

## MOBIL QURILMALARDA ENERGIYA SARFINI KAMAYTIRISH USULLARI

Talaba **Sh.Q.Shukurjonov**  
**L.Dalibekov**

Farg'ona davlat texnika universiteti

E-mail: [shahzodbekshukurjonov2004@gmail.com](mailto:shahzodbekshukurjonov2004@gmail.com)

<https://doi.org/10.5281/zenodo.19726876>

**Annotatsiya:** Ushbu maqola mobil qurilmalarda energiya sarfini kamaytirishning zamonaviy usullariga bag'ishlangan. Unda smartfon va planshetlarda energiya iste'molining asosiy manbalari – protsessor, displey, tarmoq modullari va sensorlar faoliyati tahlil qilinadi. Maqolada apparat darajasida qo'llaniladigan texnologiyalar, jumladan dinamik kuchlanish va chastota sozlash (DVFS), big.LITTLE arxitekturasi, OLED va LTPO displeylar orqali energiya tejamkorlikni oshirish usullari yoritilgan. Shuningdek, dasturiy darajada operatsion tizim optimizatsiyasi, fon jarayonlarini boshqarish va sun'iy intellekt asosidagi energiya boshqaruv mexanizmlarining ahamiyati ko'rib chiqiladi. Tarmoq darajasida esa 5G va LTE texnologiyalarida qo'llaniladigan energiya tejavchi mexanizmlar, xususan DRX rejimi misolida tushuntiriladi. Maqolada ushbu usullarning samaradorligi tahlil qilinib, mobil qurilmalarning batareya ishlash muddatini uzaytirish va umumiy energiya samaradorligini oshirish bo'yicha xulosalar berilgan.

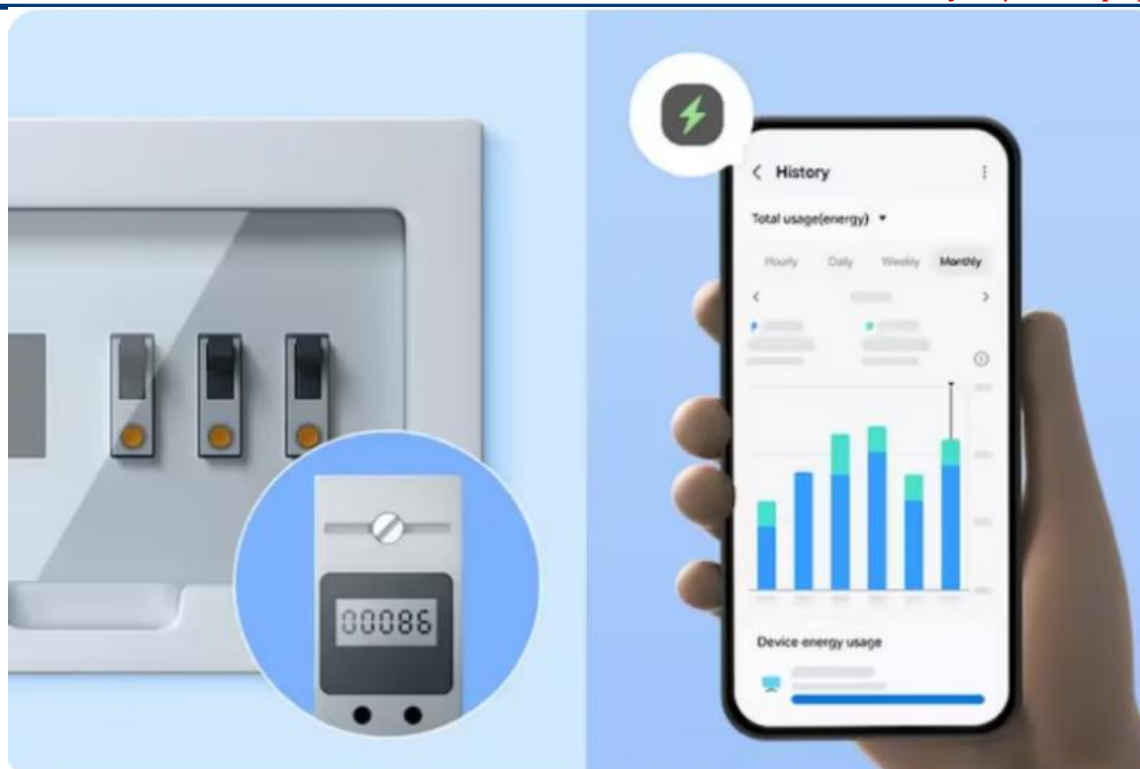
**Kalit so'zlar:** mobil qurilmalar, energiya samaradorligi, DVFS, big.LITTLE, Doze rejimi, OLED, tarmoq modullari, batareya ishlash muddati

### 1. Kirish

Mobil qurilmalar – smartfonlar, planshetlar, xatlanuvchi kompyuterlar – so'nggi o'n yillikda inson faoliyatining ajralmas qismiga aylandi. Biroq ularning hisoblash quvvati, displey o'lchamlari va sensorlar to'plami oshgani sayin energiya iste'moli ham keskin o'sdi. Masalan, 2024-yilda chiqarilgan flagman smartfonlarning protsessorlari 5–10 Vt gacha quvvat sarflashi mumkin, bu esa 4000–5000 mA-soat sig'imdagi batareyani bir necha soat ichida zaryadsizlantirishga qodir.

