterou je počítáno nebo konstrukcí tagu.

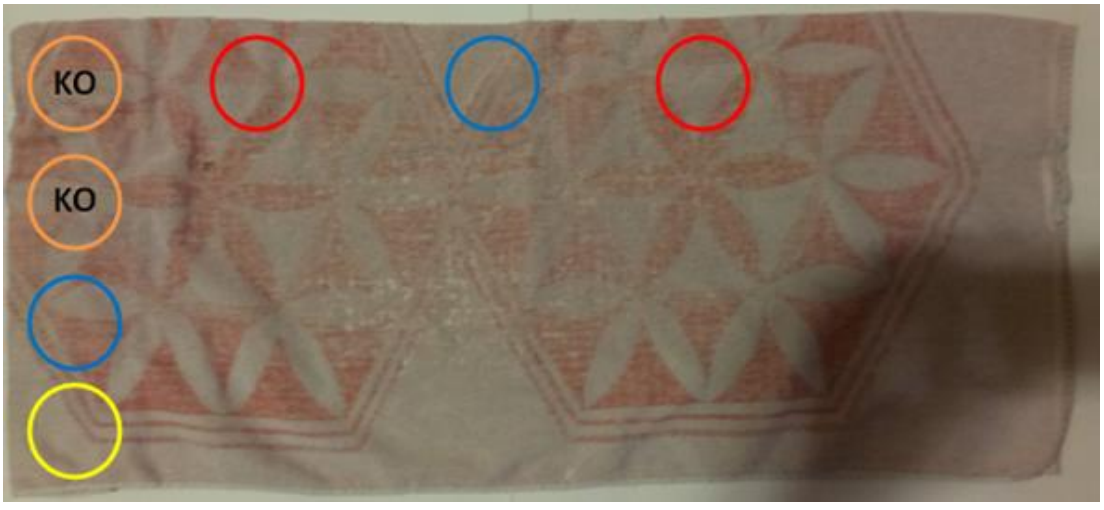
7.2. Umístění tagů

Bylo zvoleno zašití do švu textilu. Zašití do švu je při výrobě jednoduché a tag nepřekáží v používání textilu. Toto řešení bylo použito pro "jemnější" textil a to tričko a "hrubší" ručník.

Na obr.7.3 a 7.4. modré kruhy zobrazují laundry tagy UHF, zelené laundry tagy HF, červené UHF experimentální tagy, žluté HF experimentální tagy a oranžové HF tagy znovu zalité do silikonu. Kruhy se značkou KO jsou již nefunkční (nečitelné) tagy.



Obr.7.3 Umístění tagů v tričku



Obr.7.4 Umístění tagů v ručníku.

7.3. Použité tagy

Bylo použito 20 kusů vybraných tagů, 10 kusů tagu HF a 10 kusů tagu UHF. Ty se dále dělily po 5 kusech podle použitého zapouzdření vlastních čipů. Laundry tagy jsou tagy určené k aplikaci v prádelnách a měly by vydržet prací procesy.

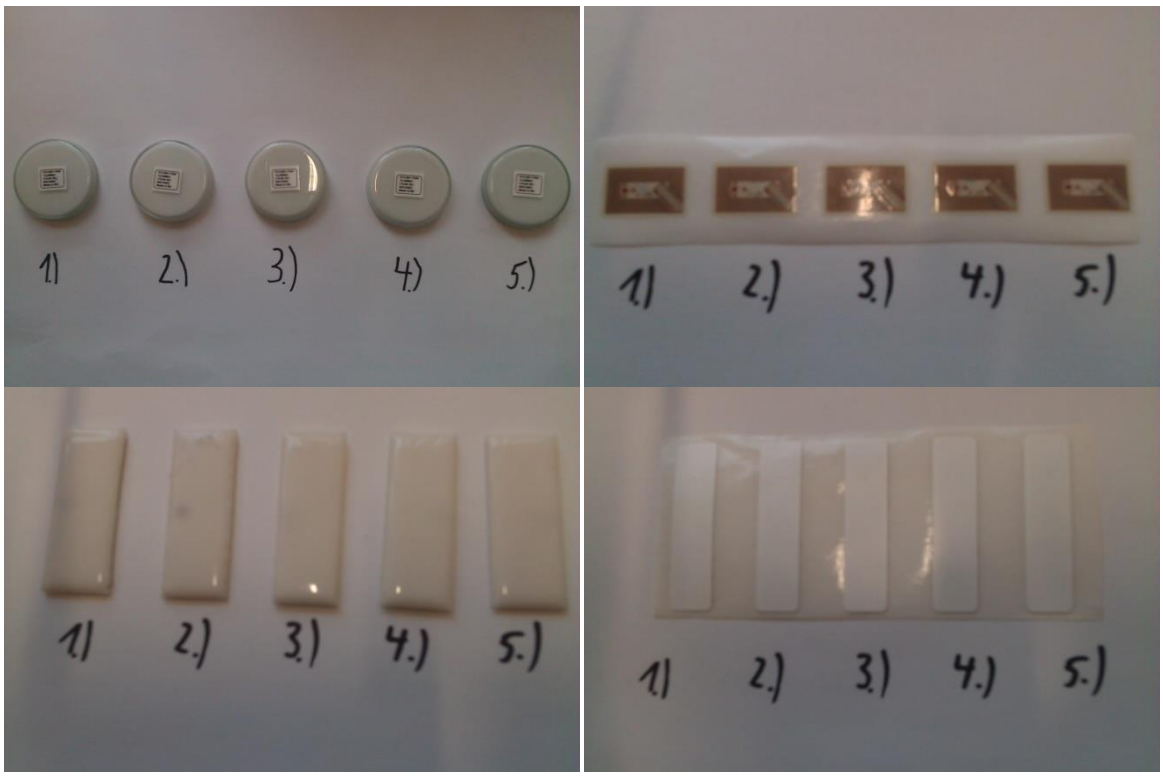
Použité tagy jsou vypsány v tabulce 7.2.

Označení	Frekvence	Rozměry [mm]	Paměť	Maximální teplota	Krytí	Počet tagů	Použití
Glass tag H13-S91-T205	HF	50x10	112 bytes	-25 až 205°C	IP68	5	Laundry
NTAG203(F)	HF	12x19x0,2	137bytes	-55 až 125°C	Není	5	Experi-mentální
Carrier micro 3000574	UHF	40x10x0,2	128bit EPC + 64 bit	-35 až 90°C	IP68	5	Experi-mentální
Laundry H86-WL-Si4016	UHF	40x16x2	Neudáno	Více než 205°C	Silikon	5	Laundry

Tabulka 7.2 Použité tagy

Tagy HF byly umístěny v silikonu ve skle a dále jen na papírové podložce bez zapouzdření.

Tagy UHF byly umístěny pouze v silikonu a na papírové podložce se slabým plastovým krytím. Použité tagy jsou zobrazeny na obr.7.5.



