

1 Paper von Rafael

Precision is the ultimate aim of stereotactic technique. Demands on stereotactic precision reach a pinnacle in stereotactic functional neurosurgery.[1]

Mittels MRT magnetische Marker durch Gefäße navigieren. Könnte problematisch für unser System werden wenn WEC's so gesteuert werden. Zeigt welche Magnetfeldstärken im MRT benutzt werden. Weiß nicht ob auch andere Navigationssysteme ähnliche Magnetfeldstärken aufweisen.[2]

Permanentmagnet an Tubus, der wird in Hals eingeführt und dabei durch Magnetsensoren (die im Patienten als Halsband angezogen werden) getrackt. Hierbei werden zwei mathematische Modelle betrachtet eins davon ist mit einem **ANN Artificial Neural Network**.

Hier wird ein Paper zitiert, dass zeigen soll wieso Magnetfeld gut ist um Menschen zu durchleuchten (weil permeabilität Gewebe fast wie Luft). Wert wird auf p.135 genannt.

Außerdem werden **kommerziell erhältliche System?** erwähnt (nichts namentlich müsste man selbst recherchieren was es da schon gibt).

Inverse Problem mit magnetic field model for the forward problem einigermaßen gut erklärt. [3]

In einen Tumor wird ein kleiner Chip implantiert. Ultraschallsonde in Anus, mit langer Nadel wird Chip (5mm x 5mm)implantiert. Anscheinend wird so ein Verfahren "routinely" in brachytherapy seed implants benutzt. Hier wird schön der **Zusammenhang dB - Strecke - Frequenz, also wie weit welche Frequenzen durch menschliches Gewebe durchtreten können** aufgezeigt. Höhere Antennenfrequenzen erzeugen mehr induktionsstrom, aber attenuate more through tissue! [4]

Auch gutes Paper über WECs Permanent Magnet erzeugt Feld. Eine WCE (wireless capsule endoscopy) **Kapsel hat sechs onboard Sensoren** die das Magnetfeld messen und somit die Position gemessen wird. Ein Roboterarm wird genutzt um die Kapsel herum zu bewegen, die Position des Arms (Auflösung 2 mal 10 hoch minus 2 mm) wird als Referenz für die Präzisionsmessungen genommen. Alle Fehler werden nur in Prozent rel. Fehler angegeben was etwas nervig ist. Laut Introduction kleiner 7mm.

Hier ist außerdem auf S.2 ein **guter Vergleich mehrerer WCE Tracking Systeme und ihrer Präzision aufgelistet**.

Der Kollege Christian Di Natali hat noch eins zwei gute Papers über induktive Lokalisation in der Medizin und WECs. [5]

Gutes Paper, sehr genaue Hirnchirurgie

Genau was ich vorhabe! **Mit Roboterarm in Hirn stechen und position der Spitze ermitteln. An Spitze sitzt ein Permanentmagnet und auf den Schädel werden mehrere magn. Sensoren aufgeklebt**. Die Präzision liegt hier zwischen 1 und 4 mm. Allerdings ist der abgedeckte Bereich lediglich 4x4x2cm klein (weiß nicht wie tief man mit max Nadel rein muss). Auch mit Artificial Neural Network die Position errechnen.[6]

Hier werden endoskopische Geräte getrackt. **An der Spitze der endosk. wird ein permanent Ringmagnet platziert.** Um die ROI in der getrackt wird ist ein Plexiglastasten aufgebaut (0.4m x 0.3m x 0.5m) (keine Ahnung wie da durch operiert werden soll) und außen dran werden magnetische Sensoren platziert.

Dann werden hier irgendwie zwei simulierte Datensätze gegeneinander verglichen. Mir fehlt eigentlich der real durch Versuche erzeugte Datensatz. Aber sie erzielen eine Präzision von 0.003mm ohne Noise wohlgesagt![7]

Das Paper liest sich super und erscheint mir ziemlich professionell. Ein permanent Magnet in einer endoskopischen Kapsel, wird von nem Schwein verschluckt. Vier Sensoren die auf einer Platte fest montiert sind, messen dabei das Feld. Die ergebnisse werden (glaub per Zigbee) an einen PC geschickt, der dann die Position ermittelt. Die Präzision wurde mittels Röntgen verifiziert, wobei hier glaube ich nur 1 Versuch gemacht wurde. Der Vorteil hier, scheint dass es ein einfaches System ist, nicht so teuer und wenige Sensoren (4). Wobei Prof. Zwanger meinte, dass der Preis kein Argument sein, fast ausschließlich die Präzision und dabei schneidet es nicht besser als die anderen Systeme ab. Hier ist ne hammer Tabelle drin die mehrere endoskopische Kapsel tracking Systeme in ihrer Präzision vergleicht und den Raum den sie abdecken. [8]

