

MĚŘENÍ PŘENOSOVÝCH CHARAKTERISTIK ZOBRAZOVACÍCH SOUSTAV

Stanislav Vitek

Katedra radioelektroniky, ČVUT FEL Praha

Pro aplikace zpracování obrazu, zejména pak vědecké aplikace, jako je astronomie či biomedicína, je velmi důležitá vysoká přesnost měření. Existuje několik způsobů jak zlepšit dosažených výsledků. Jedním z nich je dekonvoluce získaných obrazových dat s přenosovou charakteristikou obrazového systému, kterým byla data pořízena. V následujícím textu se budeme zabývat měřením takových charakteristik, jejich výpočtem a porovnáním výsledků simulací v Matlabu se změřenými charakteristikami.

Úvod

Při znalosti přenosových charakteristik zobrazovací soustavy je možné zlepšit výsledný obraz na výstupu soustavy. Otázkou je, jak tyto přenosové charakteristiky získat. V zásadě je možné tyto charakteristiky měřit (s jistou mírou přesnosti) nebo simulovat s pomocí vhodného simulačního prostředí, například Matlabu [4].

Pro simulaci a měření byla vybrána astronomická kamera SBIG ST8-E, která je používána např. na robotických teleskopech BOOTES (španělsko-český pozemní experiment projektu ESA Integral, umístěný v jižním Španělsku) nebo BART (malý robotický dalekohled, umístěný v AÚ ČR Ondřejov). Tato CCD kamera má plné rozlišení 1530×1020 pixelů o velikosti $9 \times 9 \mu\text{m}$. Celková aktivní plocha CCD čipu je $13.8 \times 9.2 \text{ mm}$. Kamera je chlazená Peltierovým článkem, obsahuje 16-ti bitový A/D převodník a podle modelu komunikuje s PC buď po paralelním portu nebo pomocí USB.



Obr. 1: Astronomická CCD kamera SBIG ST8-E

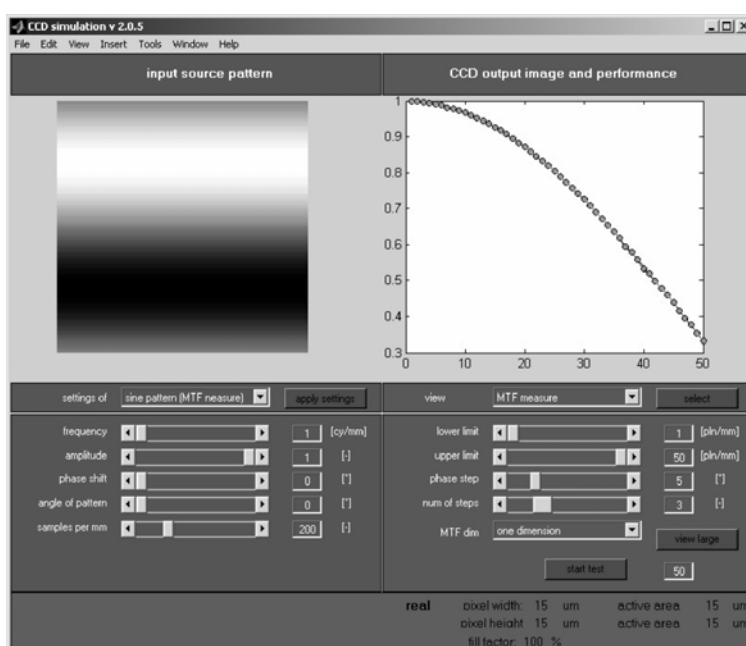
Jako přenosová charakteristika pro porovnání změřených a simulovaných hodnot byla zvolena MTF (Modulation Transfer Function) [2]. MTF je frekvenčně závislá charakteristika přenosu kontrastu (tj. detailů obrazu) zobrazovací soustavou, je to ryze reálná veličina (jedná se o modul Optické přenosové funkce OTF) a je vhodná pro porovnání vlastností optických soustav.

Simulace přenosových charakteristik v Matlabu

Pro účely simulace v Matlabu byl vytvořen model CCD senzoru, který umožňuje získat přenosové charakteristiky (včetně MTF) senzoru. Aplikace byla popsána např. v [4], proto jen krátce o jejích vlastnostech.