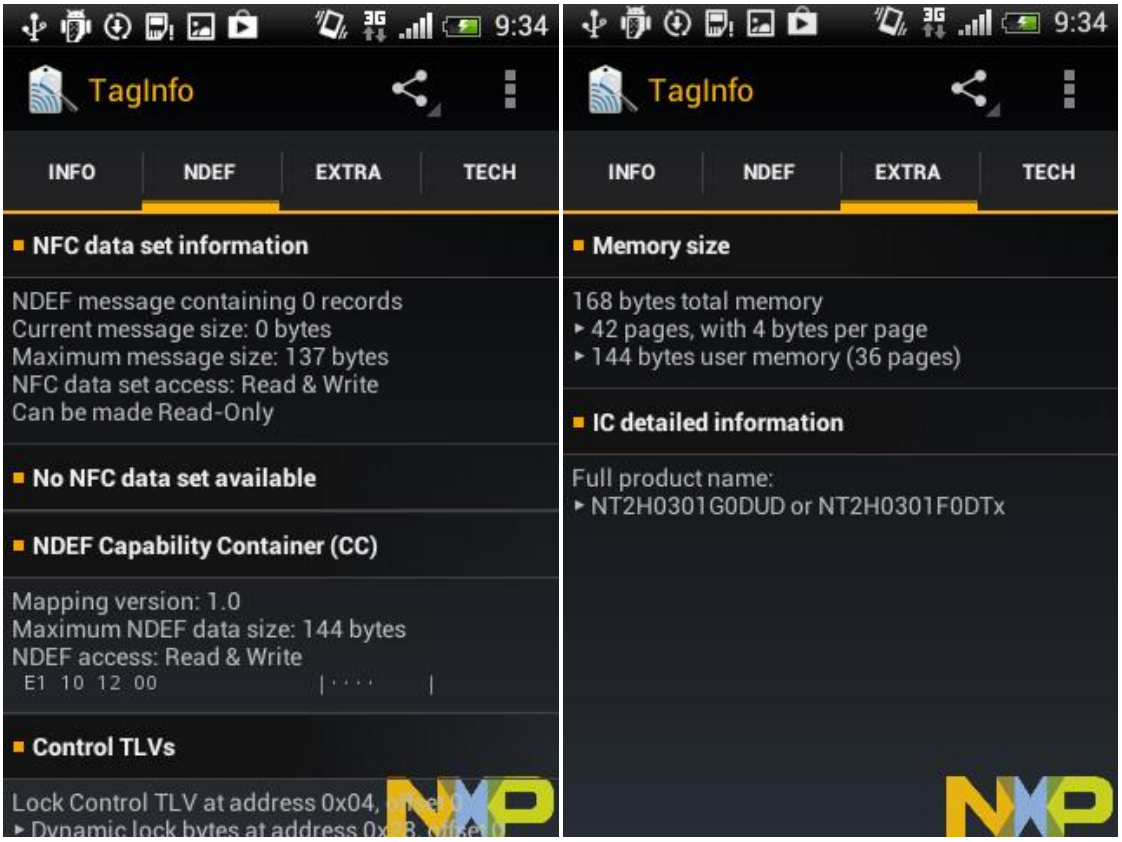
Obr.7.5. V horní řadě HF tagy, v dolní UHF tagy. Levá řada zapouzdřená, pravá nezapouzdřená.

7.4. Referenční měření

Všechny tagy byly bez problémů přečteny.

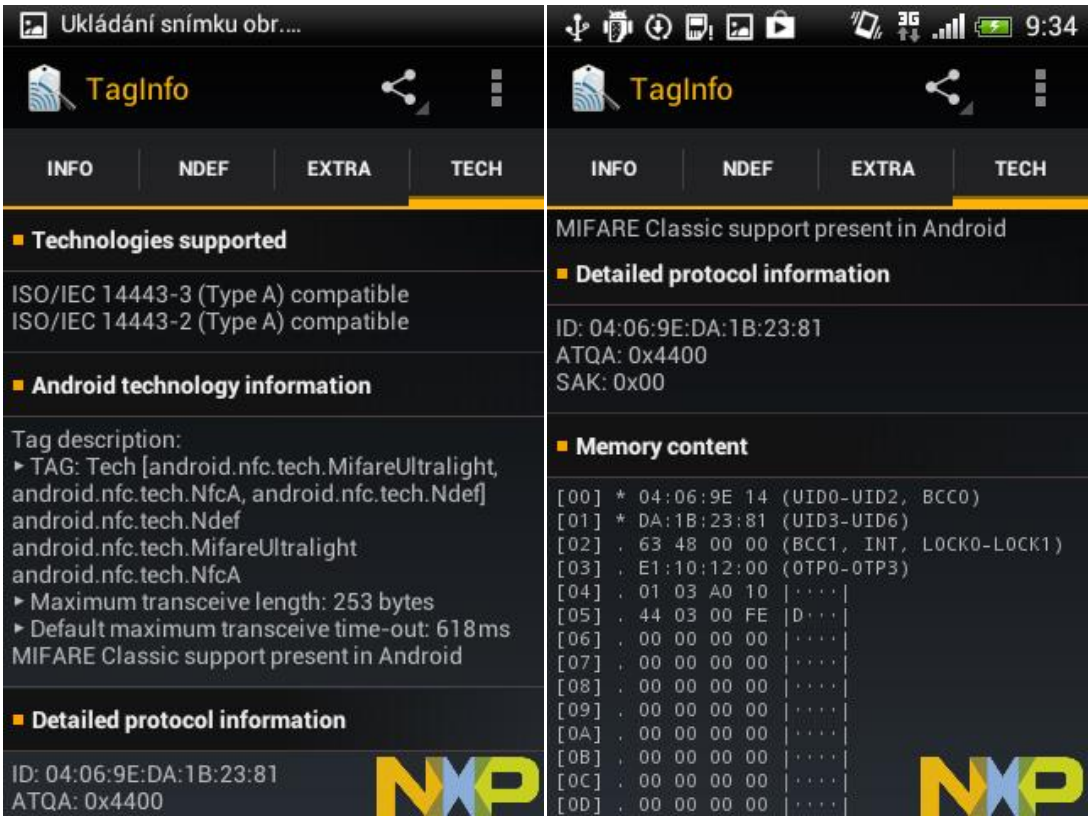
7.4.1. Tagy HF

Konkrétní tagy byly změřeny pomocí NFC (Near Field Communication) aplikace TagInfo ve verzi 1.40 od výrobce NXP na mobilním telefonu HTC Desire C.



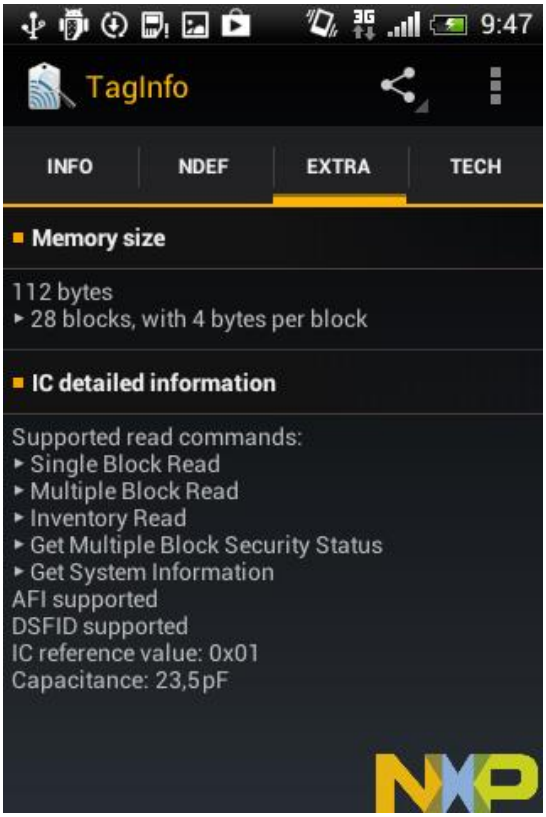
Obr.7.6 Informace vyčtené z tagu HF na podložce

Na levé části obrázku 7.6 lze vyčíst maximální délku zprávy a možnost použití (read only / read & write). Na pravé části obrázku je to velikost paměti, velikost paměti použitelné uživatelem a jméno produktu.



Obr 7.7. Další informace vyčtené z tagu HF na podložce

V levé části obrázku 7.7 jsou podporované standarty ISO a informace o technologii, v pravé části jsou informace o identifikátoru tagu a je vypsán obsah paměti.



