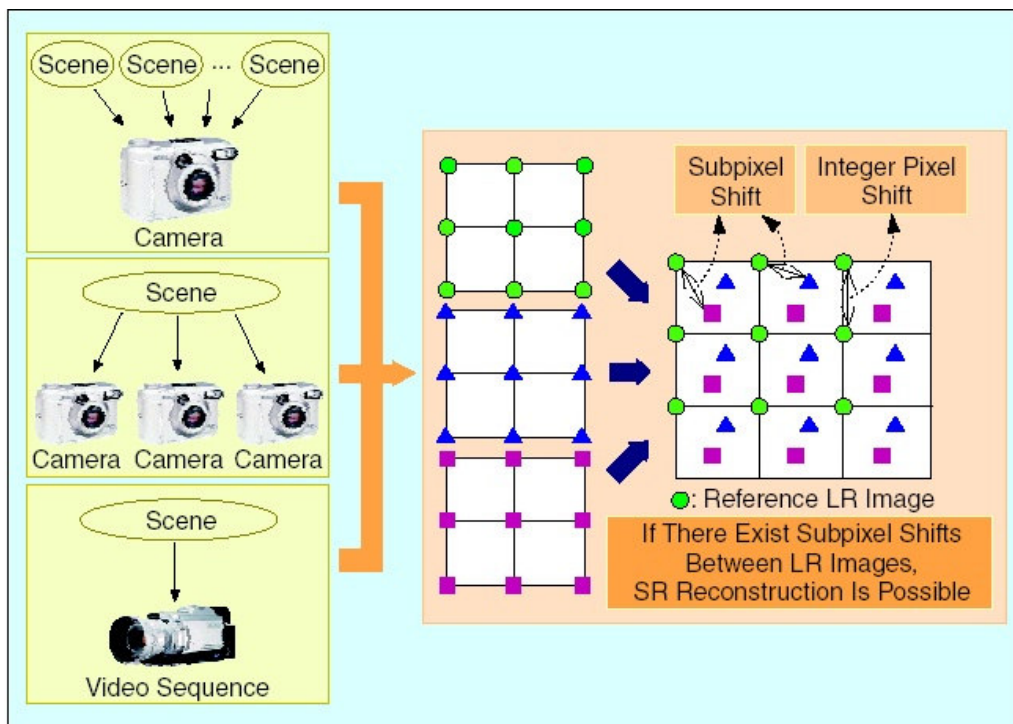


Superresolutie

1. Inleiding

Vaak worden beeldsensoren met lage resolutie gebruikt in visuele toepassingen, zoals webcams en bewakingscamera's. Echter hebben veel analysetoepassingen (zoals gezichtsherkenning) beelden nodig met hoge resolutie. De directe oplossing om de spatiale resolutie te verhogen is het verkleinen van de beeldpuntgrootte in de sensor wat correspondeert met het verhogen van de dichtheid van de beeldpunten. Dit verhoogt ook de kans op opnameruis, waardoor de beeldkwaliteit drastisch afneemt. Wanneer de beeldresolutie niet verbeterd kan worden door het vervangen van sensoren, omwille van de hoge kost of omwille van technologische beperkingen, biedt superresolutie de oplossing. Superresolutie genereert beelden in hoge resolutie (HR) uit een set van lage resolutiebeelden (LR).



Het basisprincipe van superresolutie [1].

Materiaal dat ter beschikking staat:

Artikels:

- [1] S.C. Park, M.K. Park, M.G. Kang, "Super-Resolution Image Reconstruction: A Technical Overview", IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 20, No. 3, pp. 21-36 May, 2003.
- [2] H.Q. Luong, S. Slippens, W. Philips, "Practical and Robust Super Resolution Using Anisotropic Diffusion For Under-Determined Cases", in Proc. 2nd annual IEEE BENELUX/DSP Valley Signal Processing Symposium (SPS-DARTS 2006), pp. 139-142, March, 2006.

Software: superresolution (Visual Studio 2005 C++ project)

2. Opgave

2.1 Opname van de beelden. Neem een 30-tal beelden op met behulp van de Philips Inca-camera. Zorg ervoor dat de camera telkens een heel klein beetje horizontaal of verticaal verschoven wordt (een alternatief is het zelf vasthouden van de camera, waarom?). Zorg er ook voor dat de belichting in de kamer niet verandert tijdens de opname. Wat zijn de grootste oorzaken van kwaliteitsverlies bij opgenomen digitale beelden? Voor verdere bewerkingen selecteer je best een gebied van bijv. 100x100 pixels (dit om de rekentijd te beperken). Bestudeer nu de broncode van het bijgeleverde superresolutieprogramma. De werking van dit programma wordt beschreven in [2]. Bekijk ook het bijgevoegde voorbeeld om een .seq-bestand aan te maken.

