VIRTUAL VA TO‘LDIRILGAN VOQELIK TIZIMLARIDA GEOMETRIK MODELLASHTIRISH, KOMPYUTER GRAFIKASI, AUDIO VA VIDEOTEXNOLOGIYALARNING UYG‘UNLASHUVI

Orifjonova Moxidilxon Aqiljon qizi
Farg'ona davlat texnika unversiteti
Telekommunikatsiya muxandisligi kafedrasi assisenti
Tel;+998908353969
e-mail;mokhidil.orifjonova@mail.ru

Annotatsiya. Maqolada virtual va to‘ldirilgan voqelik tizimlarida muxandislik geometriyasi, kompyuter grafikasi hamda audio va video texnologiyalarning o‘zaro uyg‘unlashuvi ko‘rib chiqiladi. Fazoviy sahnani yaratish bosqichlari (fotogrammetriya, kameralar kalibrovkasi, 3D rekonstruksiya), real vaqt renderlash talablari, fazoviy audio va video oqimlarni uzatish masalalari tahlil qilinadi. Tizim kechikishi, sinxronlash va hisoblash resurslari kabi texnik cheklovlar hamda ularni kamaytirish yo‘llari yoritiladi. Maqola natijalari raqamli egizaklar, masofaviy ta'lim va sanoat trenajyorlarini loyihalashda foydalanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: virtual voqelik, to‘ldirilgan voqelik, 3D rekonstruksiya, fotogrammetriya, real vaqt renderlash, fazoviy audio, kechikish, raqamli egizak.

Kirish

Virtual voqelik (VR) foydalanuvchini kompyuter yaratgan uch o‘lchamli muhitga to‘liq joylashtiradi, to‘ldirilgan voqelik (AR) esa real dunyo tasviriga raqamli obyektlarni qo‘shadi. Ikkala texnologiya ham bir vaqtning o‘zida bir necha ilmiy-texnik sohaga tayanadi: fazoviy shakllarni tavsiflash uchun geometriya, tasvirni hosil qilish uchun kompyuter grafikasi, tovush muhitini yaratish uchun audio texnologiyalar va tashqi dunyo yoki masofadagi sahnani uzatish uchun video texnologiyalar [1, 2].

VR va AR tizimlarining o‘ziga xos tomoni shundaki, ularda barcha tarkibiy qismlar real vaqtda va foydalanuvchi harakatiga bog‘liq ravishda ishlaydi. Oddiy kinofilmda tasvir va tovush oldindan tayyorlanadi, virtual muhitda esa har bir kadr va har bir tovush bosh holatiga qarab yangidan hisoblanadi. Maqolada ushbu uyg‘unlashuvning texnik asoslari, muammolari va amaliy qo‘llanilishi tahlil qilinadi.

Odatdagi VR tizimi uch guruh qurilmadan iborat: kuzatish qurilmalari (bosh va qo‘l holatini o‘lchovchi inersial sensorlar, kameralar), hisoblash qurilmasi va namoyish qurilmalari (stereoskopik displey, naushnik). Dasturiy jihatdan esa tizim sensorlardan ma'lumot oladi, sahna holatini yangilaydi, tasvir va tovushni hosil qiladi va ularni foydalanuvchiga uzatadi. Bu sikl sekundiga o‘nlab, ko‘pincha yuzlab marta takrorlanadi.

To‘ldirilgan voqelik tizimlarida qo‘shimcha murakkablik paydo bo‘ladi: virtual obyekt real muhitga aniq "yopishib" turishi uchun kamera holati real dunyo koordinatalarida uzluksiz aniqlanishi, ya'ni registratsiya masalasi hal etilishi kerak. Registratsiya xatosi obyektning "suzib yurishi" sifatida seziladi va foydalanuvchida noqulaylik tug‘diradi. Shu sababli AR tizimlarida kameraning geometrik modeli va uni kuzatish usullari markaziy o‘rin tutadi.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

Virtual muhit uchun 3D kontent ikki yo‘l bilan olinadi: qo‘lda modellashtirish yoki real obyektlarni raqamlashtirish. Birinchi yo‘l CAD va 3D dasturlarida poligonal to‘rlar yoki NURBS sirtlari bilan ishlashga asoslanadi. Ikkinchi yo‘l – fotogrammetriya va lazerli skanerlash – mavjud obyektning (bino, mashina, yodgorlik) raqamli nusxasini beradi. Fotogrammetriyada bir obyekt turli joylardan olingan ko‘plab fotosuratlar bo‘yicha qayta tiklanadi [5].

