

Цэгэн гэрэл үүсгэгч дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулах арга

Д.Номин-Эрдэнэ, Б.Ганбат*

Монгол Улсын Их Сургууль, Хэрэглээний шинжлэх ухаан, инженерчлэлийн сургууль, Электроник, холбооны инженерчлэлийн тэнхим

*ganbat@seas.num.edu.mn

Хүлээн авсан: 2018.03.30, засварласан: 2018.09.06, зөвшөөрсөн: 2018.09.15

Хураангуй

Тусгай зориулалтын нүдний шилгүйгээр гурван хэмжээст (3D)-ээр үздэг нийлмэл дүрсэн дэлгэцийн нэг төрөл болох Цэгэн гэрэл үүсгэгч буюу Point Light Source (PLS) дэлгэцийг энгийн хэрэглээнд нэвтрүүлэхэд нэг цэгийн хэмжээ том буюу нягтшил бага, харагдах өнцөг бага зэрэг дутагдалтай. Энэхүү судалгааны ажлаар уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргыг танилцуулна. Нягтшилыг сайжруулахдаа уламжлалт PLS дэлгэц дээр нэмэлт гэрэл үүсгэгч ашигласан. Туршилтын үр дүнгээс харахад линз матрицын нэг элементар линзийн ард есөн цэгэн гэрэл (хэвтээ 3, босоо 3) үүсэж байгаа бөгөөд цэгэн гэрэл үүсгэгчдийн хоорондох зай 3 дахин багассан учраас уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан.

Түлхүүр үг: Integral Imaging Display, Point Light Source Display

1. Удиртгал

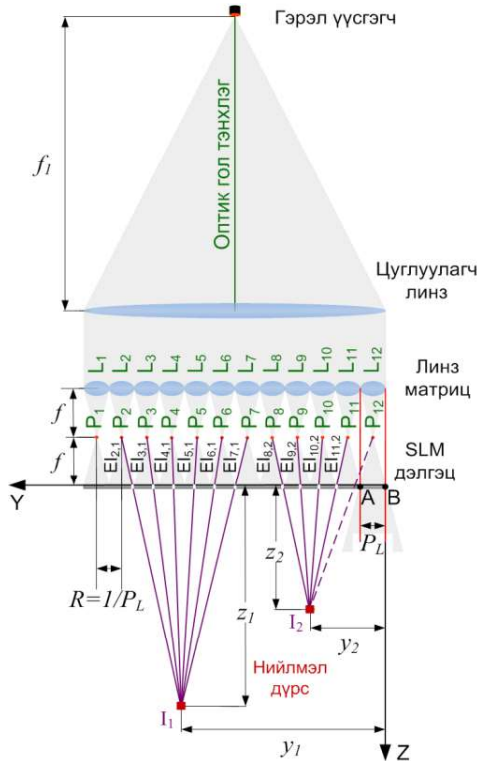
Гурван хэмжээст (3D) дэлгэцийн технологиуд олон төрөл байдаг [1-4]. Үүнээс нийлмэл дүрсэн [1, 4] дэлгэцийн нэг төрөл PLS дэлгэцийн үүсгэсэн бодит 3D дүрсийг үзэгч тусгай шилгүйгээр, өнгөт, хэвтээ болон босоо тэнхлэгийн дагуу 3D-ээр, үзэгчийн байрлалаас үл хамаарч хардаг гэх мэт олон давуу талтай. Үүнээс PLS дэлгэц нь нийлмэл дүрсэн дэлгэцээс гүнний хязгаарлалтгүй, хоёр хэмжээст (2D) болон 3D горимд ажилдгаараа онцлогтой. Хэдий тийм боловч харагдах өнцөг бага [5-10], нягтшил бага зэрэг дутагдалтай [11-14]. PLS дэлгэцийн нягтшил нь хөрш цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зайгаар тодорхойлогддог. Уг дэлгэцийн үүсгэсэн бодит 3D дүрс нь нягтшил бага буюу цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай их байгаа нь чанар муутай харагдаж энгийн хэрэглээнд нэвтэрч чадахгүй байна. Yongri Piao нар толь ашиглан нягтшилыг сайжруулсан боловч толь нь хийсвэр линз матриц үүсгэж байгаа мэтээр тооцоолсон элементар зураг нь хоорондоо давхардах, элементар зургийг удаан үүсгэх зэрэг дутагдалтай [15]. Yunhee Kim нар Pinhole массивыг (олон жижиг нүхтэй хаалт) X, Y тэнхлэг дагуу цахилгаанаар хөдөлгөн нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан боловч байнга механик хөдөлгөөн хийдэг, байрлал бүрд элементар зургийг өөрчилдөг дутагдалтай [16]. Jae-Hyeung Park нар PLS дэлгэцийн цуглуулагч линз болон

