

# Толь болон веб камерын тусламжтайгаар 3 хэмжээст виртуал орчин байгуулах

Н.Төмөр-Очир<sup>1</sup>, Л.Бат-Эрдэнэ<sup>1</sup>, Х.Оюундолгор<sup>1</sup>, А.Энхбаяр<sup>2</sup>

<sup>1</sup>МУИС, ХШУИС, Мэдээлэл, Компьютерийн Ухааны Тэнхим

<sup>2</sup>МУИС, ХШУИС, Хэрэглээний Математикийн Тэнхим

Цахим шуудан: [ochitumee@gmail.com](mailto:ochitumee@gmail.com)

**Хураангуй** — Энэхүү судалгааны ажилд энгийн веб камер болон толь ашиглан хэрхэн виртуал орчин үүсгэх талаар танилцуулна. Тухайлбал, бид энгийн 2 хавтгай толь болон веб камер ашиглан 3 хэмжээст камер байгуулж, виртуал орчинд объектыг харах боломж олгох ба нөгөө талаас конус толь болон веб камерийн тусламжтайгаар биетийн 3 хэмжээст загварыг байгуулснаар биетийг виртуал орчинд маш богино хугацаанд оруулах боломжийг бүрдүүлнэ. Энэ ажлын үр дүнд бодит хугацаанд, хямд зардлаар виртуал орчин үүсгэх боломжтой болно.

*Түлхүүр үг* — веб камер, конус толь, хавтгай толь, 3 хэмжээст цэгэн өгөгдөл, 3 хэмжээст загвар, фото зураг, дүрс боловсруулалт.

*Ангилал* – дүрс боловсруулалт, дүрслэл

## I. УДИРТГАЛ

Компьютер графикын шинжлэх ухаан нь сүүлийн жилүүдэд эрчимтэй хөгжиж байгаа салбар бөгөөд анагаах ухаан, урлаг, аж үйлдвэр, археологи зэрэг бүхий л салбарт нэвтэрч тэдгээрийн салшгүй нэг хэсэг болоод байна. Компьютер график нь математик, физик, инженерийн ухаан зэрэг олон салбарын огтлолцол дээр байдаг судалгааны томоохон салбар юм.

Орчин үеийн компьютер графикын үсрэнгүй хөгжлийн нэгэн илэрхийлэл нь 3 хэмжээст виртуал орчин юм. Виртуал орчин (VR) гэдэг нь програм хангамжийн тусламжтай бүтээгдсэн, хэрэглэгчдэд бодитой мэт харагдах хиймэл бодит орчин юм. Энэ нь хүний харах, сонсох, үнэрлэх, амтлах, хүрэх гэсэн таван мэдрэхүйг хийсвэр байдлаар бодит мэт мэдрүүлэхийг хэлнэ. Өмнө нь виртуал орчин нь ихэвчлэн тоглоом бүтээхэд ашиглагддаг байсан бол өдгөө боловсрол, анагаах ухаан, үйлдвэрлэл, үйлчилгээ гээд бараг бүхий л салбарт ашиглагдах болсон. Мөн Facebook компани Oculus VR төхөөрөмжийг, Google компани ухаалаг утсанд зориулагдсан Google Cardboard, HTC компани HTC Vive гэх мэт виртуал бодит орчинд зориулагдсан тусгайлан тоноглогдсон төхөөрөмжүүд худалдаанд гарснаар хүн бүр виртуал орчинг бүрэн дүүрэн мэдрэх боломжтой болов. Ингэснээр компьютер графикын энэ салбар эрчимтэй хөгжиж эхэлсэн байна.

Виртуал орчныг үүсгэхийн тулд түүнд хэрэглэгдэх 3 хэмжээст дижитал объектуудыг байгуулах шаардлагатай. 3 хэмжээст объект байгуулах компьютер график болон дүрс боловсруулалтын олон

арга байдаг ч тэдгээр нь нэг бол гүн мэдрэгч камер, стерео камер гэх мэт үнэтэй технологиуд ашигладаг эсвэл нэг объектын 3 хэмжээст загвар байгуулахын тулд олон талаас нь авсан зураг ашиглах шаардлагатай болдог. Иймээс хямд зардлаар богино хугацаанд 3 хэмжээст объектыг байгуулах, виртуал орчинг үүсгэх нь нэн чухал асуудлуудыг нэгд тооцогдож байна.

