

УДК 621.386: 616-073.7(045)

¹А. О. Невгасимий, канд. техн. наук,²О. А. Кохан,³С. А. Ясенко, канд. техн. наук,⁴Н. В. Бурцева**АЛГОРИТМ КОМПЕНСАЦІЇ РІВНЯ ЧОРНОГО**^{1,2}ТОВ «НВО «Телеоптик»»^{3,4}Інститут електроніки та систем управління НАУ, e-mail: rakendra@i.ua

Розглянуто алгоритм компенсації рівня чорного під час роботи телевізійної камери на основі приладу із зарядовим зв'язком у режимі підвищеної чутливості.

Ключові слова: прилад із зарядовим зв'язком (ПЗЗ), телевізійний сигнал, рівень чорного, внутрішні шуми датчика зображень, багатокамерна телевізійна система.

Вступ. За останні 100 років розвитку методів і технічних засобів медичної діагностики та терапії приділялося багато уваги з боку науковців, лікарів та інженерів. Актуальність цих досліджень визначається постійним розширенням можливостей і підвищенням ефективності процедур [1, с. 3]. Сталим є стан, коли від 70 до 90 % усіх діагнозів потребують проведення досліджень з використанням методів променевої діагностики.

Променевою діагностикою (що охоплює медичну візуалізацію, діагностичну радіологію) називають розділ медичної діагностики, який будується на теоретичних та практичних основах використання випромінювань різного виду (іонізуювальних та неіонізуювальних) для вивчення будови і функцій нормальних і патологічно змінених тканин, органів та систем людини [2, с. 7]. Загальною особливістю методів променевої діагностики є опосередковане подання інформації про досліджувані органи та тканини – шляхом реєстрації через тіло людини випромінювання (у тому числі ультразвуку). Випромінювання може бути сформоване апаратно чи бути властивим живій тканині (магнітне поле, інфрачервоні промені).

Найчастіше результатом проведення променевого дослідження є зображення. Більша частка таких зображень – рентгенограми. Сьогодні актуальним завданням є подальше впровадження у практику рентгенівських відділень безплівкових технологій реєстрації, обробки та зберігання даних рентгенівських досліджень. При цьому особливу роль відіграють твердотільні цифрові приймачі рентгенівських зображень. Майже всі вони мають матричну будову. Часто як чутливий елемент цифрового приймача використовують прилади із зарядовим зв'язком (ПЗЗ).

Постановка завдання. На відміну від технічних дисциплін зі схожими завданнями у медичній діагностиці діє етичний критерій. Інколи він формулюється коротко – «не зашкодь». У променевій діагностиці відповідним критерієм є принцип «АЛАРА» – «якісним зображенням вважається зображення достатньо якісне для досягнення мети діагностичного процесу, але отримане за найменшої досяжної дози опромінення». Для медичної рентгенівської діагностики це означає свідомий перехід до роботи із зашумленими зображеннями. Тому до медичної діагностичної апаратури ставляться специфічні вимоги [2]. Проте існують об'єктивні обмеження на формування фотонного потоку. Первинний фотонний потік має бути малим, а енергія фотонів належати до певного спектра. У рентгенівських діагностичних системах спектр визначається напругою, прикладеною до рентгенівської трубки (кВ), а кількість фотонів – добутком струму через трубку та часу експозиції (мА·с). При цьому необхідно забезпечити певну кількість фотонів у площині ПЗЗ перетворювача. За сталих значень чутливості ПЗЗ, напруги на трубці та ефективності перетворення електронного потоку в оптичні кванти в площині ПЗЗ досягнути необхідного

рівня опромінення приймача можна зміною заряду. Теоретично немає різниці, як вибирати засіб збільшення рівня опромінення – чи через збільшення струму, чи через збільшення часу експозиції. Але через технічні обмеження рентгенівських трубок значно збільшити струм неможливо (так, щоб залишити час експозиції близьким до стандартного для ПЗЗ часу кадру). Для забезпечення необхідної кількості фотонів потрібно збільшити час експозиції (кадру) до 0,64 с, а іноді до 1...4 с. У разі використання стандартних увімкнень ПЗЗ виникають специфічні спотворення сигналу. Із застосуванням змін в апаратній частині, як правило, значно збільшується ціна. Завдання полягає у компенсації спотворень сигналу зображень, спричинених значним збільшенням часу експозиції у разі використання стандартних ПЗЗ датчиків зображень зі штатною «обв'язкою» [4; 5].