Obr.7.8. Informace vyčtené z tagu HF umístěného ve skle a silikonu

Informace vyčtené z HF tagu uloženého ve skle a silikonu byly podobné a proto pro stručnost pouze obrázek 7.8. s detailními informacemi o tagu.

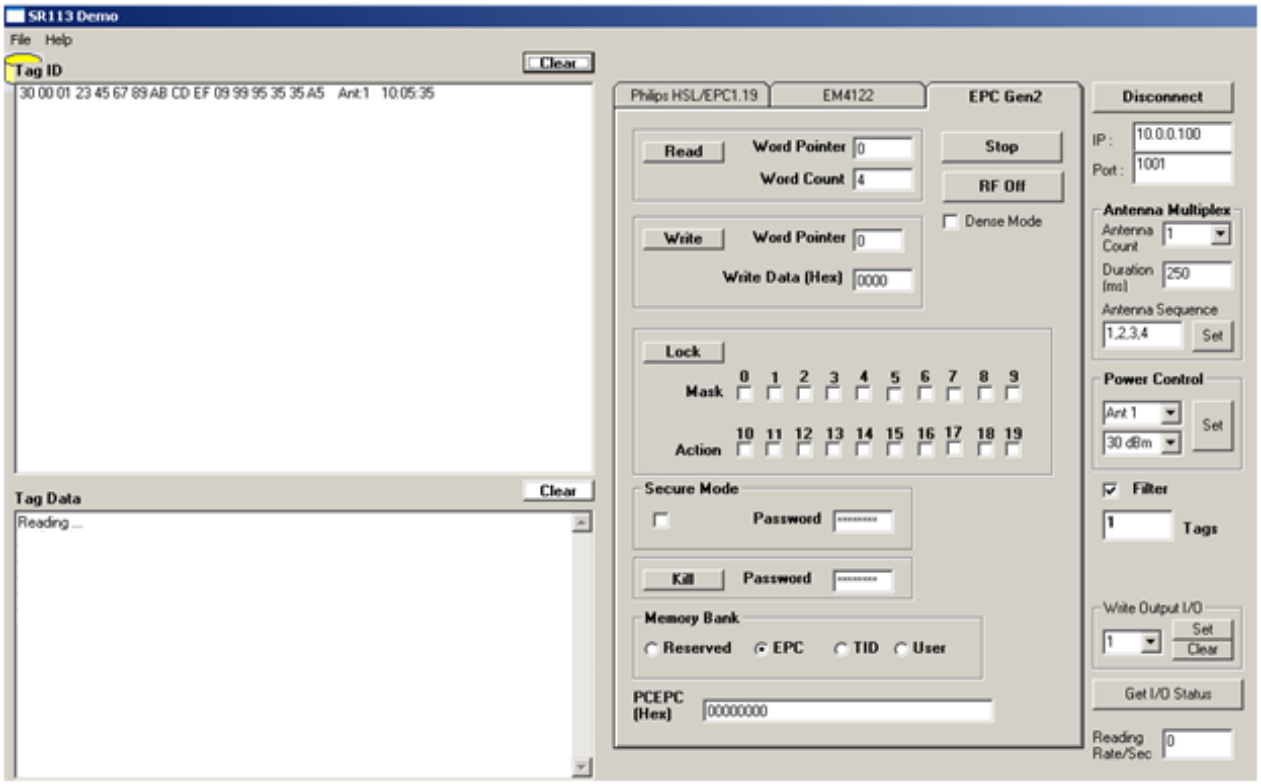
7.4.2. Tagy UHF

Pro měření UHF tagů byla použita UHF čtečka Elatec s připojenou externí anténou Symbol. Čtečka byla připojená k PC. Tagy bylo možné snímat z již větší vzdálenosti.

Obr.7.9. Externí čtečka Elatec

Obr.7.10 Použitá anténa Symbol

Přečten byl už jen obsah paměti na obr. 7.11., který se musel změnit, protože byl u některých tagů stejný.



Obr.7.11. Informace vyčtené z tagu UHF zalitého v silikonu

8. Experimentální výroba tagu

Cena u speciálních UHF Laundry tagů se pohybuje cca kolem 30-50 Kč, zatímco cena obyčejného UHF tagu se pohybuje cca pod 10 Kč. Proto se nabízí pokusit se vyrobit tag vlastní pomocí obyčejného tagu a silikonu, který stojí 123 Kč za balení 310 ml. Vyrobeno bylo 10 tagů a spotřebována byla 1/4 silikonu. Náklady na silikon tak vychází 30,75 Kč. Po vydělení počtem tagů je to 3,07 Kč/tag. Rozdíl mezi 13,07kč a 30-ti až 50-ti korunami je tedy značný.

Pro vlastní výrobu byly použity HF tagy NTAG203(F) a UHF tagy Carrier micro 3000574, jako pouzdro byl zvolen silikon [15] Lukopren S8280 (viz tabulka 8.1), pro materiál forem byla zvolena sádra a vodní sklo.

Obr8.1. použitý silikon

Lukopren S8280	
Tepelná odolnost	-50 až 200°C, krátkodobě až 250°C
Pracovní teplota/skladování	Do 30°C
Tažnost	350 %
Pevnost	1,2 N/mm^2
Provulkanizace	3 dny
Hustota	1240 kg/m^3
Barva	Šedá

Tabulka 8.1 Technické parametry použitého silikonu

Nejprve byla vyrobena sádrová forma pomocí obtisku již existujícího laundry tagu do sádry. To ale nevyhovovalo z hlediska rozměrů a sádra se také lepila a tvar byl nevhodný. Forma je na obr.8.2.

Obr.8.2. Nevhodná forma

Po této možnosti se forma vyrobila pomocí zbytku z kancelářských papírků pod kterými byla umístěna dřevěná zmenšená europaleta. Tyto špalíčky se ukázaly jako ideální řešení, podle délky se rozřezaly a použili. Tyto špalíčky se nechaly v sádře zatuhnout a poté byly vyjmuty. Pro tagy HF byla forma pouze upravena na cca polovinu delší strany.

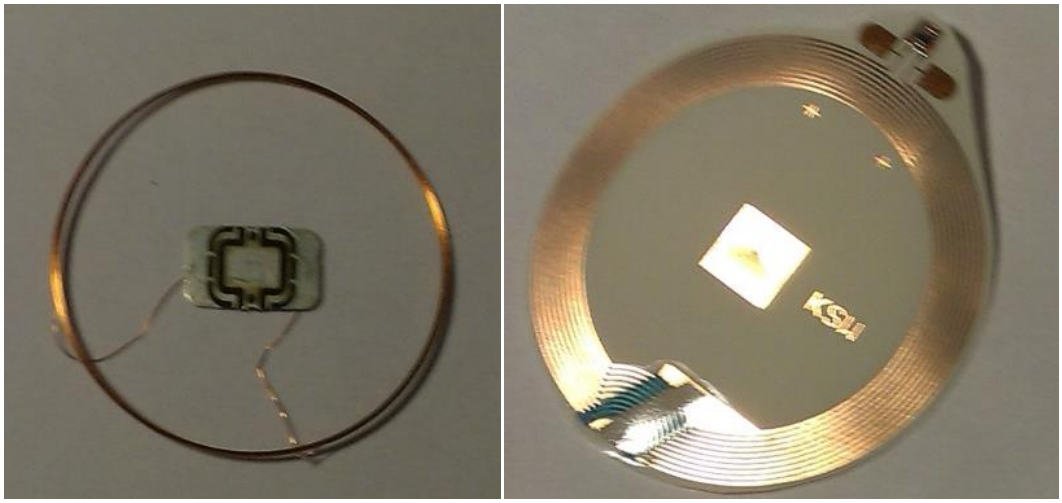
Obr.8.3. Finální forma pro UHF tagy

Po zaschnutí formy byly stěny natřeny vodním sklem (roztok křemičitanu sodného), aby šli zalité tagy dobře z formy vyndat. Nejprve bylo pokryto silikonem dno formy, pak vložen tag a překryt druhou vrstvou silikonu. Druhá vrstva silikonu byla přitlačena papírem natřeným vodním sklem a celé to bylo necháno 24 hodin zaschnout. Po 24 hodinách byly již zalité tagy vyjmuty a připraveny k použití. Hotová forma je na obr.8.3.