Бидний хийж буй ажлын гол зорилго нь толь, веб камер гэх мэт энгийн технологиудын тусламжтайгаар 3 хэмжээст объектыг хялбар аргаар байгуулах явдал юм. Энэ судалгааны ажилд 2 аргыг судалж үзсэн бөгөөд эдгээр нь 2 хавтгай толь болон веб камер ашиглан 3 хэмжээст камер байгуулах болон конус толь болон веб камерын тусламжтайгаар биетийн 3 хэмжээст загварыг байгуулах ажил юм. Эдгээр аргууд нь бодит амьдрал дээрх эд юмсыг 3 хэмжээст виртуал орчинд оруулахад хэрэглэгдэнэ.

**2 хавтгай толь болон веб камер ашиглан 3 хэмжээст камер байгуулах:** Энэ арга нь 2 хавтгай толийг зэргэцүүлэн тавьж түүний өмнө объект байрлуулаад объектын толинд тусах тусгалыг веб камерт буулгаснаар түүнийг 3 хэмжээст камер болгон хувиргах арга юм. Ингэхдээ зэргэцүүлж тавьсан 2 хавтгай толийг хоорондоо 170° орчим өнцөг үүсгэсэн байхаар байрлуулах ба объектыг тольноос хэр хол байрлуулснаас хамааран виртуал орчинд ч мөн төдий чинээ зайтай харагдана. Виртуал орчинд 3 хэмжээстээр харахын тулд тусгай тоноглолтой төхөөрөмж ашиглана.



Зураг 1. 2 хавтгай толь ашиглан гаргаж авсан зураг

**Конус толь болон веб камерын тусламжтайгаар биетийн 3 хэмжээст загварыг байгуулах:** Энэ арга нь конус тольны голд объектоо байрлуулж, түүний зургийг авч боловсруулан 3 хэмжээст объект гарган авах арга юм. Веб камераар зураг авахдаа конус тольны эгц дээрээс зураг авах ба тухайн зурган дээрх объектын оройг дүрс боловсруулалтын аргаар салган авч, тухайн оройн зураг болон конус толинд ойсон зургийг ашиглан математик тооцооллоор 3 хэмжээст объектыг

байгуулсан. Одоогийн байдлаар цилиндр хэлбэрийн объектуудын 3 хэмжээст загварыг энэ аргаар гарган авч байна.