линз матриц хоёрын хооронд линз матриц нэмж байрлуулан дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулсан боловч линз матриц нэмэх тусам өртөг өндөртэй, зузаан дэлгэц болдог сул талтай [17]. Энэхүү өгүүлэлд 3 Ч 3 гэрэл үүсгэгч нэмж байрлуулснаар PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зайг 3 дахин багасгаж, нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргын туршилтын үр дүнг танилцуулна.

2. PLS дэлгэцийн нягтшил

Нийлмэл 3-D дүрсэн дэлгэцийн нэг төрөл болох PLS дэлгэцийн бүтцийг хажуугаас нь дүрслэн Зураг 1-д үзүүлэв. PLS дэлгэц нь гэрэл үүсгэгч, цуглуулагч линз, линз матриц, Spatial Light Modulator (SLM) дэлгэцээс бүрдэнэ. Линз матриц нь жижиг элементар линзүүдээс бүрдэнэ. Цуглуулагч линзийн фокусын f_1 зайд, оптик гол тэнхлэг дагуу гэрэл үүсгэгчийг байрлуулна. Гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрэл цуглуулагч линзээр нэвтрэхдээ параллель цацрагууд болоод линз матрицын элементар линз бүрийн урд фокусын f зайд цугларч олон гэрэл үүсгэгч байгаа мэт харагдана. Үүнийг цэгэн гэрэл үүсгэгч гэж нэрлэнэ. Цэгэн гэрэл үүсгэгч бүрээс цацарсан цацрагууд линз матрицын элементар линз бүрийн PL хэмжээтэй талбайд хоорондоо үл давхцах ба $2\cdot f$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулна.

Зураг 1-д үзүүлснээр PLS дэлгэцийн урд байх Z, Y тэнхлэгийн дагуу z_1, y_1 зайд байрлах I_1 нийлмэл цэгийг (3D цэг) линз матрицын элементар L_2-L_7 линзүүдийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрэл P_2-P_7 үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан Elemental Image (EI) $EI_{2,1}-EI_{7,1}$ -ийн хөндлөн огтлолцоор үүсгэнэ.



Зураг 1. PLS дэлгэцийн ажиллах зарчим.

Мөн PLS дэлгэцийн урд байх Z, Y тэнхлэгийн дагуу z_2, y_2 зайд байрлах I_2 нийлмэл цэгийг линз матрицын элементар L_8-L_{11} линзүүдийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрэл P_8-P_{11} үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан $EI_{8,2}-EI_{11,2}$ -ийн хөндлөн огтлолцоор үүсгэнэ. Цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс гарсан цацрагууд нийлмэл цэг I_2 дээр ирэхгүй. Зураг 1-д үзүүлснээр AB цэгийн хоорондын зай нь L_{12} элементар линзийн хэмжээтэй тэнцүү учраас цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс тархах цацрагуудын SLM дээр туссан хэмжээнээс хэтэрсэн байна. Өөрөөр хэлбэл цэгэн гэрэл P_{12} үүсгэгчээс тархах гэрлийн мужаас гадна байна. Уг цацрагийг тасархай зураасаар Зураг 1-д үзүүлэв. PLS дэлгэцийн нягтшил (R)-ыг өмнөх ажлуудад [11-14] линз матрицын нэг жижиг элементар линзийн хэмжээний (тэгш өнцөгт) урвуугаар тодорхойлсон байдаг.

$$R = \left(\frac{1}{P_L}\right) \quad (1)$$

Үүнд: P_L нь линз матрицын нэг жижиг линзийн хэмжээ бөгөөд мм-ээр хэмжигдэнэ. Томъёо (1)-ээс

линз матрицын элементар линзийн хэмжээ бага байх тусам PLS дэлгэцийн нягтшил сайжирна.