Aplikace pracuje s modelem CCD senzoru, který umožňuje mimo jiné:

- nastavení velikosti pixelů a aktivní plochy senzoru
- nastavení vzdálenosti pixelů (tj. vzorkovacích vzdáleností)
- volbu tvaru pixelů (předdefinovaný obecný obdélníkový, šesti a osmiúhelníkový + uživatelsky definovaný)
- nastavení materiálových konstant



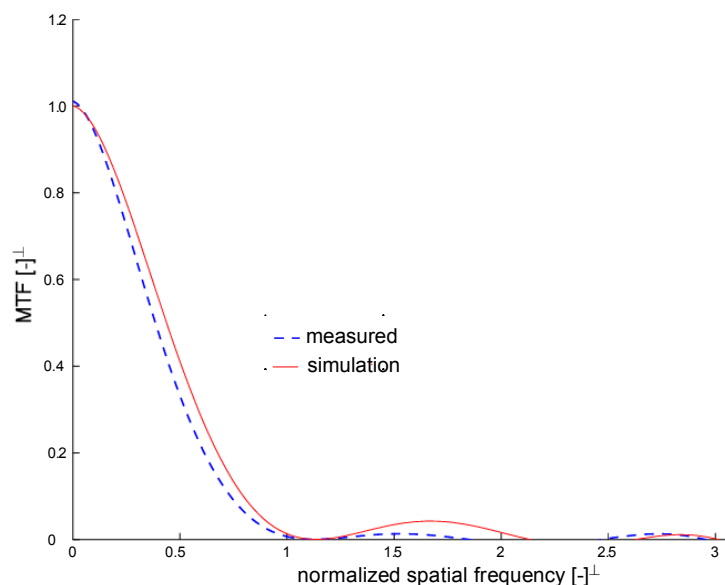
Obr. 2: GUI rozhraní simulátoru CCD kamery

Pro celou aplikaci bylo navrženo grafické uživatelské prostředí (viz. Obr. 2), které umožňuje komfortně měnit parametry modelu senzoru za běhu aplikace. Aplikace využívá kromě standardní konfigurace Matlabu ještě Image processing toolbox.

Měření přenosových charakteristik

Pro laboratorní měření přenosových charakteristik byla zvolena metoda měření ESF (Edge Spread Function). Metoda spočívá ve vytvoření přechodu černá-bílá na aktivní ploše čipu, aproximací skoku, jeho derivací a následnou Fourierovou transformací získáme MTF CCD detektoru včetně případné předřazené optiky [3]. Veškeré výpočty byly opět prováděny v Matlabu.

Při použití kamery ST8-E je možné se vyhnout použití frame-grabberu, který vnáší do měření systematickou chybu – vlastní přenosovou charakteristiku.



Obr. 3: Porovnání změřené a simulované MTF CCD kamery

Závěr

Prezentovaný postup získání přenosové charakteristiky byl využit aplikačně. Získaná přenosová charakteristika byla použita v systému automatického zaostřování systému BOOTES [1]. Při vylepšení modelu CCD senzoru je zřejmě možné simulací získat velmi dobré výsledky, srovnatelné s měřením pomocí velmi nákladných aparatur. Další plánovanou aplikací je zlepšení rozlišovací schopnosti celého zobrazovacího systému na sub-pixelovou úroveň pomocí modelu celé zobrazovací soustavy.

Poděkování

Tato práce byla podporována grantem č. 102/02/0133 Grantové agentury České republiky „Kvalitativní aspekty kompresních metod obrazu“. Část práce byla podpořena grantem v rámci výzkumného záměru doktorského projektu Grantové Agentury České republiky č. 102/03/H0109 „Metody, struktury a komponenty elektronické bezdrátové komunikace“ a grantem č. CTU04101313 Interní grantové soutěže Českého vysokého učení technického.

Literatura

- [1] S. Vitek, J. Vejdelek, P. Pata, M. Becvar, A. J. Castro-Tirado, *The System for Autofocusing of wide-field cameras*, The 5-th Integral workshop, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Munich, February 2004
- [2] S. Vitek, P. Pata, J. Hozman, *Analyse of transfer function of image sensors*, The 5-th Integral workshop, Bayerische Akademie der Wissenschaften, Munich, February 2004
- [3] S. Vitek, *Measurement of Real Imaging Systems*, POSTER 2004, FEE CTU, Pratur
- [4] S. Vitek, J. Hozman, *Modeling of Imaging Systems in Matlab*, Radioengineering 2003, Vol. 15, No. 4., s. 55 - 57