

Hiperpontos térbeli érzékelés 2D infraszenzortömb segítségével

Bevezetés

Az információs technológiák fejlődése számos területen egyre inkább a sokprocesszoros, sokszenzoros, párhuzamos architektúrák felé halad, ahol gyakran sejtes, lokálisan összekapcsolt struktúrákat alakítanak ki. Lehetnek ezek az IBM Cell szomszédosan összekapcsolt processzorai, vagy vizuális szenzor-processzor tömbök. A környezet érzékelése olyan mérnöki feladat, melyet tökéletesen megoldani nem lehet, de egyre több alkalmazás igényli a mind nagyobb és nagyobb pontosságot. A felbontás növelésére nem csak a szenzorok számának növelése, azaz a mennyiség adhat választ, bizonyos problémákra algoritmikus, azaz minőségi megoldás is létezhet.

Biológiai példákból ismert, hogy egyes állatok képesek szenzoraikat azok érzékenység- és sebességbeli képességét meghaladóan használni. A sokaságban / csoportosan alkalmazott érzékelők teljesítménye megfelelő metodikával, nagyságrendekkel jobb eredményt adhat, mint egyetlen szenzor érzékenysége, vagy sebessége. Az időbeli pontosság növekedésére példa a gyöngybagolynál megfigyelt jelenség, melynek alapja az érzékelők helyi kapcsolati hálózata, mely a bizonyos közelségű szomszédok ingerlése (gátlása/serkentése) által javítja a rendszer egészének időbeli észlelési képességeit.

A dolgozat a térbeli hiperérzékenységet vizsgálja kétdimenziós infraszenzortömb segítségével. Az elméleti feltevések kísérleti vizsgálatához egy olyan szenzortömböt terveztünk és építettünk, ahol az elemi érzékelőt egy aktív infravörös tartományban működő távolságmérő eszköz - egy fényforrás és egy optikailag vezérelt kapus tranzisztor - jelenti. Ezen szenzorokból építettünk fel egy érzékelő mezőt, mely egységnyi távolságra elhelyezkedő elemeivel leginkább egy 8×8 -as mátrixhoz hasonlítható. Ekkor tehát minden szenzor működhet fényforrásként és vevőként is. Az eljárás alapja, hogy adott 3D felületről több felvételt tudunk készíteni, úgy, hogy a különböző felvételek során különbözőek a fényforrások, miközben minden felvétel során minden szenzor érzékel. A működés egyszeri kalibrációt igényel.

Reményeink szerint az elkészített kísérleti eszköz a későbbiekben olyan mérnöki alkalmazásokban kaphat szerepet, ahol alak, vagy mozgás felismerésre van szükség relatív nagy felbontás mellett. Egy jól specifikált felhasználási eset: bipedál robotláb talp-elhelyezésének szenzoriális segítése. További lehetőségek a mozdulat alapján történő személy azonosítás, siketnéma beszéd felismerés illetve egyéb robotikai alkalmazások.

Rendszertervezési szempontok

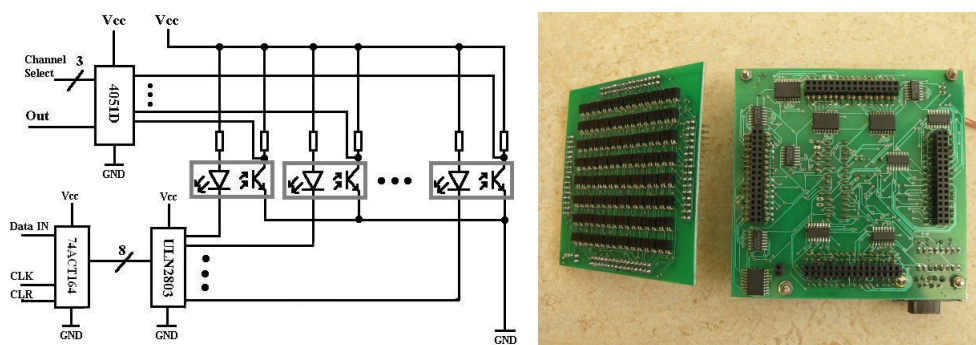
A térbeli hiperérzékenység vizsgálatához építettünk egy sajáttervezésű szenzormezőt. Ennek a célhardvernek az elsődleges feladata a környezetből (a leképezendő objektumról) az információ-gyűjtés, ezen adatok előfeldolgozása, továbbá az előfeldolgozott adatok továbbítása személyi számítógép felé.

