



UNIVERSITAT DE BARCELONA



DISSENY I CONSTRUCCIÓ D'UN
CORRELADOR ÒPTIC DUAL INTEGRANT LES
ARQUITECTURES DE VANDERLUGT I DE
TRANSFORMADES CONJUNTES

Universitat de Barcelona
Departament de Física Aplicada i Òptica

Ignasi Labastida i Juan

Capítol 7

Conclusions

En aquest treball s'ha dissenyat i s'ha construït un processador òptic per a reconeixement de formes l'arquitectura del qual combina el correlador de transformades conjuntes i el correlador convergent de VanderLugt. A més de combinar les dues arquitectures típiques, una de les fites d'aquest muntatge era la d'intentar reduir al màxim possible la llargària total del processador tenint en compte que existeixen una sèrie de limitacions com les dimensions de les imatges emprades i les distàncies entre els píxels dels moduladors utilitzats per visualitzar les imatges. Aquests darrers dispositius han estat extrets d'un videoprojector comercial de resolució VGA i s'han controlat amb la pròpia electrònica de l'aparell i una targeta gràfica VGA.

Per assolir l'objectiu final del treball, és a dir el muntatge i la posada al punt del correlador, s'han realitzat tot un seguit d'estudis, dels quals es poden treure les següents conclusions:

Pantalles de cristall líquid

El primer que s'ha fet ha estat determinar quins dispositius optoelectrònics s'han d'utilitzar com a moduladors en el correlador. S'han extret dos tipus de LCD corresponents a dos aparells videoprojectors diferents, un amb resolució CGA i l'altre VGA.

- S'ha fet un estudi de les pantalles de cristall líquid emprant la notació de les matrius de Jones per tal de tenir una descripció teòrica del seu comportament en termes de polarització.
- S'ha realitzat una caracterització dels moduladors utilitzats per visualitzar les imatges en els diferents muntatges. Primer s'ha seguit un mètode per determinar una sèrie de paràmetres com l'orientació de les molècules en les cares externes de les LCD, o la birefringència màxima. Després s'ha analitzat l'estruc-

tura física del pixelat, tant pel que fa a les dimensions com a la distància entre píxels.

- S'ha analitzat el funcionament de les pantalles pel que fa a la visualització de les imatges, observant que existeixen diversos fenòmens de distorsió així com la pèrdua d'informació d'alguns píxels. S'han proposat diferents mètodes per solucionar tots aquests problemes i aconseguir que la imatge que es vegi en el modulador sigui el més semblant a l'original.
- Per trobar les configuracions de treball de les diferents LCDs s'ha seguit un mètode interferomètric desenvolupat prèviament i amb el qual ja s'havien obtingut una sèrie de corbes operatives per a una de les pantalles emprades en aquest treball. Mitjançant aquest procediment s'ha pogut avaluar la modulació en amplitud i en fase que introdueixen aquests dispositius depenent de la polarització de la llum i del voltatge aplicat. Per a cadascuna de les pantalles s'han cercat una corba operativa d'alt contrast, una de quasi només fase i una de quasi només amplitud. Amb les de resolució CGA s'han trobat unes configuracions prou bones tant pel que fa als valors màxims de contrast (en el cas de les HC) com a la modulació en fase (pràcticament 2π radians en les PM). En canvi, amb les VGA no s'han pogut obtenir corbes on només hi hagués una important modulació en amplitud o en fase, tanmateix les d'alt contrast sí que ofereixen unes prestacions prou bones per ser utilitzades com a configuracions de treball.
- El resultat de caracteritzar els moduladors VGA amb llum polaritzada linealment ha estat molt decebedor pel que fa a les corbes AM i PM. Per aquesta raó s'ha utilitzat llum polaritzada el·lípticament amb la inclusió de làmines $\lambda/4$ a l'entrada i sortida de les pantalles, a més dels polaritzadors. En aquestes condicions s'ha aconseguit una bona configuració de només fase però limitada a π radians. Aquest resultat és degut a la disminució del gruix d'aquestes LCDs respecte a les CGA, el que comporta una reducció en el valor de la birefringència.

Correlador de transformades conjuntes en eix

Un cop estudiats amb detall els dispositius de visualització, s'han analitzat els diferents muntatges de correlació, començant pel correlador de transformades conjuntes.

