



## Општи подаци и протокол истраживања

**Назив Пројекта :** СИСТЕМ ЗА ЕЛЕКТРОМАГНЕТНО ПРАЋЕЊЕ У КРВНИМ СУДОВИМА И КОЛОНОСКОПИЈИ

## Предмет, садржај и циљ истраживања

### Сажетак :

Кардиоваскуларне болести су примарни узрок смртности у Србији и развијеном свету. Боље разумевање основних механизма ових болести и формулисање стратегије за њихово лечење је могуће коришћењем савремених дијагностичких апарата за обраду слике и компјутерских симулација.

Колоноскопија је уобичајена дијагностичка метода којом се под контролом ока, може испитати цело дебело црево. Ова процедура се изводи помоћу колоноскопа, савитљивог стерилисаног инструмента који, захваљујући својој савитљивости и оптичким влакнима, омогућава сигуран и прецизан преглед дебелог црева.

Тренутно постоји неколико метода обраде слика и навигација за дијагностику и терапију болести као што су Ангиографија, Магнетна Резонанца, Компјутерска Томографија и Интраваскуларни Ултразвук (енгл. Intravascular ultrasound, IVUS).

У оквиру овог пројекта развиће се специфичан хардвер и софтвер за електромагнетну навигацију микропредајника у електромагнетном пољу у реалном времену. То би значајно смањило дозе зрачења које се сада примењују код пацијента. Примена новог метода навигације ће се урадити у две области: интраваскуларна процедура и колоноскопија.

Тестирања за електромагнетно праћење пријемника ће се обавити на фантому који ће се урадити од силикона на Факултету инжењерских наука у Центру за Биоинжењеринг. Друга фаза тестирања на животињама и евентуално пацијентима ће бити предмет будућих истраживања из фондова Европских пројеката за које ћемо конкурисати.

Такође ће се развити и посебни софтвери за симулацију кретања микропредајника у сложенем тродимензионалном простору. Верификација и валидација компјутерских модела и праћење са електромагнетним сензорима ће се обавити на силиконским и виртуелним компјутерским моделима. Медицинске слике за крвне судове и дебелог црева ће се преузимати помоћу метода као што су Ангиографија, Магнетна Резонанца, Компјутерска Томографија и Интраваскуларни Ултразвук и обрађивати у посебно развијеном софтверу за тродимензионалну реконструкцију на Факултету инжењерских наука у Центру за Биоинжењеринг.



### Циљеви истраживања:

#### Циљеви истраживања:

- системом електромагнетног поља, давача и сензора направити систем за навигацију кроз крвне судове и дебело црево;
- пратити и симулирати на компјутерском моделу кретање катетера и колоноскопа;
- дизајнирати оптималан облик, позицију и јачину електромагнетног поља;
- извршити валидацију система на фантому од силикона са додатним системом камера за праћење маркера.

### Актуелност истраживања

За побољшање ендоваскуларних и колоноскопских, дијагностичких и терапијских процедура навигацијом постоји неколико решења. Једно од њих је коришћење флуороскопије. Неки аутори предлажу коришћење ултразвука као алтернативу флуороскопији [1]. Такође је могућа и комбинација примене ултразвука и флуороскопије као што је то случај уградње ендопротеза аорте [2]. Интервентна магнетна резонанца (MR) је такође применљива [3,4] али захтева значајне промене у окружењу и одговарајући протокол. Штавише, трошкови и недостатак приступа MR и даље представљају ограничење њеног коришћења. Недавно, приликом операције уградње ендографта у рачвама аорте се користила Компјутерска Томографија (Computers Tomography, CT) [5]. Ова технологија обезбеђује оперативну 3D слику за хирурга и омогућује ниже дозе контраста. Могуће је и преношење преоперативне CT слике у интраоперативно окружење путем регистрације појединих корака. Регистрација доноси податке пре интервенције (слике пацијента или модели анатомских структура) и податке унутар интервенција (слике пацијента, позиције хируршких инструмената, итд) у исти координатни оквир. Регистрација се често користи у неурохирургији или ортопедској хирургији, али се тренутно још увек не користи у ендоваскуларној хирургији. Penney и сарадници [6] су предложили 3D/2D круту регистрацију, користећи пршљен као регионе интереса, између преоперативног CT-а и интраоперативне флуороскопске слике, али тачност регистрације није била одговарајућа.

И други аутори су покушали да избегну употребу контраста и сузбију или смање флуоромикроскопију помоћу IVUS-а [7]. Регистрација се може извршити на спољашњим контурама на бази маркера који се помоћу CT снимака прате на одговарајућој позицији код пацијента. Рџол и сарадници су предложили методу праћења катетера помоћу оптичког и магнетног локализатора, ултразвучне сонде и IVUS-а [8]. Студија на фантому је показала да таква регистрација има грешку (толеранцију) од око 2,1 mm, и била је ограничене применљивости. Manstad-Nulaas и сарадници су уграђивали стент-графт у вештачку аорту са абдоминалном анеуризмом [9]. Они су користили за регистрацију 6 маркера у реконструисаној



3D слици и тражили локацију магнетног сензора на физичком моделу од стакла. Wood и сарадници су у својој студији са фантомом приликом процедуре електромагнетног праћења игле на катетеру показали поклапање са сликама које су снимљене у преоперативној фази [10]. Тренд је да се постојеће методе за навигацију и праћење унапређују и побољшавају у циљу што мање грешке и приближења прецизном кретању без коришћења техника и уређаја са зрачењем. Из широког спектра система за праћење, издвајамо електромагнетни систем за праћење (electromagnetic tracking system, EMTS) који се користи у операцијама помогнутим рачунарским системима Image-Guided Surgery (IGS).