Додатковою умовою є те, що приймач зображення – багатокамерна система – утворена ґраткою фотодіодних матриць на основі ПЗЗ-перетворювачів. Кінцевим результатом є створення єдиного цілого зображення.

Опис спотворень сигналу. Відомі виробники ПЗЗ датчиків зображень завжди пропонують варіанти увімкнень ПЗЗ і описують штатні режими роботи приладів. У разі зміни штатних режимів, зокрема збільшення часу кадру в два-три рази, виникає значна нелінійність у передачі яскравості за кадром (передусім рівня чорного), що ускладнює процес утворення єдиного зображення. Цей ефект можна пояснити неузгодженістю системи компенсації неефективності перенесення з нелінійним зростанням темного струму за збільшеним часом кадру [6, с. 182 – 186]. А саме: кожне перенесення заряду з однієї потенціальної ями в іншу у процесі зчитування супроводжується втратою частини зарядів унаслідок неповного перенесення за обмежений час. За n перенесень залишається заряд

$$q_n = q_0 (1 - \varepsilon)^n,$$

де q_0 – заряд, що накопичився у комірці до перенесення; ε – коефіцієнт неефективності перенесення; $n = km$; k – кількість фаз керування; m – кількість комірок уздовж напрямку перенесення.

Коефіцієнт неефективності перенесення змінюється зі зміною частоти переключення фаз керування. Викривлення зарядового рельєфу, що спричинені неповною передачею заряду мають детермінований характер. Такі викривлення для визначеного діапазону частот можуть бути скомпенсовані. Зміна часу накопичення призводить до більшого нагрівання пристрою і, відповідно, до збільшення темного струму та недетермінованого витoku зарядів на межі окис-напівпровідник.

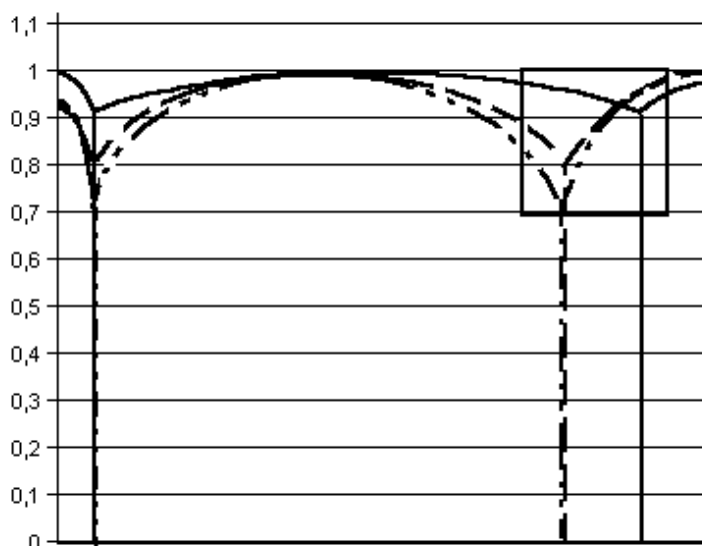
Якщо в схемі реалізовано схему компенсації спотворень для штатних режимів роботи, то використання нештатного режиму призведе до неузгодженості характеристик цієї схеми з рівнем спотворень. Сукупна дія факторів, що призводять до спотворень сигналу, полягає у різкому зменшенні яскравості зображення кожної камери у верхній частині. На рисунку зображено графіки середнього рівня сигналу камер. Горизонтальна вісь відповідає вертикальному напрямку (за стовпцями камер), причому напрямок цієї осі зліва направо відповідає напрямку знизу вгору на зображенні. На рисунку наведено три графіки, що відповідають отриманим сигналам від трьох приймачів зображень (об'єкт спостереження – однаковий фон). Приймачі сформовані з подібних за характеристиками датчиків зображень. Кількість елементів зображення від приймача 3 більша ніж від приймачів 1 та 2. Наведені графіки відповідають випадку, коли приймачі 1 та 2 працюють у штатному режимі, а приймач 3 – в режимі підвищеної чутливості (за рахунок збільшеного часу кадрового нагромадження). Характер зменшення сигналу камер від центра до краю у штатному режимі подібний (майже симетричний) до характеру і в нижній, і у верхній половинах зображення. У режимі збільшеної чутливості таке зменшення несиметричне, а саме: у нижній частині зображення можна спостерігати повільне зниження яскравості, у верхній частині зображення

(відповідну зону додатково виділено на графіку) – різке зниження сигналу. Яскравість зображення у штатному режимі майже не впливає на характер зменшення сигналу, що дозволяє припустити виняткову роль оптичного тракту у формуванні цього ефекту. У режимі збільшеного часу нагромадження відносна несиметричність зменшення яскравості від центра до краю має обернену залежність із середньою яскравістю зображення. Це ускладнює попередню компенсацію нерівномірності перед виконанням процедури формування цілого зображення.