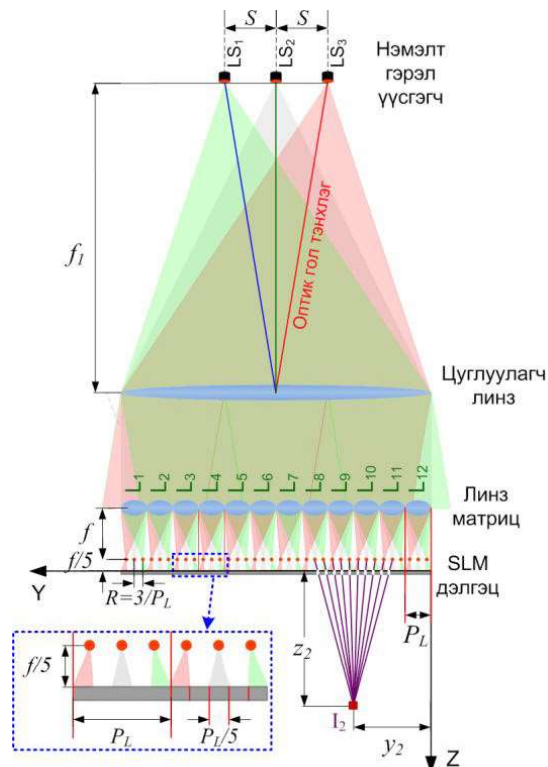
Жишээ нь: Томъёо (1)-ээр PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгч бүрийн хоорондын зайтай тэнцүү линз матрицын элементар линзийн хэмжээ 5 мм гэвэл нягтшил нь урвуугаар тодорхойлогдож $1/5=0.2$ болно. Энгийн хоёр хэмжээст LCD дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ нь дунджаар 0.25 мм гэвэл нягтшил нь $1/0.25=4$ болно. Үүнээс PLS дэлгэцийн нягтшил нь энгийн хэрэглээнд маш бага байна. PLS дэлгэцийн нягтшил бага байдаг учраас нягтшилыг сайжруулах өөрсдийн шинэ аргыг санал болгож байна.

3. Нягтшилыг сайжруулах арга

Зураг 2-д бидний дэвшүүлж буй шинэ аргыг хажуугаас нь дүрслэн үзүүлэв. Уг PLS дэлгэц нь нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1-LS_3 , цуглуулагч линз, линз матриц, SLM дэлгэцээс бүрдэнэ. 3×3 ширхэг нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг цуглуулагч линзийн ард (2)-р томъёогоор тодорхойлогдсон S зайгаар байрлуулна.

$$S = \left(\frac{P_L f_1}{n f}\right) \quad (2)$$

Үүнд: f_1 нь цуглуулагч линзийн фокусын зай (мм), f нь линз матрицын фокусын зай (мм), n нь хэвтээ болон босоо тэнхлэг дагуух нэмэлт гэрэл үүсгэгчийн тоо.



Зураг 2. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулах арга.

Жишээ нь: Зураг 2-д үзүүлснээр нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_3 -ээс гарсан гэрлийн цацраг цуглуулагч линзээр нэвтрэн оптик гол тэнхлэгтэй параллель чиглэлтэй болж линз матрицын элементар линз бүрээр нэвтэрч түүний урд талд, фокусын f зайд цугларч есөн (хэвтээ 3, босоо 3) цэгэн гэрэл үүсгэгчийг үүсгэнэ.

