

PŘIHLÁŠKA VYNÁLEZU

zveřejněná podle § 31 zákona č. 527/1990 Sb.

(21) Číslo dokumentu:

2000 - 4825

(19)
ČESKÁ
REPUBLIKA



ÚŘAD
PRŮMYSL OVÉHO
VLASTNICTVÍ

(22) Přihlášeno: **20.12.2000**

(40) Datum zveřejnění přihlášky vynálezu: **14.08.2002**
(Věstník č. 8/2002)

(13) Druh dokumentu: **A3**

(51) Int. Cl. ⁷:

G 01 K 11/22
A 61 B 8/08

(71) Přihlašovatel:

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE
CENTRUM BIOMEDICÍNSKÉHO INŽENÝRSTVÍ,
Praha, CZ;

(72) Původce:

Poušek Lubomír MUDr. Ing., Třebíč, CZ;
Novák Petr Ing., Pardubice, CZ;
Schreib Petr Ing., Liberec, CZ;
Zuna Ivan RNDr. Csc., Praha, CZ;

(74) Zástupce:

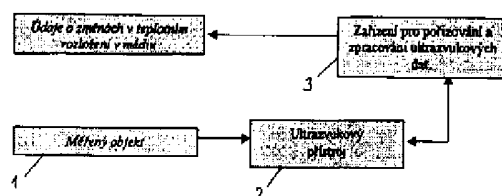
Kratochvíl Václav Ing., Husníkova 2082, Praha 5,
15800;

(54) Název přihlášky vynálezu:

**Způsob a zařízení pro měření rozložení teploty v
materiálu, zejména tkáni**

(57) Anotace:

Při měření rozložení teploty v materiálu měřeného objektu (1), zejména tkáni se měřeným materiálem šíří ultrazvukové vlny o kmitočtu 16 kHz až 1 GHz s podélným vlněním a z odráženého signálu se vytváří ultrazvukový řez snímané oblasti tvořený snímkem s různou hodnotou texturalních parametrů. Hodnota texturalních parametrů odpovídá relativní změně teploty. Porovnáním velikosti relativní změny s předem zjištěnými referenčními hodnotami se určí teplota v daném místě. Zařízení k provádění uvedeného způsobu je tvořeno ultrazvukovým přístrojem (2), ke kterému je připojeno zařízení (3) pro pořizování a zpracování ultrazvukových dat a pro grabování a analýzy snímků spojené se zařízením pro projekci sítě do daného místa a pro určení střední hodnoty jasu, které je propojené s obrazovkou.



Způsob a zařízení pro měření rozložení teploty v materiálu, zejména tkáni.

Oblast techniky

Vynález se týká způsobu a zařízení pro měření rozložení teploty v materiálu, zejména tkáni. Řešení zasahuje do oblasti techniky představované automatizovanou akvizicí a zpracováním ultrazvukových dat a do oblasti medicíny, zejména onkologie a nalézá své uplatnění včetně masového využití v lékařství.

Dosavadní stav techniky

V současné době je měření teplotního rozložení v tkáni prováděno převážně invazivními způsoby, kromě vyjma měření teploty povrchu těla nebo tělních dutin. Dané techniky poskytují dostatečné teplotní a časové rozlišení pro klinické aplikace. Princip invazivních metod spočívá v umístění jedné nebo více sond do určité hloubky pod povrch biologické tkáně, kde monitorují rozložení teploty. Sondy mají zpravidla formu injekčních jehel a je v nich umístěno několik čidel, která mohou měřit teplotu ve svém nejbližším okolí. Čidla jsou napojena na centrální teploměr, který získaná data zpracovává a případně i poskytuje externím zařízením. Z pohledu dnešních znalostí však mají invazivní techniky hned několik nevýhod.