Зураг 2. Конус толь ашиглан авсан зураг

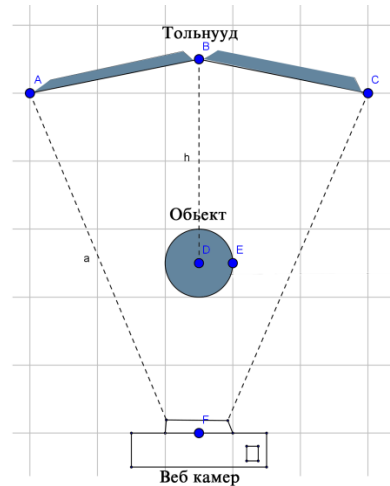
## II. ӨМНӨ НЬ ХИЙГДСЭН СУДАЛГААНЫ АЖИЛ

Өмнө нь уг сэдвийн хүрээнд Колумбийн Их Сургуульд “Multiview Radial Catadioptric Imaging for Scene Capture” [1](Олон талаас авсан цацраг хэлбэрийн ойсон зургийг ашиглан биетийг байгуулах) нэртэй судалгааны ажил хийгдсэн. Уг судалгааны ажилд камер болон муруй толийг ашиглан биетийн хэлбэрийг гарган авах талаар судалсан ба энэ аргуудыг цацраг зураглалын системүүд гэнэ. Цацраг зураглалын системүүд нь биетийн бүрэлдэхүүн хэсгүүд болох дүрс, ойлт болон текстурьг сэргээж чадна. Үүнийг ашиглан тус судалгааны ажилд 5 төрлийн объект байгуулалт хийсэн байдаг. Үүнд: 3D текстур байгуулалт, BRDF тооцоолол, Нүүр царай байгуулалт, Текстур буулгалт хийх, Бүтэн объект байгуулах гэсэн 5 ажил хийгдсэн. Эдгээрээс эхний 4-ийг нь 1 зураг ашиглаж хийсэн ба сүүлийн ажилд 1-ээс олон зураг ашиглана.

Харин миний хийж буй энэ судалгааны ажилд хэрхэн 1 ширхэг зураг ашиглан 3 хэмжээст биетийг үүсгэх талаар санал дэвшүүлнэ.

## III. ВИРТУАЛ 3 ХЭМЖЭЭСТ КАМЕР БАЙГУУЛАЛТ

Энэхүү виртуал 3 хэмжээст камерыг байгуулахдаа  $15 \times 20 \text{ см}^2$  хэмжээтэй 2 хавтгай толь болон  $720 \times 1080$  нягтралтай энгийн жижиг веб камер ашиглан зураг авсан. Эдгээр төхөөрөмжүүдийг байрлуулахдаа Зураг 3-д үзүүлсэн байдлаар байрлуулан зураг авах бөгөөд авсан зургийг өмнө нь Зураг 1-д харуулсан.



Зураг 3. Веб камер, 2 толь болон объектын байрлал

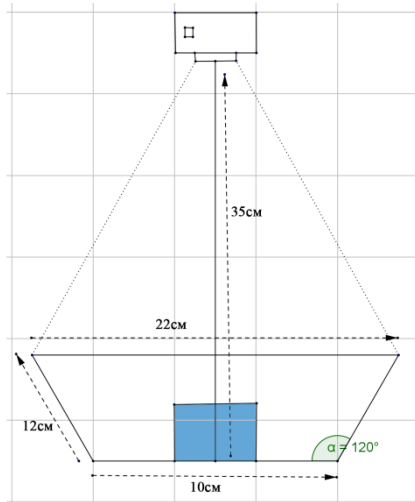
Хүний нүднүүд хоорондоо зайтай байдаг нь юмсын наана, цаана байгааг мэдэрч, 3 хэмжээстээр харахад тусладаг. Иймээс 3 хэмжээст камер хийхийн тулд 2 тольны хоорондох өнцгийг  $170^\circ$  болгосон. Ингэснээр толинд ойсон тусгалууд нь тухайн объектыг 2 өөр өнцгөөс харсан байх ба энэ зургийг тусгай зориулалтын төхөөрөмжийн тусламжтайгаар салган баруун болон зүүн нүдэнд зэрэг үзүүлэхэд тухайн объект нь 3 хэмжээстээр харагдана (Зураг 4).



Зураг 4. Зургаас хүний баруун болон зүүн нүдэнд харагдах хэсгийг салгасан байдал

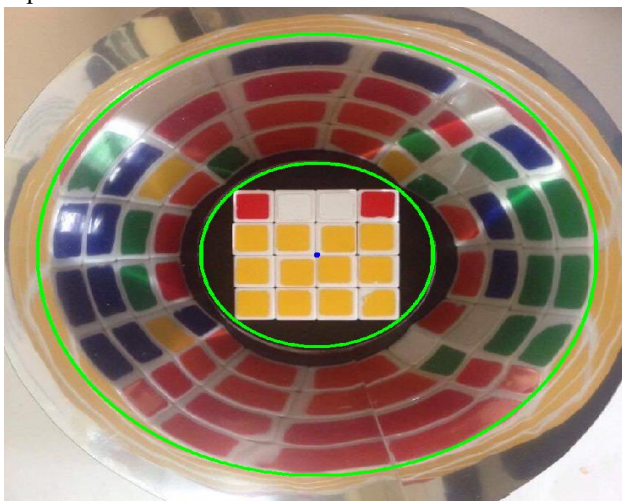
## IV. КОНУС ТОЛЬ АШИГЛАН 3 ХЭМЖЭЭСТ ЗАГВАР БАЙГУУЛАХ