Эдгээр цугларсан цэгэн гэрэл үүсгэгчийн тоо нь Зураг 1-д үзүүлсэн уламжлалт PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгчийн тооноос 3 дахин их болж, шинэ аргын цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай 3 дахин багасна. Шинэ аргаар PLS дэлгэцийн нягтшилыг дараах томъёогоор илэрхийлнэ.

$$R = \left(\frac{3}{P_L}\right) \quad (3)$$

(1), (3) томъёонуудаас харахад уламжлалт PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин сайжирна. Зураг 2-д үзүүлснээр линз матрицын урд талд, цэгэн гэрэл үүсгэгчээс тархах цацрагууд хоорондоо давхцахгүй зай болох фокусын зайнаас 5 дахин бага $f/5$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулна. Зураг 1-д үзүүлсэн нийлмэл I_2 цэг нь 4 ширхэг цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан цацрагууд SLM дэлгэцээр модуляцлагдан 4 ширхэг EI-ийн хөндлөн огтлолцлоор үүсэж байсан бол X, Z тэнхлэг дагуу ижил зайд байрлах Зураг 2-д үзүүлсэн нийлмэл I_2 цэг нь 10 ширхэг цэгэн гэрэл үүсгэгчийн 10 ширхэг EI-ийн хөндлөн огтлолцол дээр үүсэж байна.

4. Туршилт болон үр дүн

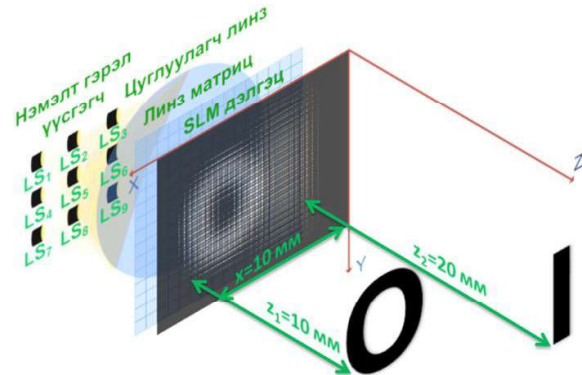
Туршилтад ашигласан элементүүдийн параметруудийг Хүснэгт 1-д үзүүлэв. Томъёо (2) ёсоор Хүснэгт 1-ийн үзүүлэлтийг ашиглан нэмэлт гэрэл үүсгэгч хоорондын зай нь $S=6.24$ мм болсон. Тиймээс гэрэл үүсгэгчээр Surface-Mount Device Light-Emitting Diode (SMD LED)-ийг ашиглав. SMD LED нь үнэ хямд, чадал бага зарцуулдаг, маш жижиг хэмжээтэй.

Хүснэгт 1. Туршилтын параметрууд

Зориулалт	Үзүүлэлт
SMD LED	1.25 мм (Б) Ч 2 мм (X)
SMD LED-ийн тоо	3 (Б) Ч 3 (X)
Цуглуулагч линзийн хэмжээ	50.8 мм (Б) Ч 50.8 мм (X)
Цуглуулагч линзийн фокусын зай	61.8 мм
Линз матрицын элементар линзийн тоо	50 (Б) Ч 50 (X)
Элементар линзийн хэмжээ	1 мм (Б) Ч 1 мм (X)
Линз матрицын фокусын урт	3.3 мм
Линз матрицаас SLM дэлгэц хүргэх зай	4.125 мм
SLM дэлгэцийн цэгийн тоо	768 (Б) Ч 1024 (X)
SLM дэлгэцийн нэг цэгийн хэмжээ	0.036 мм
SLM дэлгэцийн хэмжээ	27.64 мм (Б) Ч 36.86 мм (X)