A hardver tervezése során az alábbi szempontokat igyekeztünk szem előtt tartani:

- a szenzorok részlegesen legyenek érzékenyek (háttérzaj minimalizálás céljából),
- az érzékelőknek több működési módja is legyen (kellő részletességgel állítható fényforrásmintázatok több működési/mérési mód lehetőségét biztosítják),
- a szenzorok kiolvasása tetszőleges sorrendű lehessen,
- a panel vezérlési és ütemezési feladatainak kiszolgálása helyben legyen.

Hardver

A fentebb említett alapelvek az 1. ábra bal oldalán látható kapcsolási rajzhoz vezetnek. A kapcsolás bal alsó sarkában látható shift-regiszter (74ACT164) felel a fényforrások ak-



1. ábra. A kép bal oldalán a szenzormezőnk egy sorához tartozó vezérlő- és kiszolgáló-áramkörök sematikus rajza látható. A jobb oldalon az elkészült panelünk fényképe. Egymás mellé rakva látható a felső és alsó panel, rendre az egyik a LED-szenzor párokat tartalmazza, a másik a teljes vezérlő és kiolvasó áramkört.

tiválásáért. Természetéből adódóan, tetszőleges mintázatú forrásaktivációt lehetővé tesz. A Darlington tranzisztormező (ULN2803) feladata a fényforrások megfelelő meghajtása a szükséges áramsinttel. A középső sor szürke keretei jelzik a közös tokozásban található LED és fototranzisztor párok egy sorát. A kapcsolás bal felső sarkában található multiplexer (4051D) valósítja meg az áramkiolvasást.

A tervezett áramkört el is készítettük az egyetemi laborunkban, a legyártott panel látható az 1. ábra jobb oldalán.

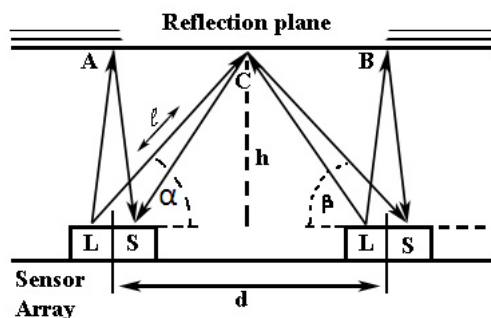
Algoritmus

Méréseink két fő csoportba oszthatóak. Az egyik esetben "passzív" mérési metodikáról beszélhetünk. Ekkor a vizsgált objektumról készült kép felbontásának javítása kizárólag a panel részletes és kimerítő mérésének köszönhető.

A másik esetben van relatív sebességkülönbség a panel és a leképezendő objektum között (ezért az "aktív" elnevezés). Ez utóbbi közel áll a képfeldolgozás területéről ismert "szuperfelbontás" kutatásához ("hogyan állítsunk elő egy finom minőségű képet több, alacsonyabb felbontású nyers képből").

A hardver-szintű felbontásjavítás alap gondolatának megértéséhez egy sematikus ábra látható a 2. ábrán. "A" és "B" pontok jelölik a natív visszaverődési pontokat a reflektív síkon, "C" jelöli a származtatottat. Ez utóbbi esetben a szenzor egy adott irányban szomszédos fényforrás fényét méri. Alapvetően e két ponttípus segítségével növeltük meg az eredetileg 8×8 -as elemi szenzorszám mellett kinyert kép felbontását 15×15 -ös méretűre.