První skupinou problémů jsou problémy technického charakteru. Každé invazivní měření bude mít v podobě, jak se dnes užívá, vždy prostorovou rozlišovací schopnost závislou na počtu měřících sond zavedených do těla. V současné době to znamená například během léčby několika cm^3 tkáně znát hodnoty teplot jen v několika málo bodech, obvykle maximálně 12. To dovoluje získat pouze přibližnou informaci o teplotě v celém terapeutizovaném objemu tkáně. Vedle nedostatečného prostorového rozlišení bývá často problémem i interakce měřící soustavy se soustavou terapeutickou. Konkrétně například ohřev částí čidel uvnitř tkáně vlivem absorpce energie určené k jiným terapeutickým nebo diagnostickým aplikacím.



Další skupinou jsou problémy biologické podstaty. Jak již z označení vyplývá, invazivní měření vyžadují přímé zavedení měřících sond do cílové oblasti, tedy například i do tumoru. Při opětovném vytahování sond tak hrozí zanesení části rakovinových buněk například do krevního řečiště. Tím rapidně stoupá riziko zanesení těchto buněk do jiných částí těla a vzniku metastáz.

Poslední skupinou, řekněme psychickou, je invazivita zákroku z pohledu nemocného. Pacient s onkologickým onemocněním prochází řadou bolestivých a nepříjemných procedur a je samozřejmou povinností všech, kteří mají tu možnost, počet takových zákroků minimalizovat, neboť i tyto pacientovy zkušenosti mohou mít vliv na změny jeho zdravotního stavu.

Senzory používané pro invazivní měření teploty mohou být více typů. K nejvíce používaným patří: termočlánky, termistory a optické senzory.

Z výše popsaných důvodů jsou vyvíjeny i neinvazivní techniky k měření teploty uvnitř látek. Jedná se o techniky výpočetní tomografie (CT), techniky jaderné magnetické rezonance (JMR) a zobrazení dielektrických vlastností tkáně.

Nevýhodou těchto technik je však buď malá teplotní rozlišovací schopnost nebo v případě JMR příliš vysoké náklady na pořízení zařízení.

Podstata vynálezu

Výše uvedené nedostatky jsou do značné míry odstraněny způsobem měření rozložení teploty v materiálu, zejména tkáni podle tohoto vynálezu. Jeho podstatou je to, že měřeným materiálem se šíří ultrazvukové vlny o kmitočtu 16 kHz až 1 GHz s podélným vlněním a z odraženého signálu se vytváří ultrazvukový řez snímané oblasti tvořený snímkem s různou úrovní jasu. Úroveň jasu odpovídá relativní změně teploty a porovnáním velikosti relativní změny s předem zjištěnými referenčními hodnotami se určí teplota v daném místě.

Ve výhodném provedení se měřeným materiálem šíří ultrazvukové vlny v prostoru 3D a z odraženého signálu se vytváří snímek ve 3D.



S výhodou se snímá alespoň jeden další snímek, který se natáčí a posouvá tak, aby se překrýval s předcházejícím snímkem, načež se snímek rozdělí podle typu zobrazované tkáně a vybrané úseky se rozdělí na čtverce a určí se střední hodnota jasu v jednotlivých čtvercích. Poté se střední hodnota jasu porovná s referenčními hodnotami. Před měřením teploty se s výhodou pořizují charakteristiky jednotlivých tkání a z nich se vytváří databáze převodních koeficientů mezi střední hodnotou jasu a teplotou. Před vlastním měřením se ve výhodném provedení v alespoň jednom místě měřeného materiálu změří absolutní teplota.

K provádění uvedeného způsobu slouží zařízení tvořené ultrazvukovým přístrojem ke kterému je připojeno zařízení pro grabování a analýzu snímků, propojené se zařízením pro projekci sítě do daného místa a pro určení střední hodnoty jasu. Výstupy z tohoto zařízení jsou propojeny s obrazovkou.

Vynález spočívá ve vhodném zpracování ultrazvukových dat pořízených běžným 2D nebo 3D ultrazvukovým zařízením.