Bunday rekonstruksiya ko‘p ko‘rinishli geometriya nazariyasiga tayanadi. Kamera teshikli kamera (pinhole) modeli bilan tavsiflanadi: uning ichki parametrlari (fokus masofasi, tasvir markazi, linza buzilishi) kalibrovka orqali aniqlanadi, tashqi parametrlari esa kameraning fazodagi joylashuvi va yo‘nalishini bildiradi. Ikki tasvirda mos nuqtalar topilsa, epipolyar geometriya yordamida ularning fazodagi holati triangulyatsiya qilinadi [4]. Ketma-ket tasvirlardan kamera holatlarini va siyrak nuqtalar bulutini birgalikda tiklovchi “harakatdan tuzilma” (structure-from-motion) usuli bu jarayonni avtomatlashtiradi, uning keyingi bosqichida esa zich nuqtalar bulutlari va sirt to‘rlari quriladi [5, 6].

Olingan geometrik model odatda ortiqcha murakkab bo‘ladi: millionlab uchburchaklar real vaqt tizimlari uchun og‘irlik qiladi. Shu sababli to‘rni soddalashtirish (decimation), turli aniqlik darajalarini (LOD) yaratish va teksturalarni optimallashtirish talab etiladi. Muhandislik geometriyasi nuqtai nazaridan bu – shaklni imkon qadar saqlab, uni ifodalash uchun kerak bo‘lgan ma’lumot hajmini kamaytirish masalasidir. So‘nggi yillarda NeRF va 3D Gauss splatting usullari sahnani fotosuratlardan to‘g‘ridan-to‘g‘ri tasvirlash imkonini berib, ayrim hollarda poligonal to‘rni oraliq bosqich sifatida talab qilmaydi.

VR tizimlarida tasvir har bir ko‘z uchun alohida hosil qilinadi, chunki chuqurlik tasavvuri ikki ko‘z o‘rtasidagi perspektiv farqiga (binokulyar disparitet) asoslanadi. Bu hisoblash yukini taxminan ikki baravar oshiradi. Bundan tashqari, displey yuqori kadr chastotasini (odatda 72–120 Hz) va yuqori ruxsatni talab qiladi, linzalar keltirib chiqaradigan buzilishlar esa tasvirni oldindan teskari buzish bilan tuzatiladi.

Hisoblash yukini kamaytirish uchun bir necha usul qo‘llanadi. Ko‘rish hajmidan tashqaridagi obyektlar kesib tashlanadi, uzoqdagi obyektlar soddalashtirilgan modellar bilan tasvirlanadi, ko‘z tikilayotgan nuqta atrofida yuqori, chekkada esa past sifat beriladigan fovealli renderlash ishlatiladi. Yoritish uchun oldindan hisoblangan yoritilganlik xaritalari, real vaqt rejimida esa soddalashtirilgan fizikaga asoslangan modellar hamda apparat tezlatilgan nur kuzatish qo‘llanadi [7]. O‘yin dvigatellari bu jarayonlarning ko‘pini yagona arxitekturaga birlashtirib, muhandisga tayyor vositalarni taqdim etadi.

Virtual muhitda to‘liq “borliq tuyg‘usi” (presence) faqat tasvir bilan emas, tovush bilan ham ta’minlanadi. Tovush manbasi foydalanuvchi atrofida to‘g‘ri joylashgan bo‘lishi, bosh burilganda esa uning yo‘nalishi mos ravishda o‘zgarishi kerak. Naushnikda bu binaural renderlash orqali amalga oshiriladi: manba signali tinglovchi bosh va quloq shaklini hisobga oluvchi HRTF filtrlari bilan qayta ishlanadi, natijada chap va o‘ng quloqqa vaqt va intensivlik jihatidan farq qiluvchi signallar yetkaziladi.

Tovushning muhitga ta’siri ham modellashtiriladi: xona o‘lchamlari, devor materiallari va to‘siqlar aks-sado va reverberatsiyani belgilaydi. Bu hisob geometrik akustika usullari bilan, ya’ni tovush nurlarining sahna geometriyasi bilan kesishuvi orqali bajariladi – grafikadagi nur kuzatishga o‘xshash masala. Shuning uchun bitta 3D sahna geometriyasi ham tasvir, ham tovush hisobi uchun ishlatilishi mumkin, bu esa ma’lumotlarni takroran tayyorlash zaruratini kamaytiradi. Audio oqimlarni uzatishda esa psixoakustik siqish usullari qo‘llanib, trafik hajmi qisqartiriladi [11].