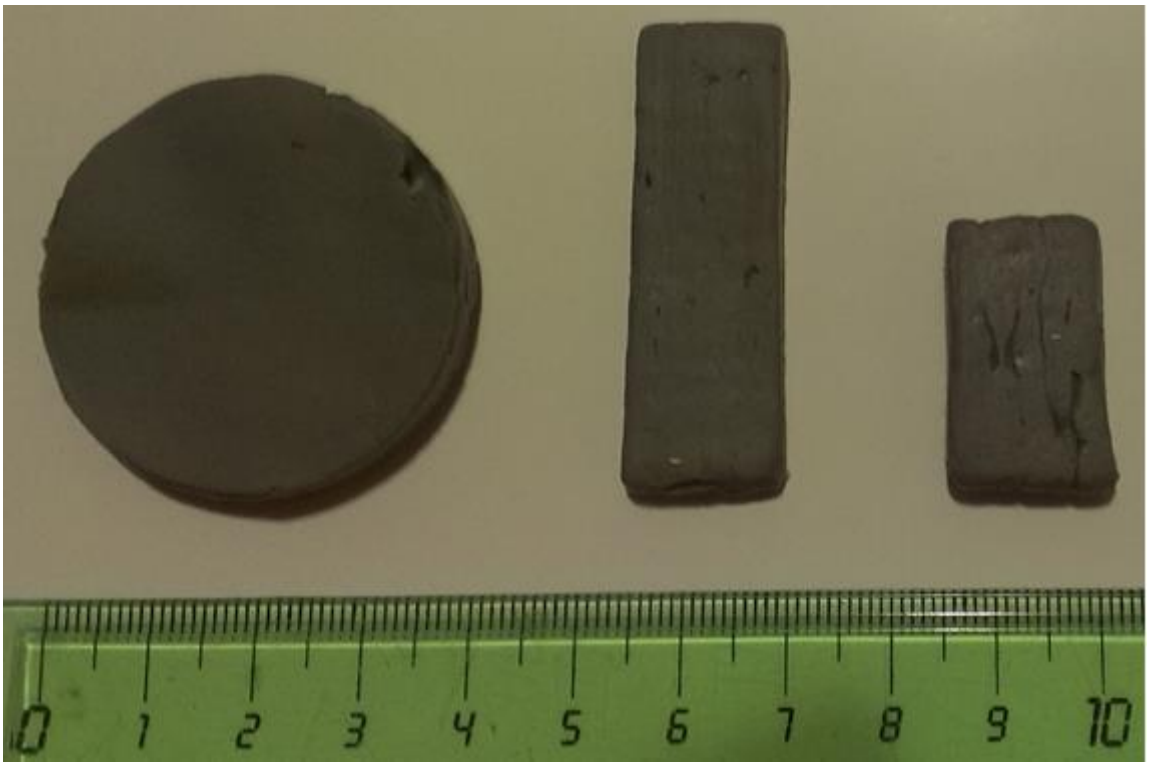
Pro zašití HF tagů bylo potřeba je vypreparovat ze skleněného pouzdra. To se bohužel povedlo jen u 2, zbylé tři byly zality znovu do silikonu z pomocí formy vzniklé z obtisku původního tagu. Hotová forma je na obr.8.4.

Obr.8.4. Kulatá forma HF tagu

Při rozebrání těchto HF tagů bylo zjištěno že ačkoliv se jedná o stejný typ tagu od jednoho výrobce obsahuje rozlišné vnitřní struktury a čipy. Jednou byla anténa motána ze slabého drátu a jednou byla použita tištěná anténa na podložce. Různé struktury jsou ukázány na obr.8.5.



Obr.8.5. Vnitřní struktura HF tagu

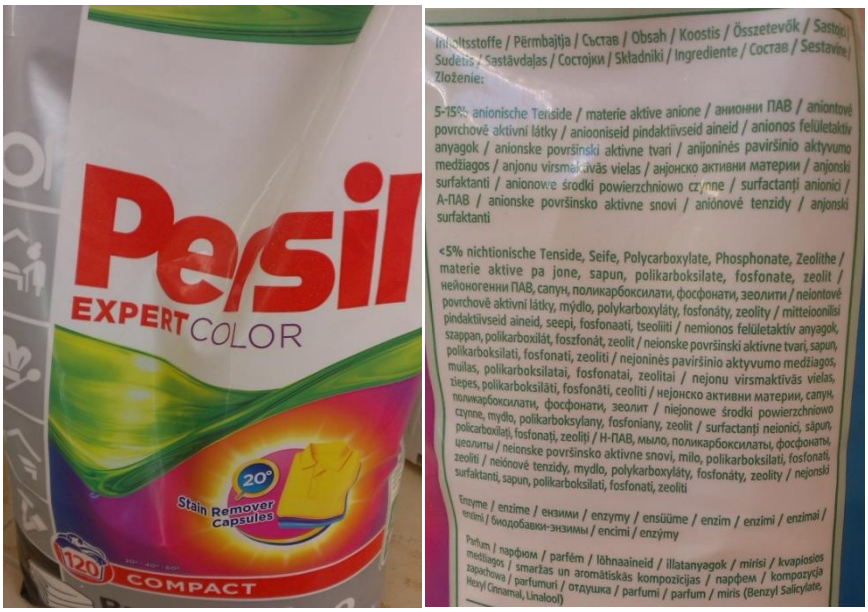


Obr.8.6. Hotové experimentální tagy. Zleva HF laundry tag znovu zalitý do silikonu, UHF tag a HF tag.

9. Měření

Tagy, které nebyly zapouzdřeny, byly experimentálně zapouzdřeny do silikonu.

Pro praní byla použita pračka Electrolux EWT 1015, při praní na 40°C a 1000 ot/min. Pro sušení byla použita sušička BOSCH WTW84360BY při 800-1400 ot/min a teplotě 55-60°C. Jako prací prášek byl použit Persil Expert Color.



Obr.9.1 Použitý prací prášek

Měření bylo provedeno po 35-ti pracích cyklech a 15-ti cyklech sušení.

9.1. Tagy zašité v tričku

V tričku bylo umístěno celkem:

- 5 ks UHF tagů
- 5 ks HF tagů.

Technický popis viz. tabulka 7.2.

Z toho byly:

- 3 ks UHF laundry tagy,
- 2 ks experimentální UHF tagy,
- 2 ks laundry tagy HF
- 3 ks experimentální HF tagy.