Ultrazvuková data jsou pořizována buď z klasického 2D ultrazvukového zařízení, kdy výstupem je informace o změně teplotního rozložení v jednom řezu médiem tedy při využití posunovatelného uchycení ultrazvukové sondy informace pro celé snímané těleso, a nebo moderní 3D ultrazvukové zařízení, kdy je získávána informace o změnách teplotního rozložení v celém objemu snímaného tělesa.

V pořízených datech je sledována změna parametrů ultrazvukového vlnění, která závisí na změně teploty libovolné snímané části média. Tyto změny se projeví například ve zrekonstruovaném B-mode obrázku změnou střední hodnoty jasu v místě, které odpovídá oblasti v médiu, kde došlo ke změně teploty.

Aby změny v ultrazvukovém signálu skutečně závisely jen na změně teploty média, je třeba při snímání zajistit některé podmínky: ultrazvukový signál je částečně průměrován, aby došlo ke snížení šumu a ultrazvukový signál je transformován tak, aby byl eliminován vliv translačního nebo rotačního pohybu sondy mezi dvěma odpovídajícími si úseky, čili snímky při různých teplotách



Po zabezpečení výše jmenovaných podmínek je, například v případě zpracování ultrazvukových B-mode obrázků, na snímky promítnuta síť „oblastí zájmu“, na kterých jsou spočteny střední hodnoty jasu. Výsledky jsou dále porovnány s hodnotami pro předcházející sadu snímků. Z rozdílu je pak převodní funkcí vyčíslen teplotní nárůst nebo pokles v jednotlivých oblastech média.

Výhodou celého řešení je zejména neinvazivní měření teploty, které je příjemnější pro pacienty. Rovněž nedochází k interakci mezi měřicí soustavou a soustavou terapeutickou. Podstatnou výhodou je i to, že nemůže dojít k zanesení částí nebezpečných buněk do krevního řečiště nebo okolní tkáně.

Přehled obrázků na výkresech

Řešení podle vynálezu bude popsána na příkladu konkrétního provedení s pomocí přiložených výkresů. Na obr. 1 je znázorněno blokové schéma zapojení zařízení. Na obr. 2 je znázorněna schématicky posloupnost operací prováděných s ultrazvukovým snímkem. Na obr. 3 je uveden příklad teplotní mapy při změně teploty vůči referenčnímu vzorku.

Příklad provedení vynálezu

Celý postup začíná proměřením teplotního rozložení v materiálu technikou, která je schopna určit teplotu bodu absolutně. Výsledkem měření jsou údaje o teplotě v jednotlivých bodech materiálu při standardních podmínkách jako je například pokojová teplota. V následujících krocích se již používá měření podle tohoto vynálezu s využitím ultrazvuku. Pokud je potřeba pouze znalost teplotních změn, pak lze první krok vynechat. Při vlastním měření jsou nejprve sejmuty řezy snímané oblasti. Snímky těchto řezů jsou brány jako referenční a jednotlivým oblastem na snímcích jsou přiřazeny údaje o teplotě z předcházejících měření. Stejný postup se stále opakuje. Při každém dalším měření jsou tak opakovány následující kroky: sejmutí sady nových snímků, natočení a posunutí snímků tak, aby se překrývaly s předcházejícími - registrace, rozdělení snímku podle typu zobrazovaných tkání - segmentace, promítnutí výpočetní sítě na data, tj. rozdělení vysegmentovaných úseků na čtverce, výpočet střední hodnoty jasu, případně jiných texturálních parametrů, na oblasti



sítě, srovnání vypočtených hodnot s referenčními a přepočítání rozdílu parametru na teplotu podle převodních charakteristik uložených v databázi, čili výběr převodní charakteristiky podle typu tkáně a nakonec následuje zobrazení teplotního rozložení.