VR/AR tizimlarida video bir necha vazifani bajaradi. AR qurilmalarida kamera tasviri real muhitni ko‘rsatadi va kuzatuv algoritmlariga ma’lumot beradi. 360° video foydalanuvchiga yozib olingan

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.

muhitni har tomonga burilib ko‘rish imkonini beradi. Masofaviy hamkorlik ilovalarida esa video oqimlar foydalanuvchilar o‘rtasida real vaqtda almashiladi.

360° video juda katta hajmli: u sferik sirtni tekis kadrga akslantirish (masalan, ekvirektangulyar proyeksiya) orqali kodlanadi, shu sababli qutblar yaqinida ortiqcha piksellar paydo bo‘ladi. Siqish uchun HEVC kabi zamonaviy kodeklar qo‘llanadi, tarmoqni tejash uchun esa faqat foydalanuvchi qarayotgan qismi yuqori sifatda uzatilishi mumkin. Bu yerda ham geometrik tushuncha asosiy: sfera va tekislik o‘rtasidagi akslantirish kartografik proyeksiyalar nazariyasiga yaqin masalalar tug‘diradi.

Tasvir, tovush va sensor ma’lumotlari yagona vaqt o‘qiga bog‘lanishi lozim. Tovush va tasvir orasidagi nomuvofiqlik, ayniqsa nutq paytida, tez seziladi, shu bois barcha oqimlar vaqt belgilari bilan sinxronlanadi. Resurslar jihatidan esa mobil va avtonom qurilmalarda quvvat va issiqlik chegaralari mavjud, shuning uchun murakkab hisob-kitoblar bulutga yoki yaqin joylashgan serverga topshirilishi mumkin. Bu holda tarmoq kechikishi yangi cheklov sifatida paydo bo‘ladi va video kodlash tezligi hamda sifatining muvozanatini talab qiladi.

Sanoatda raqamli egizak konsepsiyasi – real obyekt yoki jarayonning uning ma’lumotlari bilan yangilanib turuvchi virtual nusxasi – VR/AR texnologiyalari bilan birgalikda qo‘llanmoqda. Muhandis uskunaning 3D modelini ko‘rib, uning holatini kuzatishi, montaj yoki ta’mirlash bosqichlarini virtual o‘rganishi mumkin [13]. Me’morchilik va qurilishda loyiha modellari buyurtmachi bilan birga “ichkaridan” ko‘rib chiqiladi, bu qarorlarni tezlashtirib, xatolarni qurilishdan oldin aniqlashga yordam beradi.

Xulosa

Tahlil shuni ko‘rsatdiki, virtual va to‘ldirilgan voqelik tizimlari muxandislik geometriyasi, kompyuter grafikasi va audio-video texnologiyalarning yagona texnik majmuasidir. Geometriya sahnani aniq tasvirlash va kamera hamda tovush manbalarining fazoviy munosabatlarini hisoblash uchun asos bo‘ladi, grafika va audio sezgi organlariga yetkaziladigan tasvir va tovushni hosil qiladi, video texnologiyalar esa oqim shaklidagi ma’lumotni samarali uzatadi. Tizimning sifati ayniqsa kechikish, sinxronlash va hisoblash resurslariga bog‘liq. Keyingi tadqiqotlarda sahnani neyron usullar bilan tasvirlash, fovealli renderlash va tarmoq asosidagi hisoblash yo‘nalishlari istiqbolli hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar ro‘yxati

1. Burdea G.C., Coiffet P. Virtual Reality Technology. 2nd ed. – Hoboken: John Wiley & Sons, 2003. – 444 p.
2. LaValle S.M. Virtual Reality. – Cambridge: Cambridge University Press, 2023. – 600 p.
3. Azuma R.T. A survey of augmented reality // Presence: Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – Vol. 6, No. 4. – P. 355–385.
4. Hartley R., Zisserman A. Multiple View Geometry in Computer Vision. 2nd ed. – Cambridge: Cambridge University Press, 2004. – 655 p.
5. Szeliski R. Computer Vision: Algorithms and Applications. 2nd ed. – Cham: Springer, 2022. – 925 p.
6. Schönberger J.L., Frahm J.-M. Structure-from-motion revisited // Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2016. – P. 4104–4113.
7. Akenine-Möller T., Haines E., Hoffman N. Real-Time Rendering. 4th ed. – Boca Raton: CRC Press, 2018. – 1198 p.

© Ushbu material Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) litsenziyasi asosida tarqatiladi.