Энэхүү аргыг хэрэгжүүлэхдээ 22см, 10см диаметртэй сууриуд бүхий  $60^\circ$ -ийн 12см үргэлжилсэн налуутай конус толь болон  $720 \times 1080$  нягтралтай веб камер ашигласан. Ингэхдээ веб камерыг объектын эгц дээр конус тольны ёроолоос 35см өндөрт байрлуулж зургийг авсан (Зураг 5). Жишээ нь Зураг 2 дахь зургийг конус толь ашиглан авсан.



Зураг 5. Конус толь, объект болон веб камерын байрлал

Конус толь ашиглан авсан зурагнаас 3 хэмжээст загвар үүсгэхэд хэд хэдэн тооцооллыг хийсэн. Хамгийн эхэнд зургийг конус толь туссан хэсгийн хамгийн бага, хамгийн их заагийг тохируулна (Зураг 6). Үүний дараа зургаас конус толинд ойсон хэсэг, конус тольны доторх хэсгийг ялгаж авна. Тольны доторх хэсгээс дүрс боловсруулалтын аргаар объектын оройн хэсгийг ялгаж авна. Эцэст нь объектын оройгоос цилиндр хэлбэртэй биет үүсгэж конус толины зургаас урвуу хувиргалт хийснээр жинхэнэ объектын загварыг гаргана.



Зураг 6. Конус тольны заагуудыг тохируулж байна.

**Конус толь туссан хэсгийн хамгийн бага, хамгийн их заагийг тохируулах:** Энэ хэсэгт конус тольны хэсэг болон түүний доторх объектын хэсгийг салгаж авна.

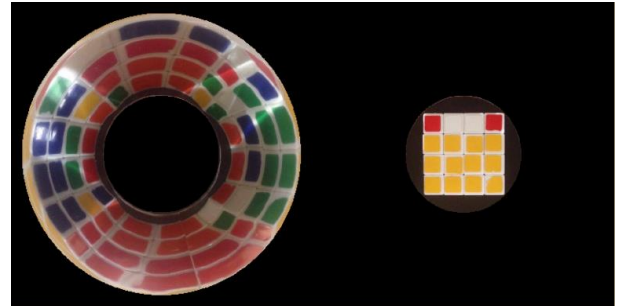
Зургийн координатын систем нь зүүн дээд булангаас эхлэн хойш чиглэлд “x” тэнхлэг, доош чиглэлд “y” тэнхлэгээр дугаарлагдана. Эндээс тольны заагуудыг дараах байдлаар ялгана.

Энд том радиусны хэмжээ  $R$ , жижиг радиусны хэмжээ  $r$ , тойргуудын нэгдсэн төвийг  $(x_0, y_0)$  гэвэл

$$imgTop = \{(x, y) | (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq r^2\}$$

$$imgCone = \{(x, y) | r^2 < (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \leq R^2\}$$

байдлаар  $imgTop$ ,  $imgCone$  гэсэн 2 зурагт хуваана (Зураг 6).



Зураг 6. Зургийг 2 хэсэгт хуваасан байдал

$imgTop$  зургаас дүрс боловсруулалтын аргаар объектын оройг ялган авсан. Ингэхдээ зургийн RGB өнгөний 3 сувгийг ашигласан ба дараах функцаар ялган авсан. Энд  $(x, y)$  цэг дээрх улаан өнгөний утгыг  $R(x, y)$ , ногоон өнгөний утгыг  $G(x, y)$ , хөх өнгөний утгыг  $B(x, y)$  гэж нэрлэе. Объектоос хамаарах заагийн өнгөний утгыг  $R_0, G_0, B_0$  гэе.