Неки од водећих производа ове врсте су Ascension microBird [11], NDI Aurora [12] и Polhemus Fastrak [13]. Ови системи су интегрисани у неке од IGS система, као што су Medtronic Stealthstation Axiem и GE IntraTrak. Електромагнетни системи за праћење се састоје из генератора електромагнетног кола, сензора који индукују струју у магнетном колу и централне контролне јединице која сакупља податке о положају и оријентацији сензора у простору и комуницира са рачунаром. Овакав систем праћења има за циљ интегрисање у рачунарске системе који служе унапређењу медицинских захвата.

### **Предмет и опис истраживања:**

#### **задачи, методологија, очекивани резултати**

#### **Задаци истраживања су:**

- Развити систем за навигацију и праћење катетера кроз крвне судове и колоноскопа кроз дебело црево помоћу електромагнетног поља и одговарајућих сензора
- Развити систем за компјутерску симулацију кретања катетера кроз крвне судове и колоноскопа кроз дебело црево
- Дизајнирати оптималан облик, позицију и јачину електромагнетног поља
- Тестирати валидност предложене навигације на фантому од силикона са додатним системом камера за праћење и маркерима за обележавање

### **Методологија:**

Потребно је прво склопити систем калемова за формирање електромагнетног поља. Затим је неопходно поставити систем сензора за мерење јачине и фреквенције електромагнетног поља. Компјутерском анализом би се пратило кретање минијатурног предајника на катетеру и колоноскопу. Анатомске карактеристике силиконског модела односно пацијента би се моделирале помоћу одговарајућих компјутерских програма. Цео систем би контролисала аутоматска софтверска и хардверска подршка развијена на Факултету инжењерских наука у Центру за Биоинжењеринг. На крају пројекта уследила би одговарајућа обука корисника. Одржавање система би радила инжењерска подршка пројекту. Табела 1 приказује основне карактеристике водећих система за електромагнетно праћење.



Табела 1. Карактеристике водећих система [14] за електромагнетно праћење

Систем	<u>NDI AURORA</u> <u>[ndigital.com]</u>	<u>Ascension microBird</u> <u>[ascension-tech.com]</u>	<u>Polhemus Fastrak</u> <u>[polhemus.com]</u>
Тип поља	Наизменично	Једносмерно	Наизменично
Домет	500 x 500 x 500mm	580mm u svim pravcima	1200mm – 1830mm u svim pravcima
Статичка прецизност (позиција)	0.7mm RMS	1.4mm RMS	0.76mm RMS
Статичка прецизност (оријентација)	0.3° RMS	0.5° RMS	0.15° RMS
Статичка резолуција (позиција)	0.3mm @ 305mm	0.5mm @ 305mm	NA
Статичка резолуција (оријентација)	0.1° @ 305mm	0.1° @ 305mm	NA
Фреквенција	40Hz	90Hz	(120 / # sensors) Hz
Величина сензора	0.8 x 8.0mm(5DOF *) 1.8 x 9.0mm(6DOF *)	1.8 x 8.4mm (6- DOF)	23 x 28 x 15mm (6DOF)

Студије су до сада показале да системи за електромагнетно праћење имају ефективну примену у имплементацији стентова. До сада су истраживања у овој области рађена на фантом-моделима, а успешно су изведена и на животињама. У истраживању „Navigation with Electromagnetic Tracking for Interventional Radiology Procedures“ [10] имплементација је прво извршена на фантому а затим на анималном моделу.

Поступак имплементације стента са електромагнетним праћењем на свињи је већ успешно спроведен тако да треба наставити са даљим испитивањима у овој области. Предност ових система је, између осталог и у изостанку радијације, односно озрачивања пацијента као и медицинског особља.

За побољшање ендоваскуларних и колоноскопских, дијагностичких и терапијских процедура са електромагнетним праћењем, потребна је следећа опрема:

- Tabletop field generator (генератор електромагнетног поља)
- System control unit (сакупља податке положаја и оријентације сваког сензора и обавља комуникацију са рачунаром)
- 4 x sensor interface units (појачава електричне сигнале сензора и повећава домет између System control unit-а и сензора и уједно редукује сметње)
- Software за обраду података
- 6DOF Reference disc 25mm
- 2 x 6DOF Catheter – Type 2, 1.3mm
- 6DOF Shape Tool – Type 1, 2.3mm, 4m
- Shape Tool Adapter, Type 1
- 6DOF Cable Tool, 2.5 x 12mm
- Micro 6DOF Sensor Tool, 0.8 x 9mm, 2.5m



### **Очекивани резултати:**

Овај пројекат ће омогућити дизајнирање и инсталирање прве опреме за електромагнетно праћење катетера и колоноскопа у Србији која се може применити у клиничкој пракси. Много прецизније праћење кретања катетера у крвним судовима и колоноскопа у дебелом цреву ће омогућити нова сазнања о поремећајима пацијената. Значајно ће бити смањено зрачење за пацијенте. Развиће се нови алгоритми и модели за компјутерску динамику кретања електромагнетног пријемног микросензора. Пројекат подразумева и обуку младих кадрова за коришћење сложеног система електромагнетног праћења. Публиковаће се резултати истраживања у водећим међународним часописима.