Розв'язання завдання. При використанні ПЗЗ – приладів з кадровим перенесенням зі збільшенням часу експозиції у складі комп'ютеризованого комплексу, розв'язанням поставленого завдання може бути використання програмного коригування сигналу зображень. Таким розв'язанням пропонується алгоритм компенсації зміни рівня чорного і точкових артефактів. Під час розроблення алгоритму зроблено припущення, що система працює в однокадровому режимі; це дозволяє зменшити вимоги до системи реєстрації та передавання даних.

Сутність запропонованого алгоритму зводиться до виконання таких завдань:

- 1) стабілізація рівня чорного для усіх камер (кількість камер – k);
- 2) визначення карти та компенсація шляхом віднімання, «темнового» струму кожної камери та центрів термогенерації;
- 3) нормування зображення до рівня вибраної розрядності.



Нормовані «перерізи» за кадром зображень багатоканальних приймачів у штатному режимі та режимі з подовженим часом накопичення кадру: — · — · — приймач 1;
 - - - - - приймач 2; — — — — — приймач 3

Реалізація алгоритму зводиться до виконання кількох послідовних кроків. Спочатку визначаємо максимальний середній рівень чорного ($M_{\max}$) для всіх камер. Для кожного рядка j кожної матриці k знаходимо медіану ($M_k(j)$) із врахуванням сигналу від неактивних елементів на краях камер.

Визначаємо максимум з набору медіан:

- для кожної камери $M_{\max}(k) = \max(M_k(j)) \forall j$,
- для всього зображення $M_{\max} = \max(M_{\max}(k)) \forall k$.

Виконуємо компенсацію рівня чорного шляхом віднімання визначеного рівня від кожного рядка зображення кожної камери.

Ефективність. Електронні системи спостереження з підвищеною чутливістю належать до спеціалізованих систем. Вартість кожної такої системи із застосуванням електронної схеми зменшення темнових шумів [3] значно зростає [7].

Запропонований алгоритм дозволяє зменшити умовну вартість компенсації рівня чорного зі збереженням адаптивності до характеристик окремих камер. Скориговані сигнали від кожного датчика зображень дозволяють сформувати ціле зображення з межами між зонами відповідних датчиків, непомітними для візуального аналізатора людини.

Список літератури

1. *Электронная аппаратура для стимуляции органов и тканей* / под ред. Р. И. Утямышева и М. Варны. – М.: Энергоиздат, 1983. – 384 с.
2. *Сиднев Д. А. Физико-технические основы лучевой диагностики и радиационная защита* / Д. А. Сиднев – К.: Полиграф, 2005. – 204 с.
3. *Семин М. С. Обзор решения прикладных задач с помощью систем технического зрения* [Електронний ресурс] / М. С. Семин – Режим доступу до журн.: <http://videoscan.ru/page/718>
4. *Майоров В. П. Шумел фотон ... или еще раз о чувствительности ПЗС камер* [Електронний ресурс] / В. П. Майоров, М. С. Семин – Режим доступу до журн.: <http://videoscan.ru/page/705>
5. *Семин М. С. №13/06 фотоны и электроны – когда их мало и много или «шумел фотон 2»* [Електронний ресурс] / М. С. Семин, В. П. Майоров – Режим доступу до журн.: <http://videoscan.ru/page/794>
6. *Источники и приёмники излучения: [учеб. пособие для студ. оптических специальностей вузов]* / Г. Г. Ишанин, Э. Д. Панков, А. Л. Андреев, Г. В. Польщиков. – СПб.: Политехника, 1991. – 240 с.
7. *Каталог CCTV, СКД и ОПС* [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.cctv-catalog.ru/>

А. О. Невгасимий, О. А. Кохан, С. А. Ясенко, Н. В. Бурцева

Алгоритм компенсации уровня черного

Рассмотрен алгоритм компенсации уровня черного при работе телевизионной камеры на основе прибора с зарядовой связью в режиме повышенной чувствительности.

A. O. Newgasymyi, O. A. Kohan, S. A. Yassenko, N. V. Burtseva

Black level compensation algorithm

Black level compensation algorithm for CMOS camera high sensitivity mode is considered.