^aБ – босоо, X - хэвтээ

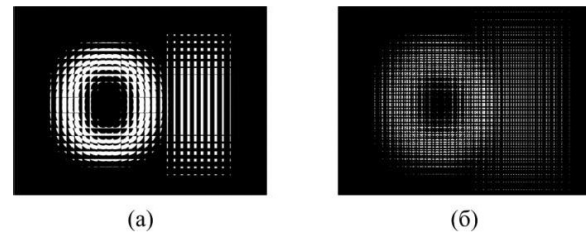
Нэмэлт гэрэл үүсгэгч нь хэвтээ болон босоо тэнхлэг дагуу 3 Ч 3 ширхэг байх ба нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг Зураг 3-д үзүүлснээр голын гэрэл үүсгэгч LS_5 нь дангаараа асах эсвэл LS_1 - LS_9 нэмэлт гэрэл үүсгэгч бүгд асах унтраалгатай хавтан дээр гагнасан. Голын гэрэл үүсгэгч LS_5 нь дангаараа асах тохиолдолд уламжлалт PLS дэлгэцийн нөхцөл биелнэ. Нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 бүгд асах тохиолдолд бидний дэвшүүлж буй шинэ аргын PLS дэлгэцийн нөхцөл биелэх юм.



Зураг 3. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулсан аргын геометр байгуулалт.

Бидний дэвшүүлж буй шинэ аргын туршилтын геометр байгуулалтыг Зураг 3-д үзүүлэв. PLS дэлгэц нь хоорондоо 10 мм, SLM дэлгэцээс 10 мм болон 20 мм зайд байрлах 'O', 'I' нийлмэл дүрсийн үүсгэж байхаар туршилт хийсэн. Туршилтаа X, Z, Y=0 буюу хэвтээ тэнхлэг дагуу хийсэн. PLS дэлгэц нь Y, Z, X=0 буюу босоо тэнхлэг дагуу туршсан үр дүн нь хэвтээ тэнхлэг дагуух үр дүнтэй ижил юм.

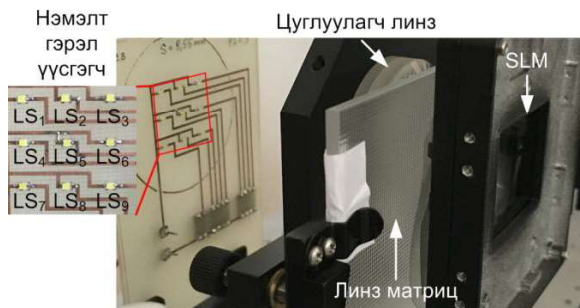
Туршилт хийхээс өмнө PLS дэлгэц нь Зураг 3-д үзүүлсэн геометр байгуулалтын дагуу хоорондоо 10 мм SLM дэлгэцээс 10 мм, 20 мм зайд байрлах 'O', 'I' нийлмэл дүрсийг үзүүлж байхаар EI-ийг үүсгэх шаардлагатай.



Зураг 4. Үүссэн EI (a) уламжлалт арга, (б) шинэ арга

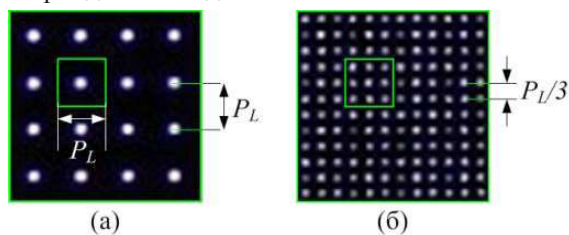
Уламжлалт PLS дэлгэцийн EI-ийг үүсгэхдээ нэг EI-ийн хэмжээ элементар линзийн хэмжээ P_L -тэй тэнцүү байна гэж үздэг. Өөрөөр хэлбэл EI-ийн цэг нь тухайн цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрлийн мужид байна гэсэн үг. Уг нөхцөлийн дагуу 'O' болон 'I'-ийг дэлгэцийн урд өөр өөр зайд байна гээд Matlab дээр үүсгэсэн EI-ийг Зураг 4(a)-д үзүүлэв.