### **Значај истраживања**

Веома је значајно направити прву лабораторију за компјутерску анализу праћења електромагнетног сензора код пацијената у Србији и започети истраживања чији резултати могу имати примену у клиничкој пракси. Очекују се нови компјутерски модели за динамику кретања електромагнетног сензора. Компјутерски програми који анализирају кретања катетера кроз крвне судове и колоноскопа кроз дебело црево омогућиће много прецизнију контролу и дизајнирање процеса мониторинга и терапије за сваког пацијента понаособ.

Осим побољшања у свакодневном клиничком раду, очекује се да ће добијени резултати бити веома интересантни и широј научној заједници и бити публиковани у водећим часописима из ове области. Све напред наведено може омогућити апликацију нових научних пројеката на националном нивоу и код Европске Уније.

### **Временски оквир**

Предвиђена је следећа динамика пројекта:

Куповина хардвера и софтвера- 3. месец

Набавка и инсталација софтвера – 6. месец

Прва мерења и калибрација на силикон моделима– 8. месец

Обављена мерења и предлог првих поступака на животињама и пацијентима – 10. месец

Обука младих кадрова, публикавање радова и писање нових пројеката – 12. месец

### **Литература (200 речи)**

- [1] Garret HE, Abdullah AH, Hodgkiss TD, Bugar SR. Intravascular ultrasound aids in the performance of endovascular repair of abdominal aortic aneurysm. J Vasc Surg 2003 Mar;37(3):615-8.
- [2] Marty B, Tozzi P, Ruchat P, Haesler E, von Segesser LK. Systematic and exclusive use of intravascular ultrasound for endovascular aneurysm repair e the Lausanne experience. Interact Cardiovasc Thorac Surg 2005 Jun;4(3):275-9.



- [3] Raman VK, Karmarkar PV, Guttman MA, Dick AJ, Peters DC, Ozturk C, et al. Realtime magnetic resonance-guided endovascular repair of experimental abdominal aortic aneurysm in swine. *J Am Coll Cardiol* 2005 Jun 21;45(12):2069-77.
- [4] Eggebrecht H, Heusch G, Erbel R, Ladd ME, Quick HH. Real-time vascular interventional magnetic resonance imaging: the future of aortic stent-graft placement. *Basic Res Cardiol* 2007;102(1):1-8.
- [5] Dijkstra ML, Eagleton MJ, Greenberg RK, Mastracci T, Hernandez A. Intraoperative C-arm cone-beam computed tomography in fenestrated/branched aortic endografting. *J Vasc Surg* 2011 Mar;53(3):583-90.
- [6] Penney GP, Batchelor PG, Hill DL, Hawkes DJ, Weese J. Validation of a two- to three-dimensional registration algorithm for aligning preoperative CT images and intraoperative fluoroscopy images. *Med Phys* 2001 jun;28(6):1024-32
- [7] Kaspersen JH, Sjølie E, Wesche J, Asland J, Lundbom J, Odegård A, et al. Threedimensional ultrasound-based navigation combined with preoperative CT during abdominal interventions: a feasibility study. *Cardiovasc Intervent Radiol* 2003 aug;26(4):347-56.
- [8] Pujol S, Pecher M, Magne J-L, Cinquin P. A virtual reality based navigation system for endovascular surgery. *Stud Health Technol Inform* 2004;98:310-2.
- [9] Manstad-Hulaas F, Ommedal S, Tangen GA, Aadahl P, Hernes TN. Side-branched AAA stent graft insertion using navigation technology: a phantom study. *Eur Surg Res* 2007;39(6):364-71.
- [10] Wood BJ, Zhang H, Durrani A, Glossop N, Ranjan S, Lindisch D, et al. Navigation with electromagnetic tracking for interventional radiology procedures: a feasibility study. *J Vasc Interv Radiol* 2005 apr;16(4):493-505
- [11] Ascension Technology Corporation and NDI company, [www.ascension-tech.com](http://www.ascension-tech.com)
- [12] NDI, [www.ndigital.com](http://www.ndigital.com)
- [13] Polhemus, [www.polhemus.com](http://www.polhemus.com)
- [14] A. De Lambert., S. Esneault., A. Lucas., P. Haigron., Ph. Cinquin., J.-L. Magne., Electromagnetic Tracking for Registration and Navigation in Endovascular Aneurysm Repair: A Phantom Study, *European Journal of Vascular and Endovascular Surgery* 43(2012) 684-689