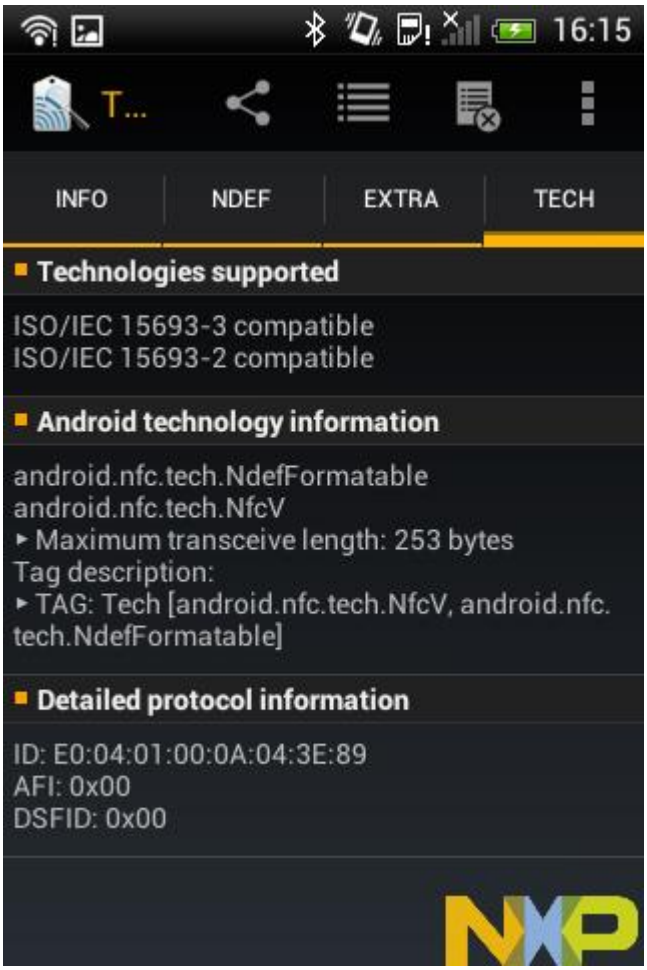
Tabulka 9.1 shrnuje výsledky měření tagů v tričku.

Tag	Zapouzdření	Vzdálenost	Počet
UHF	Laundry	110 cm	3
UHF	Experimentální	Nepřečteno	2
HF	Laundry	4 cm	1
HF	Laundry	Nepřečteno	1
HF	Laundry znovu zalité do silikonu	4 cm	1
HF	Experimentální	4 cm	2

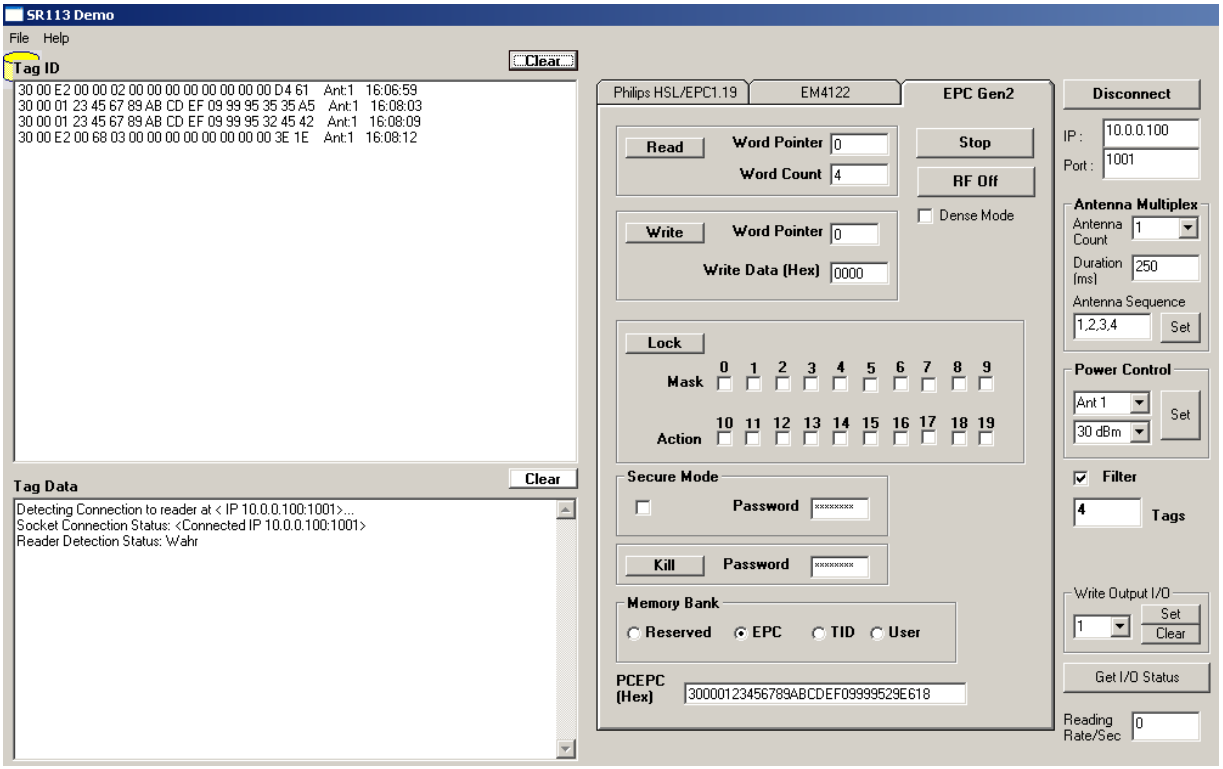
Tabulka 9.1 Výsledky měření tagů v tričku

Dva kusy experimentálních UHF tagů byly načítány pouze při mírném zmáčknutí uprostřed na vzdálenost 45 cm.

Umístění v rukávu, nebo dolním švu trička nemělo na funkčnost prokazatelný vliv, nefungoval jeden experimentální UHF tag v rukávu a jeden v dolním švu, dále nefungoval jeden HF laundry tag v dolním švu trička.



Obr.9.2. Informace vyčtené z HF tagu



Obr9.3. Načtené UHF tagy

9.2. Tagy zašité v ručníku

V ručníku byly umístěny celkem:

- 4 ks UHF tagů
- 3 ks HF tagů.

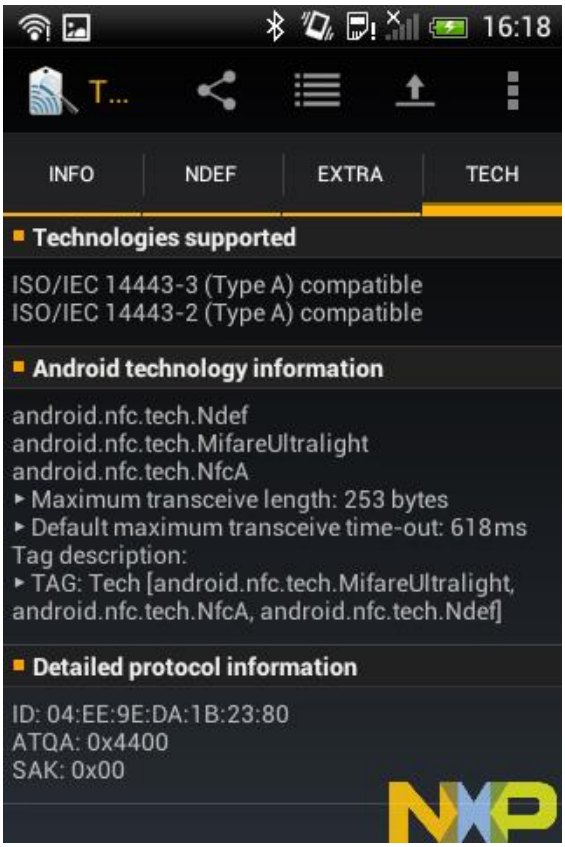
Z toho byly

- 2 ks UHF laundry tagů
- 2 ks experimentálních UHF tagů
- 1 ks experimentálního HF tagu
- 2 ks HF laundry tagů znovu zalitých do silikonu.