Нэмэлт гэрэл үүсгэгчтэй нягтшилыг сайжруулсан PLS дэлгэцийн EI-үүд хоорондоо давхцахгүй байх ёстой гэдгээс EI-ийн хэмжээ нь $P_L/5$ -тай тэнцүү байна. EI цэг нь тухайн цэгэн гэрэл үүсгэгчээс цацарсан гэрлийн мужид байна гэсэн нөхцөлийн дагуу шинэ PLS дэлгэцийн EI-ийг үүсгэснийг Зураг 4(б)-д үзүүлэв. Шинэ аргад линз матрицын нэг элементар линз бүр есөн (3 хэвтээ, 3 босоо) цэгэн гэрэл үүсгэнэ. Ийм учраас EI-ийн хэмжээ багасна. Энэ нөхцөлийн дагуу үүсгэхээр SLM-ийн зарим хэсэг нь EI-гүй буюу үргэлж хар байна. Энэ хэмжээ нь нэг элементар линзийн хэмжээний $2 \cdot P_L/5$ байна. Өөрөөр хэлбэл шинэ арга нь P_L хэмжээтэй элементар линз бүр $2 \cdot P_L/5$ хэсгийг ашиглахгүй гэсэн үг. Үүнээс болоод Зураг 4(б)-д үзүүлсэн нягтшилыг сайжруулах шинэ аргын EI нь Зураг 4(а)-д үзүүлсэн уламжлалт PLS дэлгэцийн EI-ээс бүдэг харагдаж байна.



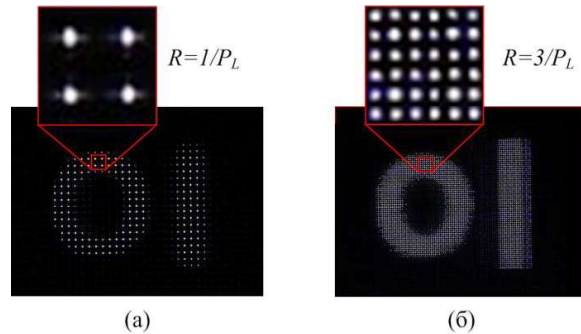
Зураг 5. Лабораторийн орчинд угсарсан PLS дэлгэц.

Зураг 5-д үзүүлснээр лабораторийн орчинд PLS дэлгэцийг угсарч линз матрицын фокусын f зайд камерын фокусыг тохируулж, PLS дэлгэцийн үүсгэж байгаа цэгэн гэрлийн туршилт хийсэн. Зураг 6(а)-д гэрэл үүсгэгч LS_5 -ыг асаасан буюу уламжлалт PLS дэлгэц нь цэгэн гэрэл үүсгэж байгааг, Зураг 6(б)-д нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 -ийг асаасан буюу нягтшилыг 3 дахин сайжруулсан шинэ аргын PLS дэлгэц нь цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа туршилтын үр дүнг үзүүлсэн байна. Туршилтад $P_L=1$ мм линз матриц ашигласан учраас Зураг 6(а)-д цэгэн гэрэл үүсгэгч хоорондох зай 1 мм байна. Шинэ аргаар үүсгэсэн цэгэн гэрэл хоорондох зай 0.33 мм байна. Туршилтын үр дүнгээс харахад цэгэн гэрэл үүсгэгчийн хоорондын зай 3 дахин багассан байна.



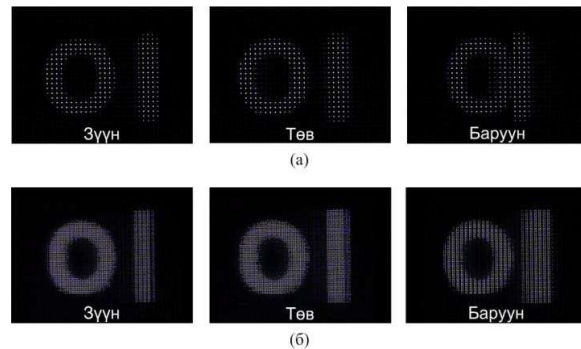
Зураг 6. Цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа (а) уламжлалт PLS дэлгэц болон (б) шинэ аргын PLS дэлгэц

Уламжлалт PLS дэлгэцийг туршихдаа Зураг 5-ын гэрэл үүсгэгч LS_5 асааж, линз матрицын фокусыг 2 дахин авсан зайд SLM дэлгэцийг байрлуулж Зураг 4(а)-д үзүүлсэн EI-ийг SLM дэлгэцэд гаргасан. Үүний туршилтын үр дүнг Зураг 7(а)-д үзүүлсэн байна.