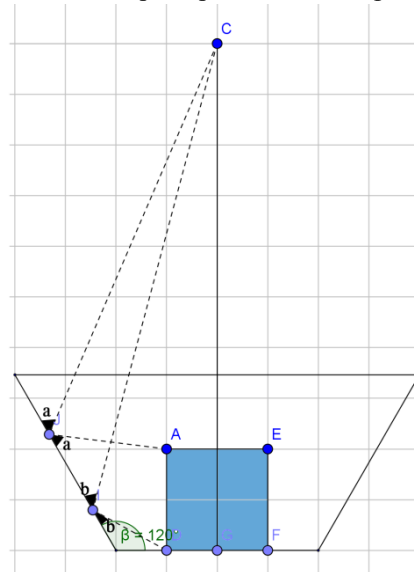
$$objTop = \{(x, y) | (x, y) \in imgTop, R(x, y) > R_0, G(x, y) > G_0, B(x, y) > B_0\}$$

байх  $objTop$  гэсэн зургийг ялган авахад объектын оройг ялган авч чадна.

**A. 3 хэмжээст объектыг байгуулах**

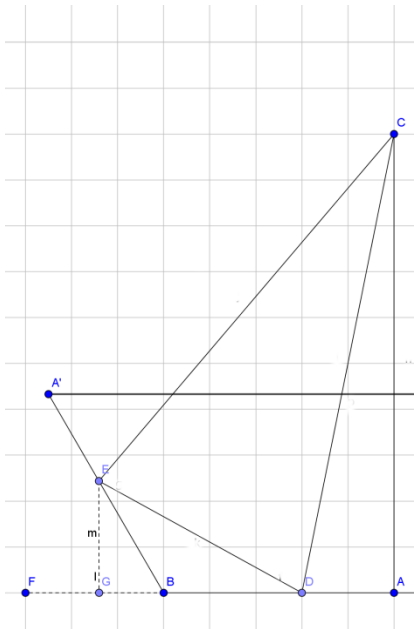
Энэ хэсэгт объектын гадаргуу дээрх цэг камер руу ирэхдээ ямар байдаар ойж ирж байгааг судлан түүний урвуу үйлдлийг хийснээр тухайн цэгийн анхны байрлалыг олсон. Объектын гадаргуу дээрх цэг камерт хүрэх замыг Зураг 7-д тасархай зураасаар харуулсан байна.

Энд C цэгийг камер байрласан цэг гэж үзсэн.



Зураг 7. Объектын гадаргын цэгийн камерт очсон зам

Объект дээрх цэг толинд ойхдоо тольныхоо хувьд ижил өнцөг үүсгэж ойх ба толь нь суурьтай  $60^\circ$  өнцөг үүсгэнэ гэдгийг тооцвол дараах тооцоо гарна (Зураг 8).



Зураг 8. Объектын гадаргын цэгийн камерын зурган дээр буусан проекц

Дээрх зурганд  $A$  нь конусын төв цэг,  $B$  нь  $A$ -аас конус толь хүртэлх конусын суурьтай параллел татсан шулууны тольтой огтлолцох цэг,  $C$  нь камерын байршлын цэг,  $D$  нь объектын гадаргын цэг,  $E$  нь  $D$  цэгийн камерт очихдоо толинд ойх цэг,  $G$  нь  $E$  цэгийн  $AB$  шулуун дээр буулгасан проекц ( $D$  цэг камерын цурган дээр  $AD$  шулуун дээрх  $G$  цэгийн байрлалтай ижил байдлаар байрлана). Иймд  $AD$ -ээс хэрхэн  $AG$ -г гарган авах аргыг олбол цаашлаад объект дээрх цэгийг хэрхэн зураг руу хөрвүүлснийг мэдэх ба урвуу хувиргалтыг нь хийхэд л зурганаас хэрхэн объект руу нь буулгах аргыг олно гэсэн үг. Хялбарчлах үүднээс  $AC=a, AD=b, DB=c$  гээд  $AE=e$  олбол