- S'ha desenvolupat un mètode per aconseguir un únic terme de correlació centrat a la sortida d'un JTC. El procediment es basa en generar una distribució

d'intensitat de quatre nivells a partir d'espectres de potència captats en transformar l'escena i la referència en el difractòmetre en unes determinades condicions.

- Aquest mètode proposat dels quatre valors s'ha verificat en un muntatge JTC amb una de les pantalles CGA caracteritzada anteriorment. Per captar els diferents espectres de potència s'ha emprat la configuració HC que permet la introducció simultània d'imatges binàries desfasades $\frac{\pi}{2}$ radians entre elles, tal i com requereix el mètode proposat. Un cop s'ha generat digitalment la distribució quaternària, s'ha emprat una corba PM capaç d'oferir quatre nivells de gris que introdueixin una modificació en amplitud força semblant i que estiguin desfasats $\frac{\pi}{2}$ radians pel que fa a la modulació en fase.
- En intentar reproduir el mètode per tenir un JTC centrat a la sortida amb les pantalles VGA ha aparegut el problema de no haver aconseguit cap configuració PM que ofereixi els quatre valors necessaris. S'ha hagut de modificar el procediment per tal d'aconseguir que aquestes pantalles puguin ser utilitzades. El nou mètode es basa en la utilització d'una distribució binària en lloc de la quaternària emprada anteriorment. El principal inconvenient és que cal un muntatge interferomètric per obtenir la correlació final.
- S'ha muntat un JTC amb una pantalla VGA primer en configuració HC per tal d'obtenir els espectres de potència necessaris. En el segon pas la pantalla treballa amb llum el·lípticament polaritzada, perquè és la manera d'aconseguir que aquest modulador tingui una corba de només fase. Mitjançant aquest procediment s'han aconseguit els resultats experimentals esperats.
- Si comparem ambdós mètodes podem dir que millorem la resolució i el control píxel a píxel de les imatges amb les pantalles VGA, però el muntatge òptic és més complicat ja que es requereix una detecció interferomètrica. Un altre avantatge del segon procediment és la disminució del nombre d'espectres de potència que es necessiten per generar la distribució d'intensitat final, passant de cinc a tres.

Correlador convergent de VanderLugt

Després de l'estudi dels JTCs, s'ha passat a analitzar el segon gran grup de muntatges de correlació, els d'arquitectura de VanderLugt, que presenten com a principal inconvenient les llargues distàncies que requereixen. S'ha analitzat el correlador convergent amb el qual la llargària del muntatge es redueix considerablement i s'ha apuntat

la utilització de lents divergents per aconseguir que aquesta reducció sigui encara més important.

- S'ha dissenyat i construït un correlador convergent amb dues LCDs extrems del videoprojector de resolució CGA. Un dels objectius del treball ha estat el control simultani de les dues pantalles amb una targeta digitalitzadora de 8 bits i l'electrònica pròpia del videoprojector, reduint d'aquesta manera els aparells necessaris. S'ha presentat un mètode per assolir aquest control que es basa en compartir l'octet de la targeta entre les dues imatges. El principal inconvenient és la reducció del nombre de nivells de gris de 256 a 16, fet que no és significatiu en termes de correlació.
- A més, en aquest muntatge s'ha utilitzat un mètode de control píxel a píxel de les imatges enviades a les pantalles i s'han modificat els filtres de fase per tenir en compte la modulació en fase introduïda per la LCD on es visualitza l'escena, que es troba en configuració HC. Aquests filtres adaptats s'han ajustat a les corresponents corbes PM mitjançant el mètode de la mínima distància euclídia.
- Una vegada s'han assolit bons resultats de detecció amb el correlador convergent amb les LCDs amb resolució CGA, se n'ha construït un altre substituint-hi aquestes per les VGA. Amb aquest canvi s'ha pogut augmentar la grandària de les imatges i, tot i aquest augment, la constant de difracció s'ha reduït perquè la distància centre a centre entre els píxels és menor, per tant els factors d'escala han variat.
- Per controlar els dos moduladors també s'ha utilitzat la pròpia electrònica del videoprojector, però ara s'ha emprat la targeta gràfica VGA de l'ordinador per enviar-hi les imatges. El mètode per compartir els bits és diferent que en el cas anterior perquè depèn de la capacitat de la targeta, que en aquest cas és de 5 bits per canal, és a dir que ara les imatges han passat a tenir 32 nivells de gris.
- Per comparar el funcionament d'ambdós muntatges, s'han volgut utilitzar filtres de fase però les configuracions PM de les pantalles VGA no són les més adients per visualitzar aquestes imatges. Per aquesta raó, s'ha proposat un mètode per mostrar aquests filtres en moduladors que no arribin a una modulació en fase de 2π radians. El procediment, que es basa en emprar un POF prenent només el valor absolut de la fase, s'ha provat amb un parell de variants (desplaçant o no el terme de correlació) obtenint bons resultats en la detecció de diferents objectes.