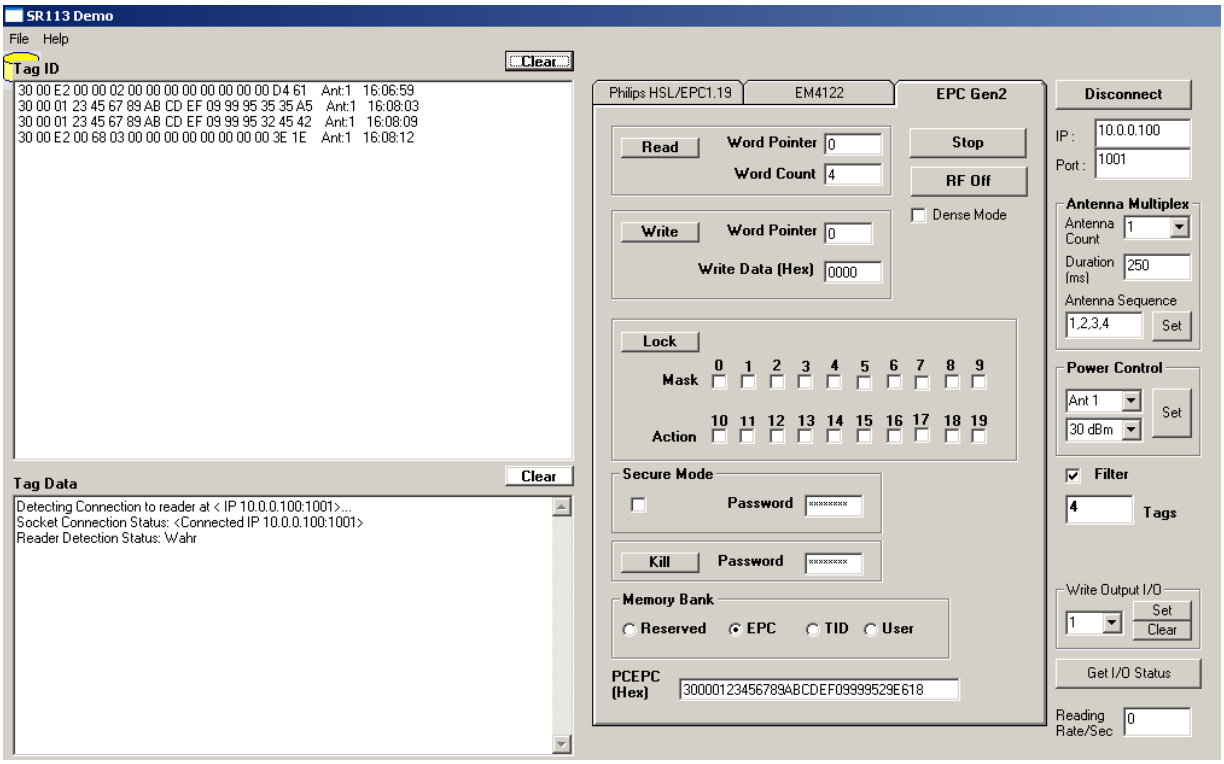
Tabulka 9.2 shrnuje výsledky měření tagů v ručníku.

Tag	Zapouzdření	Vzdálenost	Počet
UHF	Laundry	95 cm	2
UHF	Experimentální	45 cm	1
UHF	Experimentální	5 cm	1
HF	Experimentální	4 cm	1
HF	Laundry znovu zalité do silikonu	Nepřečteno	2

Tabulka 9.2 Výsledky měření tagů v ručníku



Obr.9.4. Informace načtené z HF tagu



Obr.9.5. Načtené UHF tagy

9.3. Závěr z měření

Celkem bylo měřeno 17 tagů, z toho 8 kusů HF a 9 kusů UHF tagů. Z hlediska funkčnosti bylo po provedených pracích a sušících cyklech plně funkčních 5 kusů HF tagů, 7 kusů UHF tagů a 2 kusy UHF tagů byly funkční spontánně.

UHF laundry tagy přímo určeny pro tuto aplikaci fungovaly všechny, HF laundry tag fungoval jeden ze dvou. Experimentální UHF tagy plně fungovaly dva a dva fungovaly při mírném zmáčknutí uprostřed. Experimentální HF tagy fungovaly všechny a to 3 kusy. HF experimentální glass laundry tagy znovu zalité do silikonu dva nefungovaly a jeden fungoval.

Všechny funkční HF tagy byly přečteny na vzdálenost 4 cm. Čtecí vzdálenost UHF tagů se lišila. UHF laundry tagy byly tři přečteny na vzdálenost 110 cm a dva na 95 cm. Experimentální tag UHF byl přečten na 45 cm, další na 5 cm a dva nebyly načteny.

Z výsledků měření lze prohlásit experimentální výrobu HF tagů za úspěšnou a UHF tagů za částečně úspěšnou.

Ani v jednom případě zakomponování nebyl problém s prodřením látky v okolí tagu.

Tabulka 9.3 shrnuje výsledky měření.

Tag	Zapouzdření	Počet	Přečteno
UHF	Laundry	5	ANO
UHF	Experimentální	2	ANO
UHF	Experimentální	2	NE
HF	Experimentální	3	ANO
HF	Laundry	1	NE
HF	Laundry	1	ANO
HF	Experimentální (glass tagy)	1	ANO
HF	Experimentální (glass tagy)	2	NE