$$x = \frac{\cos\left(\frac{\pi}{6}\right) * a - \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) * b}{2 * c * \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) + \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) * a + \cos\left(\frac{\pi}{6}\right) * b}$$

$$e = b + c + \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) * (c * \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) * x - c * \cos\left(\frac{\pi}{3}\right))$$

$$a = \frac{n * (2c * \sin\left(\frac{2\pi}{3}\right) + b * \cos\left(\frac{\pi}{6}\right)) + bc * \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) * \sin\left(\frac{\pi}{6}\right)}{c * \sin\left(\frac{\pi}{3}\right) * \sin\left(\frac{\pi}{6}\right) - n * \sin\left(\frac{\pi}{6}\right)}$$

болно.

Зураг 8-аас харвал  $b$  нь зурган дээрх тойргийн  $(x_0, y_0)$  төвөөс объектын гадаргуу хүртэлх зай,  $c=r-b$  буюу жижиг тойргийн радиусаас  $b$ -г хассантай тэнцэх бол  $e$  нь  $(x_0, y_0)$  цэгээс өгөгдсөн цэг хүртэлх зай байна. Эндээс зургийн пиксель бүрээс  $(x_0, y_0)$  хүртэл хэрчим татаж

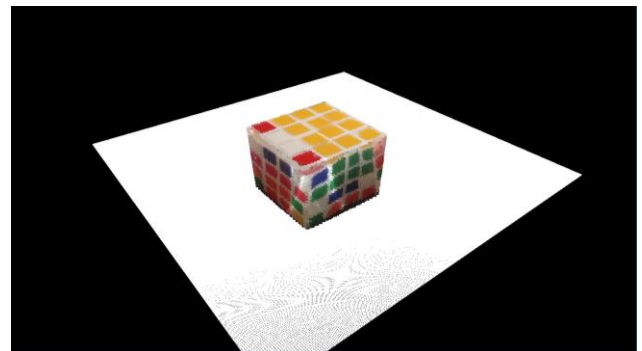
түүн дээр өмнө хийсэн үйлдлүүдийг хийснээр объектыг байгуулж чадна.

### V. ҮР ДҮН

Дээрх судалгааны ажлыг гүйцэтгэн дараах үр дүнгүүдийг гаргасан. Эхний ажлын үр дүнг үзэхийн тулд VR төхөөрөмж шаардагдана. Харин сүүлийн ажлаас объект файл үүснэ.



Зураг 9. 2 хавтгай толь ашиглан гаргаж авсан 3 хэмжээст зураг



Зураг 10. Конус толь ашиглан гаргаж авсан 3 хэмжээст загвар

### ДҮГНЭЛТ

Сүүлийн жилүүдэд виртуал орчныг бий болгох, хөгжүүлэх алхмууд ихээр хийгдэж, түүнд зориулагдсан төхөөрөмжүүд ихээр үйлдвэрлэгдэж байгаа тул объектын 3 хэмжээст загварыг хурдан хугацаанд байгуулах хэрэгцээ шаардлага тулгараад байна. Үүнийг шийдэх энгийн хялбар аргыг энэ ажилдаа багтаасан. Энэ аргыг цаашид хөгжүүлэхийн тулд цилиндр бус биетийн загварыг хэрхэн виртуал орчинд үүсгэх талаар судлах шаардлагатай байна. Мөн виртуал 3 хэмжээст камерыг үүсгэхэд анхаарах зүйл олон байна.

### НОМ ЗҮЙ

- [1] Sujit Khuthirummal, Shree K. Nayar “Multiview Radial Catadioptric Imaging for Scene Capture”
- [2] [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com) – Wikipedia – The Free Encyclopedia
- [3] Muhammad Mobeen Movania “OpenGL Development Cookbook” – Packt Inc,
- [4] [www.opengl.org](http://www.opengl.org) – OpenGL Graphic Library Documentation
- [5] [docs.opencv.org](http://docs.opencv.org) - OpenCV Library Documentation