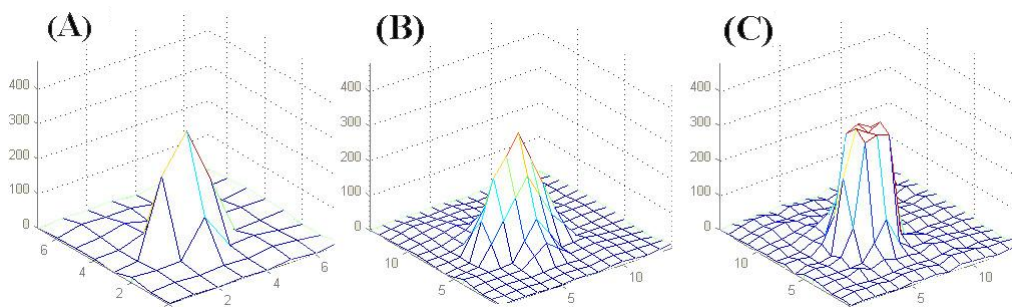
Méréseink másik kategóriájában (az "aktív" módszernek nevezett képfolyam-összefűzés esetében) kiindulásként 128 darab alacsonyfelbontású képet készítettünk egy adott objektumról. Szenzormezőnk egy precíziós léptetőasztal segítségével pozicionáltuk a mérendő tárgy felett. Az elkészült nyers képek illesztéséhez saját fejlesztésű algoritmust használtunk, nem a szakirodalomból ismert lehetőségeket. A részletekről bővebben a következő fejezetben található leírás.



2. ábra. A mérési pontok elhelyezkedése a reflexiós síkon. A hardver-szintű felbontásjavító algoritmusunk alap gondolatát mutatja ez a sematikus ábra.

Kísérleti eredmények

Az alábbiakban mindkét mérési csoportból mutatunk eredményeket. Az első három ábra (3, 4, 5) a "passzív" mérési módszerünkkel készült képet mutat különböző tárgyakról, a negyedik (6) egy képösszeillesztési eredményt mutat be.

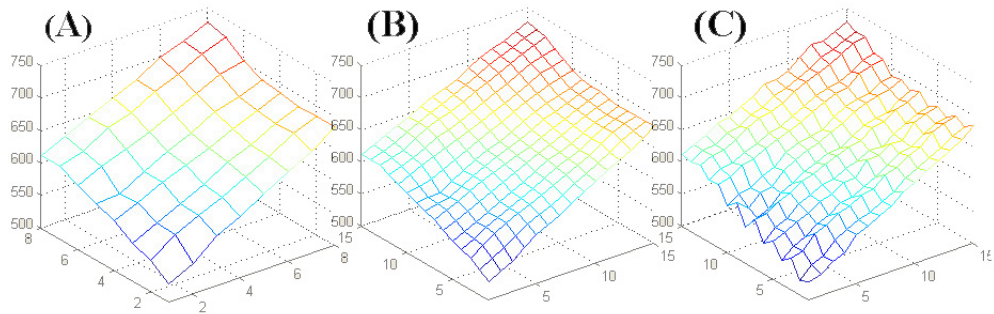


3. ábra. 1 forintos pénzérme mérési képe. Az "A" rész illusztrálja a nyers mérési képét a 8×8 -as panelnek. A "B" rész esetében már duplázott a mérési sík felbontása, ahol a származtatott pontok a szomszédos, valódi mérési pontok egyszerű számtani átlagaként kapták értéküket. A "C" rész esetében már minőségi eltérés látható. Itt már felhasználtuk a hardver-szintű felbontásjavító algoritmusunkat. Így sokkal élethűbben sikerült vissza kapnunk érménk sík felszínét és éles határvonal-menti letörését. Leginkább e legutóbbi hasonlít a valódi érméhez. Ennél a tárgynál érdemes megemlíteni, hogy kiterjedése összemérhető két, szomszédos szenzor távolságával.