Super good paper. Looks at a bunch of different methods to track Wireless endoscopic capsules (WEC) -i see Table 1 (even X-Ray, Gamma-Ray, electromagnetic, etc.) Looks super professional. Conclusion zeigt aber auch wieso unser System im Bereich WECs strugglen könnte: As shown in the table, the **approaches which have potential to obtain high accuracy position and orientation data are either influenced by the magnetic field to be used for actuation or be complex and still at the proof-of-principle stage.** [9]

Hier wird zum ersten Mal eine **endoskopische Kapsel aufgezeigt die Biomarker bzw Medikamente mit einem Drug release mechanismus an bestimmter Stelle im Darm ablassen soll.** Hier wird auch ein Bild gezeigt wo der Permanentmagnet in der Kapsel liegen soll. Das sieht nach Platzverbrauch aus, **wir könnten unsere coils außenrum Wickeln, könnte vom Volumen her sparsamer sein.** [10]

Particle swarm optimization (PSO) algorithm schon öfters gehört. Was ist das? Hier werden mehrere Objekte (Endoskope, Herzklappenprothese und gastrointrnal transit of solid oral dosage forms or nutrients) getrackt. Aber mann muss das ganze in eine Box stellen drum herum sind die Sensoren platziert. Nervig für Arzt.[11]

Die folgenden Paper gehen alle über MEG, sind sehr mathematisch und bringen mir wahrscheinlich nichts. **Brain mapping und Herz mapping. Dafür bräuchten wir glaube ich viel feinere Sensoren (SQUIDS).** [12] [13, 14][15][16] [17] [18]

Der Kollege hier hat 4 Halls Sensoren die es aufm Markt damals gab zusam-

men genommen, **seinen eigenen einfachen "Reader" zusammengeschnitten** und einen error in mm range (glaub 1 oder 2mm) bei 40Hz aufnahme Rate bekommen. Real time tracking geht auch so halbwegs. Er meint, dafür bräuchte man 20Hz.

Achja er trackt einen zyl. permanentmagneten mit durchmesser 8mm und Länge 8mm.

Könnte ein hilfreiches Paper sein, aber scheint nicht sonderlich professionell (dunno hab die Autoren nicht recherchiert, allein vom Titel und Namen ich sehe keine PHD's oder Profs). Der Aufbau wirkt auch sehr rudimental. Ich glaube dieses Paper geht davon aus, dass die **Kapsel allein durch die GI tract movements bewegt** wird und nicht durch Magnetfelder gesteuert wird. Das könnte für uns ein hilfreiches argument sein, sollte man genauer recherchieren wie das sonst abläuft. [19]

Mit 8 Antennen (fluxgate magnetometern) einen Permanentmagnet (in Pillenform 2.5cm lang, diameter 0,78cm). In abgeschirmtem Raum (sound proof, ka wie gut das magnetfeld abschirmt).

Die Studie behauptet in Conclusion, dass sie die erste Studie sei die ein System prüft, dass später potenzielle WEC's tracken kann. Sie ist aus 1997, könnte also stimmen.

Es wird nichts über positional oder orientational error gesagt. Der Magnet wird auch an ort und stelle gehalten und lediglich rotiert um eine GI tract moovement zu simulieren. Anhand der Änderung des Winkels könnte man die Stärke der GI tract movement zurückführen eventuell...

Coole Idee, uralt, eins der vllt ersten Papers zu diesem Thema? **Umgebungsmagnetfeld vorher messen, dann als konstant ansehen und rausrechnen. Das können wir besser mit calibrate** [20]

2 weiterführende Recherche verwandt mit Rafis Papers

3 Fragen und Ideen während Literaturrecherche

1. Was nehme ich als Referenzwert für die Präzisionsmessung?
 - Robot Arm, Infrared System, Paper with grid
2. Could MagPos Project (Oliver) be viable here?
 - Some paper called active objects in WECs the future
 - Problematik bei stereotaktischen Eingriffen handling der Instrument eingeschränkt?
 - WECs bräuchten Stromzufuhr, eventuell Exciter Induktion oder Akku
 - Endoskopie Instrumente haben sowieso Stromzufuhr für Kameras und Licht, etc.
3. Können wir Schrauben lokalisieren? Welche Frequenz hat welches Material und Schraubengröße? Macht uns Titan (nicht sehr magnetisch) zu große Probleme? Can we track a tooth filling as a kind of built in marker of the patients coordinate system?
 - Prof Zwangers Aussage dazu: Man muss auch immer Gewebe drumherum

anschauen um zu sehen ob Schraube richtig sitzt, das können wir nicht. Aber gibt es Anwendungen bei denen das umliegende Gewebe nicht so wichtig ist?