Praktický příklad provedení vynálezu byl realizován při řešení projektu "Neinvazivní měření teplotního rozložení v lidské tkáni pomocí ultrazvuku". Měřicí řetězec se skládá ze standardního ultrazvukového přístroje pro lékařské aplikace opatřeného laboratorním posunovacím zařízením. K ultrazvukovému přístroji byl připojen PC PentiumII 400MHz, 128MB RAM, 13GB HDD s gravovacím hardwarem a vlastním softwarovým vybavením umožňujícím výpočet rozložení změn teplot ve 3D v nádorové tkáni prostaty. Experimentální zařízení je využíváno k neinvazivnímu měření rozložení teplot při hypertermii v onkologii, kdy bylo užíváno teplot v rozsahu 35 až 44°C. Paralelně bylo užíváno invazivního měření teploty ve čtyřech diskretních bodech pomocí optického měřidla. Invazivní a neinvazivní měření, v oblastech odpovídajících invazivně měřeným, dosahovalo značné vzájemné korelace $r=0.96\pm 0.03$.

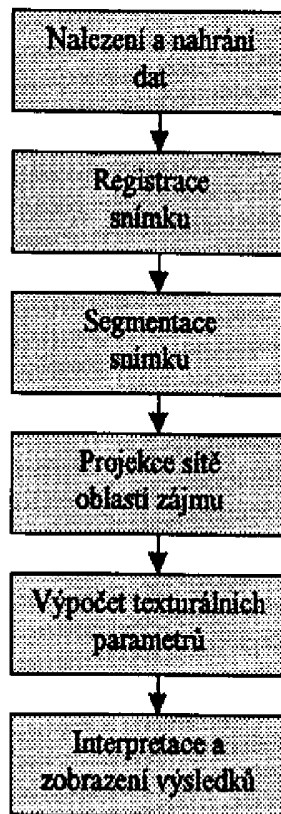
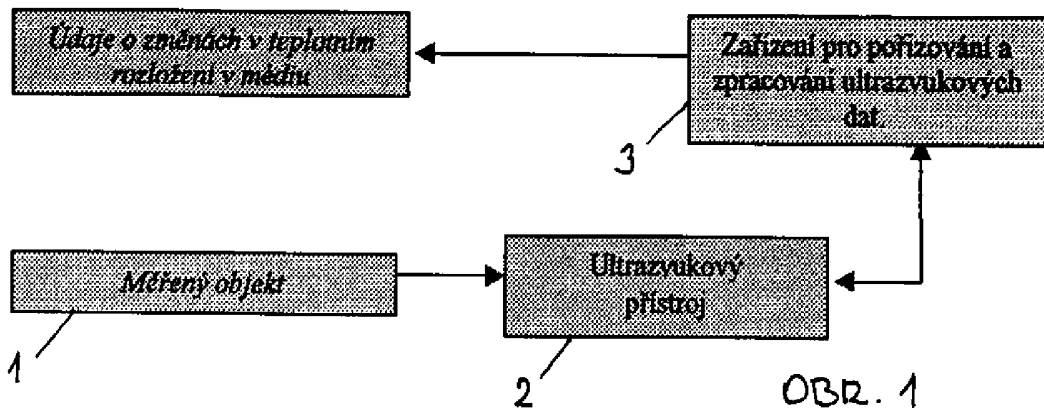
Průmyslová využitelnost

Vynález je průmyslově využitelný v masovém měřítku v zařízeních určených pro lékařství, v aplikacích sledujících vedení tepla ve vhodném médiu jako jsou různé umělé hmoty a podobně.