2.2 Registratie van de beelden

- Bij dit project is C++ code bijgeleverd die de superresolutie uitvoert. In dit project zullen we het translatiemodel gebruiken voor de registratie. Open hiervoor het broncodebestand *superresolution.cpp*. Implementeer de beeldregistratie, in overeenstemming met de beschrijving in [2]. Dit bestaat hier uit drie stappen:
 - 1) *Ruwe schatting van de registratieparameters*: hier worden de beelden geregistreerd zodat de geschatte verplaatsingsvectoren tot op één pixel nauwkeurig zijn. Er wordt telkens gebruik gemaakt van hetzelfde referentiebeeld. Om twee beelden te vergelijken gebruik je hier de Mean-absolute-deviations (MAD) maat. Deze maat berekent de gemiddelde absolute waarde van het verschilbeeld tussen de twee beelden.
 - 2) *Fijnere schatting van de registratieparameters*: hier worden de geschatte verplaatsingsvectoren uit de vorige stap verder verfijnd, met behulp van het hoge resolutiebeeld als referentie en opnieuw met de MAD-maat. De verplaatsingsvectoren zijn nu tot op subpixel-niveau nauwkeurig (of tot op pixelniveau ten opzichte van het hogeresolutie-beeld).
 - 3) *Registratie*: de beelden worden hier geregistreerd met behulp van de geschatte verplaatsingsvectoren. De geregistreeerde pixelintensiteiten worden in een hoge resolutie-rooster geplaatst.

Controleer best ook manueel of de geschatte verplaatsingsvectoren correct zijn (door bijvoorbeeld de beelden te openen in een tekenprogramma, zoals Paint).

Opmerking: bij deze taak hoeft de code niet geoptimaliseerd te worden: de rekentijd is niet van belang, de nauwkeurigheid van de geschatte registratieparameters wel. M.a.w. de berekeningen mogen brute-force zijn.

- Het translatiemodel heeft als voordeel dat gemakkelijk een efficiënte schatting van de registratieparameters kan verkregen worden. Toch is dit model beperkt in een aantal opzichten, namelijk dat enkel verschuivingen gemodelleerd worden. Welke andere registratiemodellen zou je kunnen

gebruiken en in welke situaties zou je deze gebruiken? Je hoeft dit niet te implementeren. Hoe zou je kunnen omgaan met bewegingen van objecten in het beeld?

- Een bijkomend probleem is dat het programma niet kan omgaan met belichtingsvariaties. Waarom? Welke oplossingen kan je hiervoor bedenken? Werk één oplossing verder uit in de code.

2.3 Reconstructie van het HR-beeld

- Aan welke voorwaarden (in het beelddomein en in het frequentiedomein) moeten voldaan zijn om superresolutie te kunnen realiseren? Leg dit kort uit.

Hoeveel beelden zijn er minstens nodig voor een perfecte reconstructie van het HR-beeld als aan de bovenstaande voorwaarden zijn voldaan? We vertrekken hier bijv. van LR-beelden met resolutie van $M \times N$ pixels naar een HR-beeld met resolutie van $sM \times sN$ pixels.

Toch is dit minimale aantal beelden niet voldoende om *altijd* perfecte reconstructie te bereiken. Leg even uit.

2.4 Iteratieve deblurring en denoising

- In *filter.cpp* zijn een aantal restauratietechnieken geïmplementeerd die een gezamenlijke ruisonderdrukking en beeldverscherping uitvoeren. Waarom is deze extra naverwerking nodig: onder welke omstandigheden en waarom kunnen de gereconstrueerde beelden nog steeds onscherp zijn of ruis bevatten? Leg kort even uit.
- Bekijk de code en probeer te begrijpen hoe dit overeenstemt met Sectie 2.3 in [2]. Leg kort even de betekenis uit van de parameters "sigma", "lambda" en "step" (tip: zie artikels). Vergelijk Lorentz-gebaseerde regularisatie met Tikhonov regularisatie. Welke voordelen biedt Lorentz-gebaseerde regularisatie hier? Illustreer dit met behulp van een goed gekozen voorbeeldbeeld (hiervoor kan het nodig zijn om de functie *main* in *main.cpp* tijdelijk aan te passen).
- Stel nu het aantal iteratiestappen vast op 100 en de vergrotingsfactor op 4. Hoe of in welke volgorde kan je de parameters van het superresolutie-algoritme best optimaliseren? Bepaal op deze wijze parameterwaarden voor de opgenomen beeldsequentie en bereken het superresolutiebeeld. Neem de verkregen waarden ook op in het verslag.
- Vergelijk het finale superresolutiebeeld met de bikubische B-spline interpolatie van het referentiebeeld. Toon en bespreek de resultaten. Welke technieken geven de beste resultaten: klassieke interpolatietechnieken of superresolutietechnieken (en in welke omstandigheden)? Wat kan je vertellen over de invloed van opnameruis?