Materials being used:

Miniplates have been used during the last decade to facilitate stability between bony fragments in the maxillofacial region, and are nowadays the preferred method for fixation of fractures and osteotomies [1]. Primarily, stainless steel (Fe-Cr-Ni-Mo alloys) and titanium (commercially pure Ti) are used as materials for these derides (Torgersen 1994, Vorsicht zu dem Paper finde ich keine DOI deswegen ists nicht in Citvai und das Paper zitiert diese Stelle wiederum aus einem neuen Paper das ich gar nicht finden kann).

As a new generation of medical metallic material, magnesium (Mg) and its alloys with or without surface coating have attracted a great deal of attention due to its biodegradability and potential for avoiding a removal operation. Currently, permanent metals with good mechanical strengths and biocompatibility, including stainless steel (SS), titanium (Ti) alloys and cobalt-chromium (CoCr) alloys, have been widely used in orthopaedic field [21]

Sixty stainless steel external fixation tapered screws were used: thirty screws were plasma sprayed with Hydroxyapatite while the others remained uncoated (Orthofix, Bus-solengo, Italy). [22]

4. Könnte man einen Stent tracken und daraus direkt die Position der Vene schließen?
5. Könnten wir Magnetfeld von navigations Systemen die WECs magnetisch bewegen mit unserem calibration rausrechnen? Das wäre ein ziemlicher Vorteil bisheriger Systeme und das ist auch hauptproblem ind loc Systeme von WECs. Aktives Objekt
6. Könnte man schnell Pistolenkugeln tracken und anzeigen wo eventuelle Schrapnelle im Körper befindlich sind?
7. Is a permanent magnet viable? How strong is it? Does it decrease in magnetic field strength over time?
8. Bisherige Papers nehmen oft permanent magnet in eine WEC auf. Das braucht Platz innerhalb der Kapsel. Vielleicht könnten wir sie kleiner machen indem wir unsere Coils außenrum verlegen?
9. What exactly is Particle Swarm Optimization, Artificial Neural Network, Iterative forward model (or something like that, see Paper Number 3 in References)? What mathematical model do we use? Should I even look into that? What exactly is the electromagnetic inverse problem everyone is talking about?
10. Tracking multiple objects is not done very often. Could we be better than Konkurrenz there?
11. How expensive are SQUID sensors and a magnetically shielded environment? Could that improve our precision?

- This is used for brain mapping. Finding the source of a current in the brain.
- 12. In the whole process should we be mainly looking to improve the sensors (SQUID?), the object (active object) or the exciter (inductive power source for object)?
- 13. There is research being done to navigate the WEC via a magnetic field. This could interfere with our system, just as every other magnetic localization system. One paper (2001 Wang) suggests that the WEC only gets moved by GI tract movement. Should we care about the magnetic navigation systems of WECs or are they not being used enough? Are WECs even used enough to rechtfertige investigating the localization of them?
- 14. Only one paper actually measures the surrounding magnetic field (of the earth and just general noise) (1997 Prakash). He measures it, sieht es dann als konstant an und rechnet es raus. Could we do that better or shine with our calibration?
- 15. Könnte man aus Bewegungsstärke einer WEC Rückschlüsse auf die Stärke der GI tract Bewegungen schließen? Bringt das überhaupt medizinisch etwas?

References

- [1] Ludvic Zrinzo. Pitfalls in precision stereotactic surgery. *Surgical neurology international*, 3(Suppl 1):S53–61, 2012.
- [2] Maxime Latulippe and Sylvain Martel. Dipole field navigation: Theory and proof of concept. *IEEE Transactions on Robotics*, 31(6):1353–1363, 2015.
- [3] Zhenglong Sun, Shaohui Foong, Luc Marechal, Tee Hui Teo, U-Xuan Tan, and Asim Shabbir. Using heterogeneous sensory measurements in a compliant magnetic localization system for medical intervention. In *2015 IEEE International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics (AIM)*, pages 133–138. IEEE, 07.07.2015 - 11.07.2015.
- [4] M. Beigel and J. McGary. Accurate, real-time localization of subminiature inductive transponders: tumor localization as an example. In *Proceedings of the 2005 European Conference on Circuit Theory and Design, 2005*, pages 173–176. IEEE, 29th August - 1st September 2005.
- [5] Christian Di Natali, Marco Beccani, Nabil Simaan, and Pietro Valdastri. Jacobian-based iterative method for magnetic localization in robotic capsule endoscopy. *IEEE Transactions on Robotics*, 32(2):327–338, 2016.
- [6] Luc Marechal, Shaohui Foong, Zhenglong Sun, and Kristin L. Wood. Design optimization of the sensor spatial arrangement in a direct magnetic field-based localization system for medical applications. In *2015 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, pages 897–900. IEEE, 25.08.2015 - 29.08.2015.