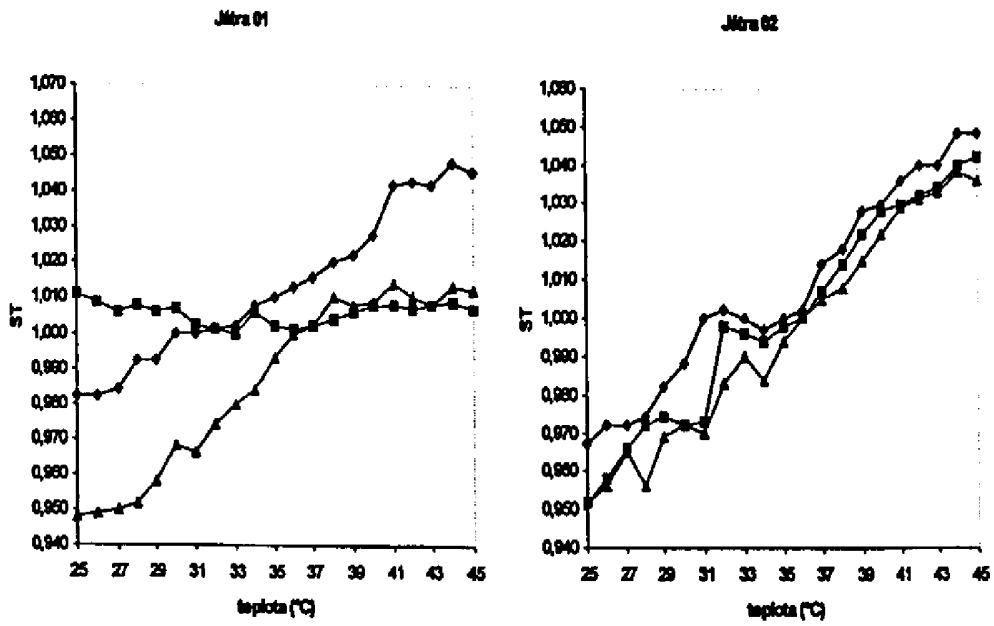


PATENTOVÉ NÁROKY

1. Způsob měření rozložení teploty v materiálu, zejména tkáni, *vyznačující se tím, že* měřeným materiálem se šíří ultrazvukové vlny o kmitočtu 16 kHz až 1 GHz s podélným vlněním a z odraženého signálu se vytváří ultrazvukový řez snímané oblasti tvořený snímkem s různou hodnotou texturalních parametrů, přičemž hodnota texturalních parametrů odpovídá relativní změně teploty a porovnáním velikosti relativní změny s předem zjištěnými referenčními hodnotami se určí teplota v daném místě.
2. Způsob podle nároku 1, *vyznačující se tím, že* měřeným materiálem se šíří ultrazvukové vlny v prostoru 3D a z odraženého signálu se vytváří snímek ve 3D.
3. Způsob podle nároku 1 nebo 2, *vyznačující se tím, že* se snímá alespoň jeden další snímek, který se natáčí a posouvá tak, aby se překrýval s předcházejícím snímkem, načež se snímek rozdělí podle typu zobrazované tkáně a vybrané úseky se rozdělí na čtverce a určí se texturalní parametry v jednotlivých čtvercích, poté se střední hodnota texturalních parametrů porovnává s referenčními hodnotami.
4. Způsob podle nároku 1 nebo 2 nebo 3, *vyznačující se tím, že* texturalním parametrem je hodnota jasu.
5. Způsob podle kteréhokoli z výše uvedených nároků, *vyznačující se tím, že* před měřením teploty se pořizují charakteristiky jednotlivých tkání a z nich se vytváří databáze převodních koeficientů mezi střední hodnotou jasu a teplotou.
6. Způsob podle kteréhokoli z výše uvedených nároků, *vyznačující se tím, že* před vlastním měřením se v alespoň jednom místě měřeného materiálu změří absolutní teplota.
7. Zařízení k provádění způsobu podle alespoň jednoho z předchozích nároků, *vyznačující se tím, že* je tvořeno ultrazvukovým přístrojem ke kterému je připojeno zařízení pro grabování a analýzy snímků spojené se zařízením pro projekci sítě do daného místa a pro určení střední hodnoty jasu, které je propojené s obrazovkou.



OBR. 2



Závislost světlosti textury (ST) na teplotě

OBR. 3