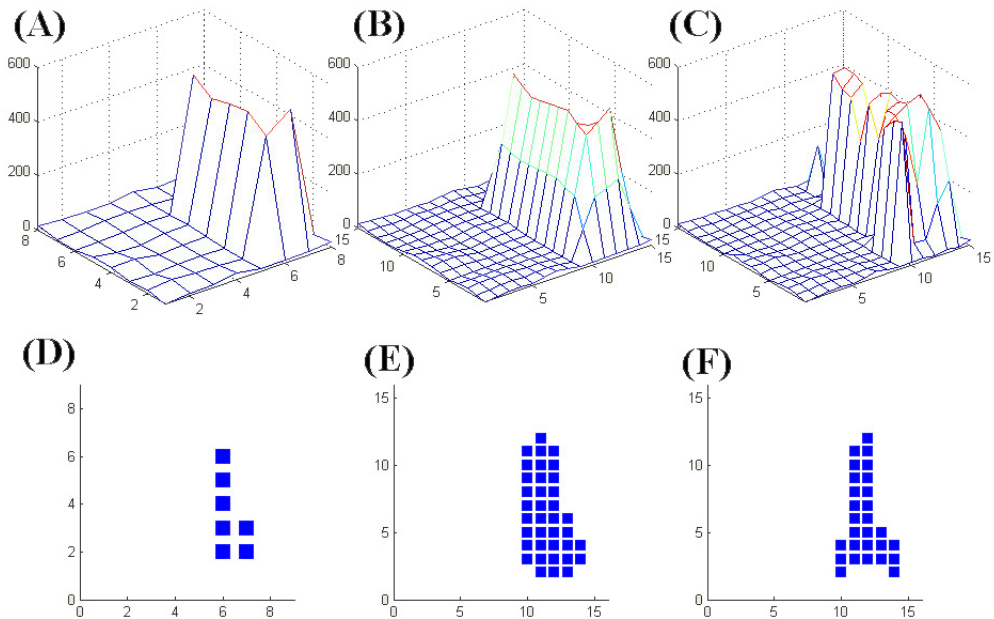
Referenciák

Tar Á., Koller M., Cserey Gy.: "3D geometry reconstruction using large infrared proximity array for robotic applications", *ICM 2009. 5th IEEE International Conference on Mechatronics*, 2009.

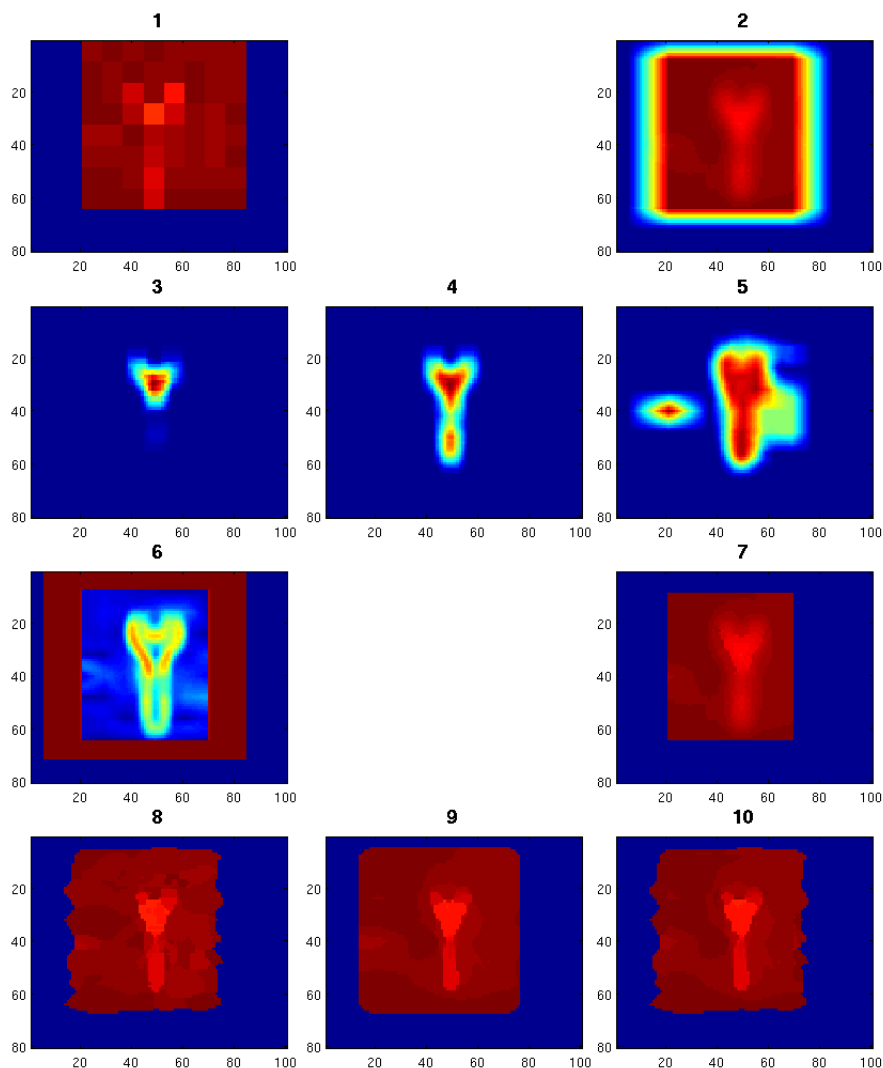
Koller M.: Hiperpontos térbeli érzékelés 2D infraszenzortömb segítségével (Diplomamunka, 2009., PPKE-ITK mérnök informatikus osztatlan alapképzés záró diplomadolgozata)



