

^{19}F MRI kodování pomocí chemického posunu

Martin Vít (martin.vit@tul.cz), Daniel Jiráček (daji@ikem.cz)

Abstrakt

Potřeba bezdrátového kodování a uchovávání informace pomocí neobvyklé a unikátní technologie zažívá v posledních letech prudký rozvoj. Spojení moderních poznatků přírodních věd umožňuje rozvíjet tyto metody nekonvenčními přístupy, které se v současnosti mohou zdát těžkopádné, ale do budoucna mohou vytyčit tu pravou cestu.

Úvod

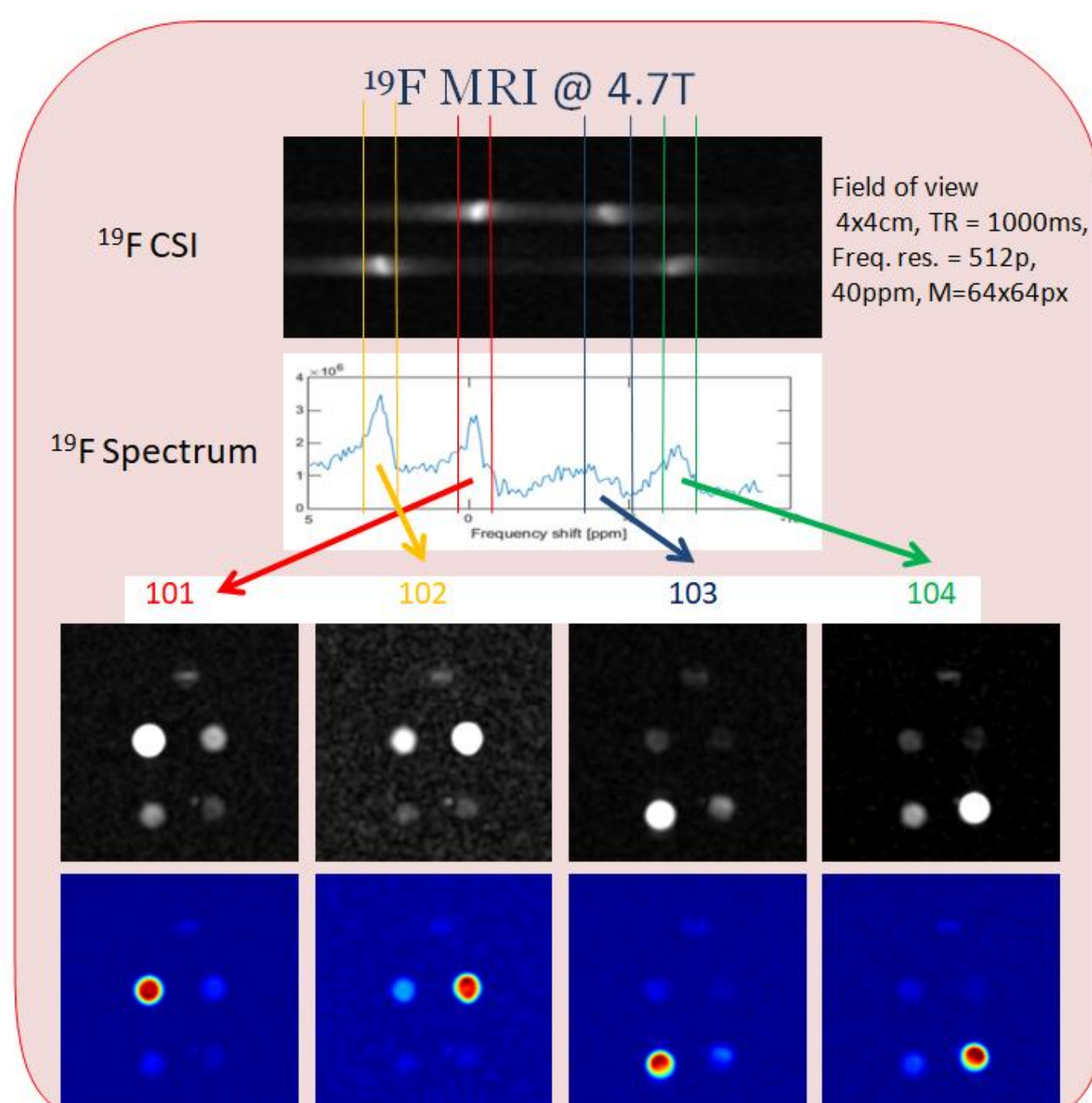
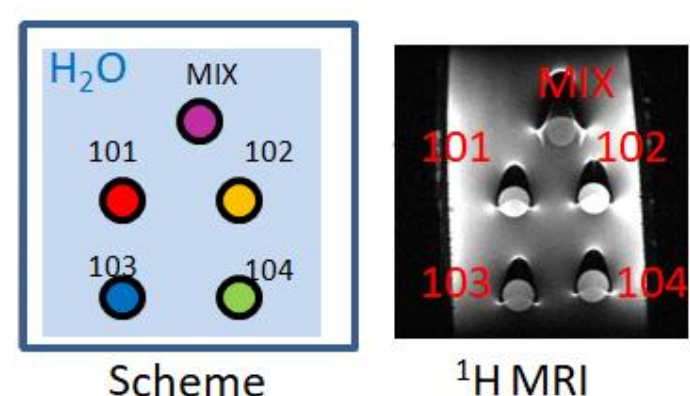
Zobrazování pomocí magnetické rezonance (MRI) je dnes již rutinní vyšetřovací metodou zvláště v medicíně a výzkumu. Využití této zobrazovací metody ke kodování informace však zatím bylo využito pouze v omezené míře [1]. Jeden ze základních parametrů signálu magnetické rezonance (MR) je chemický posun, což je v případě 1D spektra poloha spektrální čáry. Jsou známy chemické sloučeniny, které jsou charakterizovány shodnými MR vlastnostmi, lišící se pouze chemickým posunem. Takto získané sady látek s rozdílnou rezonanční frekvencí mohou být užity jako jednotlivé bity kódového systému. Pokud se přesuneme z 1D spektra do 3D prostoru, kdy 2 dimenze jsou prostorové a jedna frekvenční můžeme pomocí MRI získat obrazy podobné například QR kodu, přičemž třetí dimenze, reprezentující frekvenční posuv nám umožní do jednoho takového MRI-QR kodu zakódovat několik hladin signálu a vytvořit vícepatrový QR kod. Nutnou podmínkou k zvládnutí takového měření je odpovídající HW vybavení díky kterému bude možno v přiměřeném čase naměřit signály produkované těmito látkami.