Tabulka 9.3. Výsledky měření

10. Návrh inventarizačního systému pomocí RFID technologie.

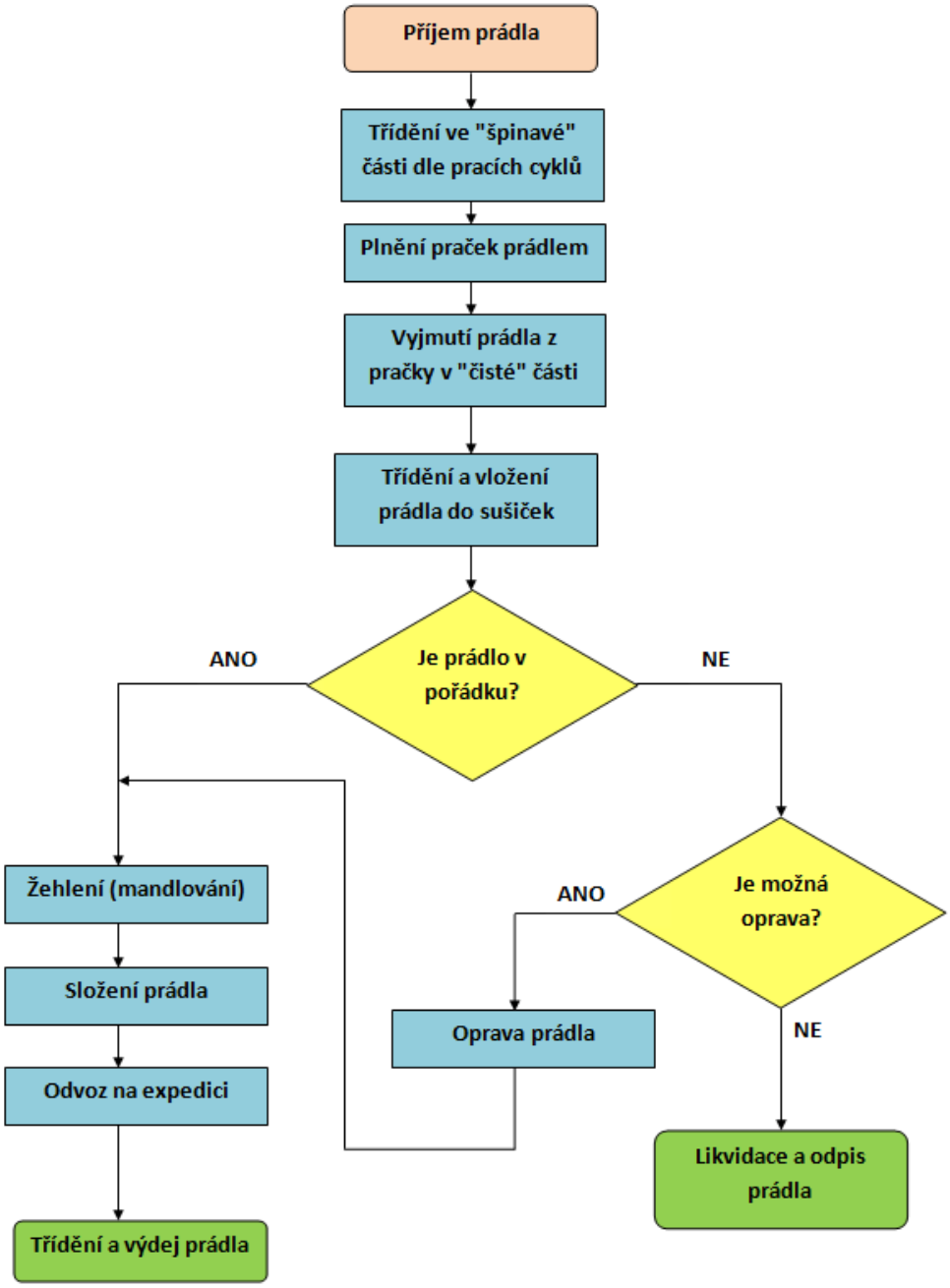
10.1. Logistika ložního prádla a oděvu

Ložní prádlo a oděv (dále jen prádlo) přijede v nákladních autech v klecích, ty se vyloží přes rampu a přijmou. Následuje třídění dle pracích cyklů jednotlivých kusů prádla ve "špinavé" části. Ta je oddělená příčkou od části "čisté". Pračky mají ve špinavé části vstup a v čisté výstup, toto umístění zajistí, že se nesetká špinavé a čisté prádlo. Po vyjmutí prádla z praček následuje vložení do sušiček a proces sušení.

Pokud je prádlo poškozené, odveze se na opravu, pokud je možná. Pokud ne prádlo se odepíše. Po případné opravě se vrací zpět.

Následuje žehlení (mandlování) a složení. Složené prádlo se odveze na expedici, kde se roztřídí podle zakázek. Po roztřídění je prádlo vydáno a odvezeno na úsek, kterému patří.

Procesy vykonávané s prádlem v prádelně jsou na Obr.10.1. Z toho vyplývá rozmístění RFID prvků v provozu, řešené v kapitole 10.2.



Obr.10.1. Procesy s prádlem v provozu

10.2. Rozmístění RFID prvků.

První RFID čtečka je umístěna přímo na rampě, kudy proudí prádlo z nákladních aut ve vzdálenosti do 2 m od tagů. Další čtečka je umístěna ve vchodu do třídírny prádla, kde se prádlo třídí podle pracích cyklů, taktéž do vzdálenosti 2 m od tagů. Po vyprání se prádlo dostane do čisté části. Dále je prádlo téměř na stejném místě dáno do sušiček, zde čteček není potřeba. Čtečka je ve dveřích k opravně prádla, kde zaznamená prádlo odvezené k opravě. Zde by mohl být slabý článek, kde by zaměstnanci mohli odnést prádlo a nechat ho odepsat. To je již potřeba řešit mimo systém RFID např. fotodokumentací odepsaného prádla, kde nadřízený jasně pozná, zda bylo prádlo určeno k odpisu. Další čtečka je u vchodu do úseku, kde se žehlí ve vzdálenosti pod 2 m, u vchodu do úseku, kde se prádlo

žehlí a dále na výstupu po složení prádla a zakončení pracích, sušících a dalších procesů. Prádlo dále putuje na expedici, kde se načte při příjezdu čtečkou ve dveřích. Po finálním roztřídění se prádlo načte čtečkou v rampě a naloží se do nákladních aut.

Počet a rozmístění RFID čteček v prostoru provozu je závislé na konstrukčním řešení budovy a liší se podle rozměrů a dělení prostor budovy.

Jednotlivé čtečky lze připojit k MiniPC, což umožní zvýšit inteligenci a tím zpracování dat v nadstavbovém softwaru. V jedné aplikaci tak má uživatel přehled o všem, co se děje, kde se nachází prádlo, kolik se ho na daném místě nachází, v kterém úseku se ztrací...

RFID tagy jsou v prádle zašity ve švu látky viz. kapitola umístění tagu 7.2.

10.3. Rozlišení aplikací dle použité frekvence

Frekvence LF je pro svůj krátký dosah pro tuto aplikaci nevhodná. Využít by se dala např. k systému docházky. Každý zaměstnanec by měl svou kartu, kterou by si přiložením ke čtečce RFID zaznamenal svůj příchod a odchod. Může být sledován i pohyb zaměstnance pomocí systému přístupů a čteček na dveřích.

Frekvence HF má dosah 10-20 cm, proto je nevhodná pro snímání velkých klecí s prádlem. Využít se dá např. pro počítání nemocničních roušek před a po operací. Na začátku se načte počet roušek dodaných na sál a po skončení operace se znovu načtou roušky použité a zbylé. Pokud se součet rovná původnímu počtu je jistota, že žádná rouška nezůstala v pacientovi.

Frekvence UHF je vhodná pro svůj dosah v řádu metrů. RFID čtečky lze umístit do dveří, vrat či průchodů a snímat co projede. Toto řešení je vhodné k zašití do produktů jako jsou ručníky, župany, prostěradla, ubrusy apod.

11. Závěr

Na začátku práce je popsána technologie RFID. Je zde vysvětlen princip funkce této technologie. Řešeny jsou frekvenční pásma, aktivní a pasivní tagy, rozdělení podle možností zápisu a způsob zapouzdření tagu. Následuje rozbor vlastností LF, HF a UHF tagů, které se liší čtecí vzdáleností, rychlostí snímání, možností hromadného snímání a rozměry. Zahrnuta je část o chování HF a UHF tagů ve vlhkém prostředí, kde je výpočtem předvedeno, jak se liší vlastnosti technologie podle použité technologie a kapitola o čtečkách RFID.

V další části jsou řešeny prádelny a standardní procesy v tomto odvětví. Zahrnuty jsou procesy jako praní, sušení a mandlování. Umístění tagu je ideálně navrženo z hlediska manipulace, nošení a pracího procesu.

V praktické části jsou již řešeny konkrétní prádelny včetně technických specifikací daných procesů. Hlavním parametrem je teplota procesů, velikost tagů pro průchod mandlem a chemická odolnost tagů.

Po zvážení všech těchto parametrů bylo navrženo řešení pomocí pasivních tagů HF a UHF. Každá technologie má svoje výhody a nevýhody. Hlavním rozdílem je čtecí vzdálenost tagů a chování ve vodě a vlhkém prostředí. Tagy jsou umístěny ve švu daného textilu, což je výrobně jednoduché. Zašito a testováno bylo celkem 17 kusů tagů a to 9 kusů UHF tagů a 8 kusů HF tagů.

Experimentálně bylo vyrobeno 6 kusů HF tagů a 4 kusy UHF tagů. Tagy určené k experimentální výrobě nebyly zapouzdřeny. Po výrobě patřičných forem a silikonu s požadovanými parametry byly tagy zapouzdřeny do tohoto silikonu. Motivací k experimentální výrobě byla finanční stránka.