- [7] Shuang Song, Baopu Li, Wan Qiao, Chao Hu, Hongliang Ren, Haoyong Yu, Qi Zhang, Max Q.-H. Meng, and Guoqing Xu. 6-d magnetic localization and orientation method for an annular magnet based on a closed-form analytical model. *IEEE Transactions on Magnetics*, 50(9):1–11, 2014.
- [8] Duc Minh Pham and Syed Mahfuzul Aziz. A real-time localization system for an endoscopic capsule. In *2014 IEEE Ninth International Conference on Intelligent Sensors, Sensor Networks and Information Processing (ISSNIP)*, pages 1–6. IEEE, 21.04.2014 - 24.04.2014.
- [9] Trung Duc Than, Gursel Alici, Hao Zhou, and Weihua Li. A review of localization systems for robotic endoscopic capsules. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 59(9):2387–2399, 2012.
- [10] Nasir Mehmood and Syed Mahfuzul Aziz. Magnetic sensing technology for in vivo tracking. In *2012 International Conference on Emerging Technologies*, pages 1–4. IEEE, 08.10.2012 - 09.10.2012.
- [11] Wan'an Yang, Chao Hu, Mao Li, Max Q.-H. Meng, and Shuang Song. A new tracking system for three magnetic objectives. *IEEE Transactions on Magnetics*, 46(12):4023–4029, 2010.
- [12] Fabio Freschi. Localization of sources of brain activity: A milp approach. *IEEE Transactions on Magnetics*, 46(8):3429–3432, 2010.
- [13] Shiqin Jiang, Ming Chi, Lei Zhang, Ming Luo, and Lemin Wang. Dipole source localization in magnetocardiography. In *2007 Joint Meeting of the 6th International Symposium on Noninvasive Functional Source Imaging of the Brain and Heart and the International Conference on Functional Biomedical Imaging*, pages 320–322. IEEE, 12.10.2007 - 14.10.2007.
- [14] Shiqin Jiang, Jiaming Dong, Ming Chi, and Weiyuan Wang. Graphical model for the cardiac multi-dipole sources. In *2008 International Conference on Technology and Applications in Biomedicine*, pages 434–436. IEEE, 30.05.2008 - 31.05.2008.
- [15] J. Schreiber, J. Haueisen, and J. Nenonen. A new method for choosing the regularization parameter in time-dependent inverse problems and its application to magnetocardiography. *IEEE Transactions on Magnetics*, 40(2):1104–1107, 2004.
- [16] S. Baillet, J. C. Mosher, and R. M. Leahy. Electromagnetic brain mapping. *IEEE Signal Processing Magazine*, 18(6):14–30, 2001.
- [17] Laurent Albera, Anne Ferréol, Delphine Cosandier-Rimélé, Isabelle Merlet, and Fabrice Wendling. Brain source localization using a fourth-order deflation scheme. *IEEE transactions on bio-medical engineering*, 55(2 Pt 1):490–501, 2008.
- [18] C. Lamus, C. J. Long, M. S. Hämäläinen, E. N. Brown, and P. L. Purdon. Parameter estimation and dynamic source localization for the magnetoencephalography (meg) inverse problem. *Proceedings. IEEE International Symposium on Biomedical Imaging*, 2007:1092–1095, 2007.

- [19] Xiaona Wang, M.Q.-H. Meng, and Yawen Chan. A low-cost tracking method based on magnetic marker for capsule endoscope. In *International Conference on Information Acquisition, 2004. Proceedings*, pages 524–526. IEEE, June 21-25,2004.
- [20] N. M. Prakash and F. A. Spelman. Localization of a magnetic marker for gi motility studies: an in vitro feasibility study. In *Proceedings of the 19th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 'Magnificent Milestones and Emerging Opportunities in Medical Engineering' (Cat. No.97CH36136)*, pages 2394–2397. IEEE, 30 Oct.-2 Nov. 1997.
- [21] J. A. Disegi and L. Eschbach. Stainless steel in bone surgery. *Injury*, 31:D2–D6, 2000.
- [22] Carla Renata Arciola, Lucio Montanaro, Antonio Moroni, Michele Giordano, Arturo Pizzoferrato, and Maria Elena Donati. Hydroxyapatite-coated orthopaedic screws as infection resistant materials: in vitro study. *Biomaterials*, 20(4):323–327, 1999.