Metodika

Experimenty jsou koncipovány pro stroj Bruker Biospec 47/20 s magnetickou indukcí 4.7T. Pro náběr dat byla využita sekvence Chemical Shift Imaging (CSI) s parametry Repetiční čas = 800ms, šířka frekvenčního okna 56ppm, rozlišení 512p 64x64px, Field of view = 4x4cm, čas měření=22h.



Bruker Biospec 47/20



Obr.1: Pilotní pokus MRI kódování, který ukazuje že jsme pomocí zvoleného postupu schopni odlišit signály jednotlivých látek.

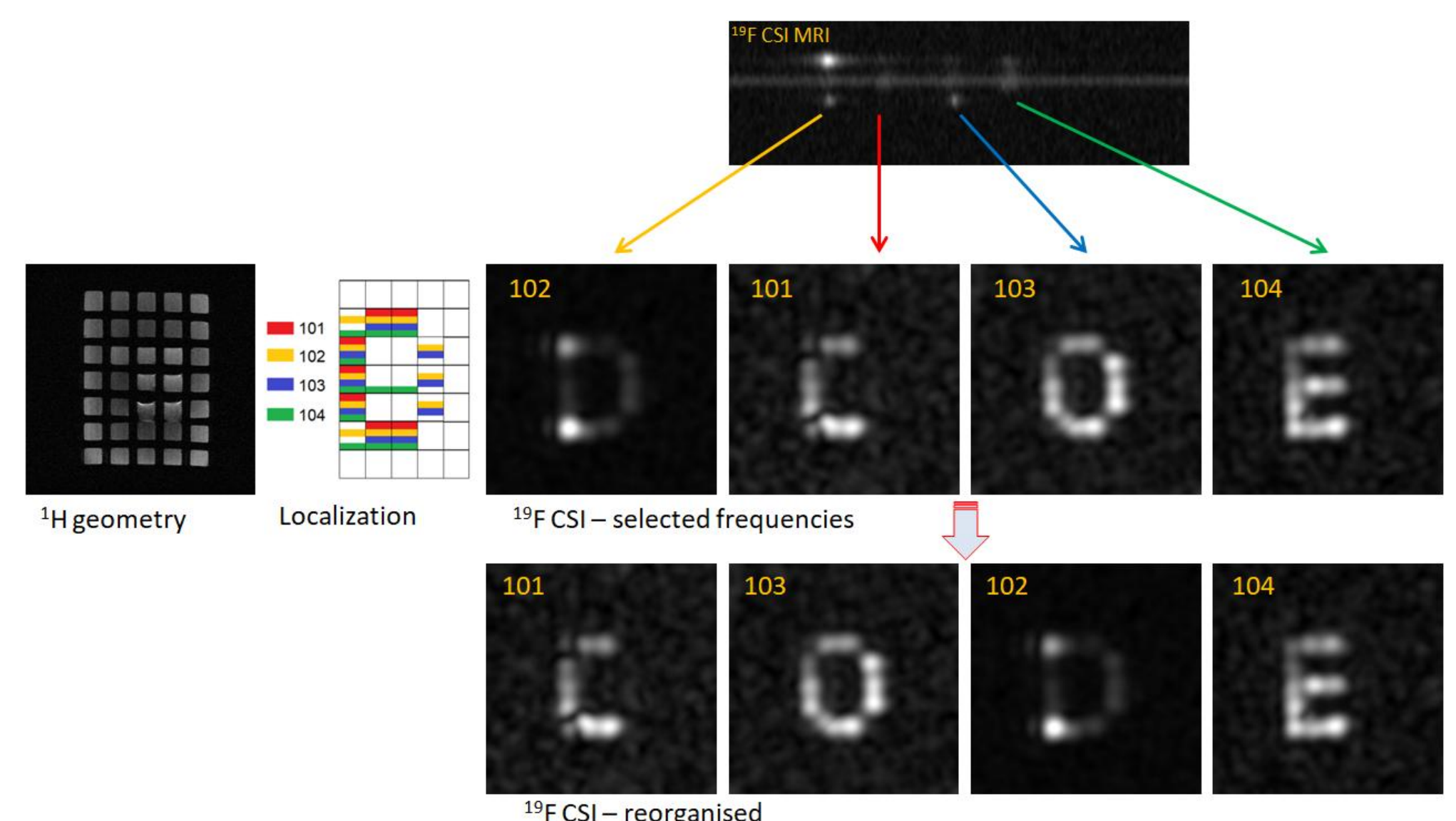


Obr.2: Radiofrekvenční cívka specializovaná k náběru dat MRI-QR.

Pro potřeby výše popsané metody byla vytvořena speciální radiofrekvenční (RF) cívka schopná s vysokou citlivostí snímat signál MR. RF cívka byla optimalizována rozměrům wellplatu, který slouží jako matice pro MRI-QR kod. Pro objemový charakter experimentu byla vybrána nejcitlivější objemová cívka – solenoid [2]. Cívka obdelníkového půdorysu o rozměrech 4x3 cm byla navinuta s výškou 2 závitů což při optimální citlivosti pokrývá výšku 1 cm. Tato RF konstrukce byla následně naladěna do paralelní rezonance na frekvenci 188MHz. Cívka je připojena pomocí koaxiálního kabelu, kterému je přizpůsobena pomocí ladicího kondenzátoru 4-12pF.

Výsledky a diskuze

Na pilotním experimentu (Obr. 3) byla prokázána možnost 4bitového kodování na matici 4x5px. Pouze s malými vylepšeními je možné 64bitové a vyšší kódování na matici 10x10px i větší. Hlavní překážkou okamžitého praktického