Měřením po daném počtu cyklů fungovaly všechny UHF laundry tagy, 1 kus HF laundry tagu, 1 kus HF experimentálního tagu (glass znovu zalitého) a 2 kusy HF experimentálního tagu. (glass znovu zalitého) nefungovaly. Experimentální HF tagy fungují všechny a jejich výroba se tedy dá považovat za úspěšnou. V případě UHF experimentálních tagů, fungují 2 kusy a 2 kusy nefungují. Výroba těchto tagů byla neúspěšná.

Po zvážení zjištěných faktů lze uplatnění tohoto řešení najít ve větších prádelnách hotelů, nemocnic a podobných zařízení pro snadnou inventarizaci textilu. Díky hromadnému čtení zde není časová náročnost pro obsluhující personál, což šetří podniku peníze za mzdy. Dále je možné do tagu uložit údaje jako datum výroby, počet cyklů, které prádlo vydrželo, výrobce, úsek, kterému prádlo patří. To lze použít při případných reklamacích nekvalitního prádla, kdy výrobce deklaruje určitý počet cyklů, které prádlo má vydržet, nebo pro omezení ztrátovosti díky sledování toku prádla.

Ideálním řešením se jeví UHF technologie pro svou velkou čtecí vzdálenost a hromadnému čtení tagů. Prádlo bude načítáno v "suché" části, díky lepším vlastnostem na této frekvenci. Umístění tagů je ideální do švu látky.

Rozmístění RFID prvků je řešeno v prostorech kde se prádlo pohybuje z jednoho úseku do druhého. Čtečky jsou tak umístěny např. mezi nákladním autem a prostorem příjmu, mezi "špinavou" částí a konstrukčně oddělenou "čistou" částí. RFID čtečky lze připojit k MiniPC, což umožní zpracování dat v nadstavbovém softwaru a tím přehled nad veškerým prádlem na jednom místě.

Reference

[1]. *RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification*. 2. vyd. John Wiley&Sons, Ltd., 2003. ISBN 0-470-84402-7

[2]. PECHAČ, Pavel a Stanislav ZVÁNOVEC. *Základy šíření vln pro plánování radiových spojů*. 1. vyd. Praha: BEN-tachnická literatura, 2007. ISBN 978-80-7300-223-7

[3]. Low Freqency Cards. [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://www.futurlec.com/LF_Cards.shtml

[4]. NFC (Near Field Communication), RFID. [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://www.siongboon.com/projects/2012-03-03_rfid/image/hf_tag.gif

[5]. Bill's Blog - Musings of a California gun owner: Want Some Salsa With Your Chips?. [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: http://hcaeditor.blogspot.cz/2011/07/want-some-salsa-with-your-chips.html

[6]. BENELLI, Giuliano a Alessandro POZZEBON. RFID Under Water: Technical Issues and Applications | InTechOpen. [online]. 2013-06-05. [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: http://www.intechopen.com/books/radio-frequency-identification-from-system-to-applications/rfid-under-water-technical-issues-and-applications

[7]. Vodivost vody (mezní hodnota 125mS/m) | analyzavody.cz. [online]. [cit. 2014-01-28]. Dostupné z: http://www.analyzavody.cz/konduktivita/

[8]. Aktuality - Motorola MC9090 - Z RFID -mobilní čtečka pro náročné prostředí - Kodys. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: http://www.kodys.cz/o-nas/aktuality.html/3_732-motorola-mc9090-z-rfid---mobilni-rfid-ctecka-pro-narocne-prostredi

[9]. StorePOS: Promag ER750/755. [online]. [cit. 2014-05-22]. Dostupné z: http://www.storepos.co.uk/shop/rfid-readerwriters/promag-er750-755/

[10]. Hygienická stanice hlavního města Prahy. [online]. [cit. 2014-05-14]. Dostupné z: http://www.hygpraha.cz/odbory.php?ksum=MjU=

[11]. [online]. [cit. 2014-03-26]. Dostupné z: http://www.systemonline.cz/clanky/casopis/2005/05_09Gatc02X.jpg

[12]. Služby v areálu. [online]. [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: http://www.klaudianovanemocnice.cz/o-nemocnici/sluzby-v-arealu

[13]. Fakultní nemocnice Plzeň: Novinky. [online]. [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: http://www.fnplzen.cz/novinky_detail.asp?news_id=105

[14]. FN Plzeň. [online]. [cit. 2013-11-18]. Dostupné z: http://www.dataexpert.cz/sites/default/files/images/FN_Plzen.pdf

[15]. Lukopren S 8280. [online]. [cit. 2014-03-22]. Dostupné z: http://www.lucebni.cz/data/File/lukopren/Lukopren-S-UNI-T/Prospekty/Lukopren%20S%20souhrn.pdf

Seznam obrázků

Obr 3.1. Generace zátěžové modulace v tagu přepínáním drain-source impedance FETu na chipu. Nakreslená čtečka je pro detekci subnosné viz [1] 10
Obr.3.2. Příklady LF tagů [3] 11
Obr.3.3. Příklad HF tagu [4] 12
Obr.3.4. Příklady UHF tagů [5] 13
Obr.3.5. Příklad mobilní a stacionární čtečky [8] a [9] 15
Obr3.6. Příklad RFID brány [11] 15
Obr.4.1. RFID vysačka na oděvu 17
Obr.6.1 Prací prostředek Persteril 18
Obr.6.2 Myčka před samostnou sterilizací 20
Obr.6.3 Parní sterilizátor 20
Obr.6.5. Prací prostředek firmy DetaWerra 21
Obr.6.4. Používaný typ praček 21
Obr.6.6 Bělící prostředek Savo Perex 22
Obr.6.7. Používaný žehlící stroj 23
Obr.7.1. Závislost hloubky vniku na frekvenci 24
Obr.7.2. Závislost útlumu na frekvenci 24
Obr.7.3 Umístění tagů v tričku 26
Obr.7.4 Umístění tagů v ručníku. 26
Obr.7.5. V horní řadě HF tagy, v dolní UHF tagy. Levá řada zapouzdřená, pravá nezapouzdřená. 27
Obr.7.6 Informace vyčtené z tagu HF na podložce 28
Obr 7.7. Další informace vyčtené z tagu HF na podložce 29
Obr.7.8. Informace vyčtené z tagu HF umístěného ve skle a silikonu 29
Obr.7.9. Externí čtečka Elatec 30
Obr.7.10 Použitá anténa Symbol 30
Obr.7.11. Informace vyčtené z tagu UHF zalitého v silikonu 31
Obr8.1. použitý silikon 32
Obr.8.2. Nevhodná forma 33
Obr.8.3. Finální forma pro UHF tagy 33
Obr.8.4. Kulatá forma HF tagu 34
Obr.8.5. Vnitřní struktura HF tagu 34
Obr.8.6. Hotové experimentální tagy. Zleva HF laundry tag znovu zalitý do silikonu, UHF tag a HF tag. 35
Obr.9.1 Použitý prací prášek 35

Obr.9.2. Informace vyčtené z HF tagu 37
Obr9.3. Načtené UHF tagy 37
Obr.9.4. Informace načtené z HF tagu 38
Obr.9.5. Načtené UHF tagy 39
Obr.10.1. Procesy s prádlem v provozu 41

Seznam tabulek

Tabulka 7.1 Maximální hloubky pro načtení tagu 25
Tabulka 7.2 Použité tagy 27
Tabulka 8.1 Technické parametry použitého silikonu 32
Tabulka 9.1 Výsledky měření tagů v tričku 36
Tabulka 9.2 Výsledky měření tagů v ručníku 38
Tabulka 9.3. Výsledky měření 40