Зураг 7. Туршилтын үр дүн (а) уламжлалт PLS дэлгэц, (б) нягтшилыг сайжруулсан PLS дэлгэц

Нягтшилыг 3 дахин сайжруулах PLS дэлгэцийг туршихдаа Зураг 5-ийн нэмэлт гэрэл үүсгэгч LS_1 - LS_9 -ийг асааж линз матрицын фокусын зай дээр фокусын зайг 5 дахин бага зайг нэмсэн $f+f/5$ зайд SLM дэлгэцийг байрлуулж Зураг 4(б)-д үзүүлсэн EI-ийг SLM дэлгэцэд гаргасан. Нягтшилыг 3 дахин сайжруулах аргын туршилтын үр дүнг Зураг 7(б)-д үзүүлсэн байна. Зураг 7-д үзүүлснээр PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин ихсэж байгаа нь харагдаж байна.



Зураг 8. Туршилтын үр дүн (а) уламжлалт PLS дэлгэц, (б) дэвшүүлж буй PLS дэлгэц.

Зураг 8-аас уламжлалт болон шинэ арга перспектив ажиглагдаж байна. Өөрөөр хэлбэл баруун талаас харахад 'O', 'I' нийлмэл дүрсийн хоорондох зай ойртсон. Зүүн талаас харахад хоорондох зай холдсон байна. Тиймээс шинэ PLS дэлгэц нь 3-D дүрсийг амжилттай үүсгэж байна гэж дүгнэж болно. Зураг 8(а)-ын уламжлалт PLS дэлгэцийн үүсгэсэн нийлмэл дүрсийн цэг хоорондын зай нь нүдээр харахад мэдэгдэж байгаа бөгөөд хол зайтай хэдэн цэг буюу чанар муутай харагдаж байна. Зураг 8(б)-д шинэ дэлгэцийн үр дүнг үзүүлсэн бөгөөд уламжлалт аргын үр дүнтэй харьцуулбал цэгэн гэрэл хоорондох зай бараг

ажиглагдахгүй байна. Өөрөөр хэлбэл Зураг 8(а)-ын уламжлалт PLS дэлгэцийн үүсгэсэн нийлмэл дүрсийн нягтшилыг бодвол Зураг 8(б)-д шинэ аргын PLS дэлгэцийн нягтшил нь тасралтгүй үүсэж байгаа харагдаж байна. Бидний дэвшүүлж буй аргаар PLS дэлгэцийн нягтшил 3 дахин сайжирсан ба линз матрицын элементар линзийн хэмжээ 1 мм гээд PLS дэлгэцийн нягтшил нь 3 болж байна.

5. Дүгнэлт

Бидний дэвшүүлж буй аргад нэмэлт гэрэл үүсгэгчийг цуглуулагч линзийн ард Томъёо (2) зайтайгаар байрлуулснаар түүний цацрагууд нь линз матрицын элементар линз бүрийн урд цугларч гурван цэгэн гэрэл үүсгэж байгаа бөгөөд уламжлалт PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл хоорондын зайг 3 дахин багасгасан. Туршилтын үр дүнгээс харвал шинэ аргаар PLS дэлгэцийн цэгэн гэрэл үүсгэгч хоорондын зайг 3 дахин бага байгаагаас нягтшил 3 дахин ихсэж байна. PLS дэлгэцийн нягтшилыг сайжруулснаар үзэгч 3-D дүрсийг чанартайгаар харах боломжтой болсон.