4. ábra. Egy kézzel hajtogatott legyező mérési képe. Két szomszédos redő között eleendően kicsi volt a távolság, hogy a nyers mérési mód ne érzékelje az eltérést. Ezzel szemben a hardver-szintű felbontásjavításunkkal ("C" rész) helyre lehetett állítani a redőzöttség térbeli mintázatát.



5. ábra. Egy kisméretű villáskulcs mérési képe. Az alsó képsor egy bizonyos magasság menti metszősík képét mutatja. A metszősík ábrázolását azért tartottuk fontosnak, hogy szemléletesen is látszódjon: saját felbontásjavító algoritmusunkkal sokkal hűbben tudtuk visszaadni az adott tárgy peremét. A villáskulcs feje jól azonosítható a jobbszélső oszlopon ("C" és "F"), a nyél szélességi kiterjedettségét is sikerült megőriznünk, valamint a nyél közepén található lyukat is sikerült részben rekonstruálni.



6. ábra. "Aktívnak" nevezett mérési módszerünkkel készült, alacsonyfelbontású képek összeillesztésén alapuló eredmény. A leképezett tárgy az előbbi ábránál már megismert villáskulcs volt. Az első kép egy elemét mutatja a nyers képszekvenciának. A második képen a helyesen bepozicionált (beregisztrált) 128 darab nyers mérési kép átlaga látható. A következő három kép (3-5) különböző küszöbvel történő vágásait mutatja az átlagolt (2.) képnek. A küszöbvel-vágás operátora roppant hasznos, ha az objektum peremvonalára vagyunk kíváncsiak. Sajnos nem sikerült dinamikusán az értéket frissíteni a különböző szériák között. A hatodik képen az egyes síkbeli helyek fölé eső különböző, nyers mérési értékek szórása látható. A melegebb színek dekoncentráltabb értékeket jelölnek. A hetedik kép az átlagolt ábrának (2.) egy módosított változatát mutatja. Felhasználtuk a hatodik képen kiszámított szórásértékeket azon célból, hogy a túl nagy varianciával rendelkező mértani helyek felett a nyers pixelek átlagértékét egy szomszédos, alacsonyabb szórással rendelkező pixelátlagértékre cseréljük. Az utolsó három kép (8-10) esetében különbözően paraméterezett, de hasonló metodikát használtunk: növekvő sorba rendeztük az alacsony felbontású képek pixel-értékeit egy-egy mértani hely felett, majd egy előre meghatározott intervallum-szélességgel megkerestük minden szériában a "legszámosabb" tartományt. E tartományon belüli értékek átlaga lett aztán a nagyfelbontású síkbeli hely felett az adott pixel értéke.