- Si es comparen els resultats obtinguts amb els dos correladors convergents s'observa que en el cas d'utilitzar moduladors VGA es guanya en grandària de les imatges i en control píxel a píxel però es perd quan es necessita desplaçar el terme de correlació per evitar emmascaraments.

Correlador òptic dual

Després de realitzar les proves esmentades en les dues arquitectures típiques de correlació, s'ha passat a dissenyar el muntatge final del processador òptic on l'objectiu és compatibilitzar ambdós sistemes i a més fer que el muntatge tingui unes dimensions raonablement reduïdes. El primer pas per minimitzar la longitud final del processador ha estat la utilització de teleobjectius en lloc de lents convergents ja que permeten treballar amb valors grans de les constants de difracció en distàncies petites.

- S'ha fet una anàlisi per determinar quines són les condicions que cal complir per reduir les distàncies que hi intervenen, i s'ha arribat a la conclusió que l'elecció de les lents divergents que formen part dels teleobjectius fixa la llargària de tot el muntatge. Per tant, s'han escollit un parell de lents divergents i, a partir dels valors de les seves distàncies focals, s'han determinat les de les lents convergents així com les distàncies a les quals cal col·locar tots els elements del sistema.
- A partir dels resultats teòrics obtinguts, s'ha muntat el processador òptic adaptant-los al material disponible amb la qual cosa ha calgut variar el valor d'algun paràmetre i refer els càlculs. No obstant això, el muntatge final ha tingut una llargària final força semblant a la calculada en les condicions òptimes.
- Un cop assolit l'objectiu de tenir un correlador de VanderLugt de llargària reduïda s'ha analitzat la viabilitat de combinar-lo amb un JTC en eix. Com a resultat s'ha fet un muntatge que combina ambdues arquitectures, compartint la font de llum, una LCD i la càmera del pla de sortida.
- Finalment, s'han dut a terme uns processos de correlació entre diferents objectes per comprovar el bon funcionament del processador òptic emprant les dues arquitectures proposades. També s'ha apuntat el procediment per reconèixer objectes tridimensionals mitjançant un correlador amb pantalles de gran velocitat de mostreig i s'han realitzat un parell d'exemples.

Conclusió final i continuïtat del treball

Com a conclusió final del treball realitzat podem dir que s'ha fet un estudi a fons de les possibilitats de combinar les dues arquitectures clàssiques de correladors òptics i dels requeriments que cal complir per reduir les dimensions del muntatge final. A més s'ha seguit un treball, ja iniciat anteriorment, de coneixement i caracterització de les pantalles de cristall líquid, amb la novetat de tenir uns moduladors diferents per als quals ha calgut buscar configuracions de treball amb llum polaritzada el·lípticament, i s'han hagut d'introduir modificacions en els mètodes de visualització de les imatges. Finalment cal dir que en aquesta línia de recerca s'està treballant en un nou correlador amb moduladors ferroelèctrics on la llum en lloc de passar-hi a través, s'hi reflecteix. L'objectiu d'aquest futur treball és fer un correlador compacte i petit tenint en compte que aquests nous dispositius tenen només 128×128 píxels amb el mateix interpixelat que el de les pantalles VGA, amb la qual cosa el factor d'escala quedarà reduït respecte el processador actual. Aquest nou correlador també combinarà els dos sistemes de correlació, el de VanderLugt i el JTC. La principal aplicació que tindrà aquest nou muntatge serà el reconeixement d'objectes tridimensionals que ja s'ha començat a desenvolupar i del qual hem mostrat un parell d'exemples amb el correlador òptic actual.