Зохиогчийн оролцоо

Д.Номин-Эрдэнэ тооцоо хийж E1 үүсгэж, туршилтууд хийсэн. Б.Ганбат туршилтад гарсан алдааг засаж сайжруулан өгүүлэл бичсэн.

Ном зүй:

1. Poon,T.-C (2006) Digital Holography and Three-Dimensional Display, Springer, New York.
2. Halle,M.M. et al. (1997) Computer Graphic: Autostereoscopic displays and computer graphics, 2nd edn. ACM Siggraph, Vol. 31, pp. 58–62.
3. Knut.L. et al. (1998) Proc: New portable FELIX 3D display, SPIE 3296, pp. 204.
4. Lippmann.G. (1908) Comptes-Rendus Academie des Sciences: La Photographie Integrale, vol. 146, pp. 446.
5. Park.J.-H. et al. (2005) Viewing Angle Enhancement of Three-Dimension/TwoDimension Convertible Integral Imaging Display Using Double Collimated or Noncollimated Illumination. Jpn. J. Appl. Phys, vol. 44, pp. 991–994.
6. Park.J.-H. et al. (2001) Analysis of viewing parameters for two display methods based on integral photography. Appl. Opt, vol. 40, pp. 5217–5232.
7. Min.S.-W. et al. (2003) Enhanced three-dimensional integral imaging system by use of double display devices. Appl. Opt, vol. 42, pp. 4186–4195.
8. Choi.H. et al. (2005) Wide-viewing-angle 3D/2D convertible display system using two display devices and a lens array. Opt. Express, vol. 13, pp. 8424–8432.
9. Park.J.-H. et al. (2004) Depth-enhanced three-dimensional–two-dimensional convertible display based on modified integral imaging. Opt. Lett, vol. 29, pp. 2734–2736.
10. Choi.H. et al. (2006) A thin 3D-2D convertible integral imaging system using a pinhole array on a polarizer. Opt. Express, vol. 14, pp. 5183–5190.
11. Alam.A. et al. (2012) Resolution Enhancement of Integral Imaging Three-Dimensional Display Using Multi-Directional Elemental Images. Journal of the Society for Information Display, vol. 20(4), pp. 175–243.
12. Choi.H. et al. (2003) Multipleviewing-zone integral imaging using a dynamic barrier array for threedimensional displays. Appl. Opt, vol. 11, pp. 927–932.
13. Shin.D. et al. (2008) Resolution-enhanced three-dimensional image reconstruction by use of smart pixel mapping in computational integral imaging. Appl. Opt, vol. 47, pp. 6656–6665.
14. Hahn.J. et al. (2009) Uniform angular resolution integral imaging display with boundary folding mirrors. Appl. Opt, vol. 48, pp. 504–511.
15. Piao.Y. et al. (2016) Resolution Enhanced Computational Integral Imaging Re-construction by Using Boundary Folding Mirrors. Optical Society of Korea, vol. 20, pp. 363–367.
16. Kim.Y. et al. (2007) Point light source integral imaging with improved resolution and viewing angle by the use of electrically movable pinhole array. Opt. Express, vol. 15, pp. 18253–18267.
17. Park.J. et al. (2005) Resolution-enhanced three-dimension / two-dimension convertible display based on integral imaging. Opt. Express, vol. 13, pp. 1875–1884.

Resolution-Enhanced Point Light Source Display

Nomin-Erdene Dalkhaa and Ganbat Baasantseren*

Department of Electronics and Communication Engineering, School of Engineering and Applied Sciences,
National University of Mongolia

*ganbat@seas.num.edu.mn

Received on 03.20.2018; revised on 09.06.2018; accepted on 09.15.2018

Abstract

The Point Light Source (PLS) display is one kind of Integral Imaging that is the three-dimensional (3D) display. Limitations of the PLS display include those regarding the viewing angle and the resolution. A PLS display with the high resolution is proposed. We used the light source array (3 x 3) to increase the resolution of the PLS in the horizontal and vertical directions. From the experimental results, the proposed method enhances three times higher than conventional PLS display.

Key words: Integral Imaging Display, Point Light Source Display