použití je nízká citlivost čtení konvenčními technologiemi MRI. Rychlý pokrok v NMR senzorech však může brzy učinit detekci jednotlivých molekul rutinní realitou [3], což otevírá dveře k programovatelnému značkování paramagneticky kódovanými molekulami.



Obr.3: Pohled na Chemical Shift Imaging (CSI) sekvenci s extrahovanými částmi v nichž je zakódována informace CODE, v principu lze zakódovat např. quick response kod (MRI-QR kod).

Reference a poděkování

Výsledky vznikly ve spolupráci se skupinou dr. Poláška z UOCHB

Práce byla podpořena z SGS TUL 2021

- [1] C. Panyindoe and C. Pintavirao, "QR codes application for reversible watermarking algorithm in biomedical images," *The 6th 2013 Biomedical Engineering International Conference*, 2013, pp. 1-4, doi: 10.1109/BMEiCon.2013.6687720.
- [2] M. Vít, M. Burian, Z. Berková, J. Lacík, O. Sedláček, R. Hoogenboom, Z. Raida, D. Jiráček, A broad tuneable birdcage coil for mouse $^1\text{H}/^{19}\text{F}$ MR applications, *Journal of Magnetic Resonance*, Volume 329, 2021, 107023, ISSN 1090-7807, <https://doi.org/10.1016/j.jmr.2021.107023>.
- [3] Hosseini-Zadeh S, Frass-Kriegel R, Goluch-Roat S, Pichler M, Sieg J, Vít M, Poirier-Quinot M, Darrasse L, Moser E, Ginefri JC, Laistler E. A flexible 12-channel transceiver array of transmission line resonators for 7 T MRI. *J Magn Reson*. 2018 Nov;296:47-59. doi: 10.1016/j.jmr.2018.08.013. Epub 2018 Aug 31. PMID: 30205313.