Muammo shundaki, litiy-ion batareyalarning energiya zichligi (Wh/kg) yiliga atigi 5–8% ga oshadi, CMOS tranzistorlari esa har ikki yilda zichlikni ikki baravar oshirishga (Moore qonuni) qaramasdan, quvvat sarfini kamaytirishda fizik chegaralarga duch kelmoqda. Shu sababli, energiya samaradorligini oshirishning kompleks yechimlari zarur – bu yechimlar apparat, tizim dasturi va ilovalar darajasida bir vaqtning o'zida ishlab chiqilishi lozim. Apparat darajasidagi optimizatsiya

Mobil qurilma umumiy energiyasining 35–45% gacha displeyga to'g'ri keladi. OLED (Organic Light Emitting Diode) texnologiyasida har bir piksel mustaqil yoritilgani uchun qora rang – bu pikselning to'liq o'chirilgan holati. Agar foydalanuvchi interfeysi qorong'u rejimda (dark mode) ishlatilsa, oq fonda ishlatilganga nisbatan displey energiya sarfi 60% gacha kamayishi mumkin (Google'ning 2022 yilgi hisobotiga ko'ra).LTPO (Low-Temperature Polycrystalline Oxide) texnologiyasi esa kadr chastotasini dinamik sozlash imkonini beradi: statik sahifalarda 1 Hz, video ko'rishda 60 Hz, o'yinlarda 120 Hz. Bu mexanizm displey kontrollerining quvvat sarfini o'rtacha 15–20% ga tushiradi. Dinamik kuchlanish va chastota sozlash (DVFS)



1.1-rasm elektr energiya sarfini kamaytirish.

DVFS – protsessor yadrolarining ish kuchlanishi (V) va chastotasini (f) real vaqt rejimida o‘zgartirish mexanizmi. Quvvat sarfi  $P \propto C \cdot V^2 \cdot f$  formulasi bilan ifodalanadi. Kuchlanishni 20% ga pasaytirish (masalan, 1,2 V dan 0,96 V ga) energiya sarfini deyarli 36% ga kamaytiradi, biroq bu faqat protsessor past yuklamada ishlaganda mumkin. Zamonaviy Linux yadrosidagi cpufreq moduli (governorlar: schedutil, conservative, ondemand) yadrolarning chastotasini millisekundlar oralig‘ida o‘zgartiradi. So‘nggi tadqiqotlarga ko‘ra, noto‘g‘ri sozlangan DVFS energiya sarfini 25% gacha oshirishi mumkin, shuning uchun sun‘iy intellekt asosidagi bashoratli DVFS (predictive DVFS) tobora ommalashmoqda.

**Tarmoq va sensorlar energiyasi, Mobil aloqa modullari** – ayniqsa 5G NR – qisqa vaqt ichida yuqori quvvat sarfiga ega. Ma‘lumot uzatish vaqtida LTE moduli 1–2 Vt, 5G mmWave esa 3–4 Vt gacha quvvat iste‘mol qilishi mumkin. DRX (Discontinuous Reception) mexanizmi bu muammoni yumshatadi: qurilma tarmoqdan paketlarni faqat ma‘lum vaqt oralig‘ida (masalan, har 320 ms) kutadi, qolgan vaqtda uxlaydi. 5G‘da “connected mode DRX” va “RRC inactive” holatlari LTE‘ga nisbatan 40% kamroq energiya sarflaydi (3GPP TR 38.913 hisobotiga ko‘ra). Akselerometr, giroskop, magnitometr va GPS doimiy faol bo‘lganda batareyani tez zaryadsizlantiradi. Masalan, GPS uzluksiz ishlaganda 100–150 mA tok sarflaydi. “Sensing as a service” va “event-driven sensing” paradigmalarida sensorlar faqat o‘zgarish (harakat, burilish) aniqlanganda uyg‘otiladi. Qualcomm‘ning Snapdragon Sensor Core kabi alohida past quvvatli sensor protsessori (always-on coprocessor) akselerometr ma‘lumotlarini 1–5 mVt quvvat bilan qayta ishlaydi, shu bilan asosiy protsessorni uyqu holatida saqlaydi.



2.1-rasm elektr energiya sarfini kamaytirish uchun quyosh panelida foydalanish.

### **Xulosa**

Mobil qurilmalarda energiya samaradorligini oshirish bugungi kunda nafaqat texnik zaruriyat, balki ekologik va iqtisodiy ahamiyatga ega bo'lgan dolzarb masaladir. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, akkumulyator sig'imini cheksiz oshirish imkonsiz bo'lgan sharoitda, asosiy e'tiborni energiya sarfini intellektual boshqarishga qaratish eng samarali yo'ldir.

1. Apparat darajasida: Nanotexnologik chiplar va kam quvvat iste'mol qiluvchi (LTPO/OLED) displeylarni joriy etish.
2. Dasturiy darajada: Sun'iy intellekt yordamida fondagi jarayonlarni optimallashtirish va operatsion tizimning resurslarni adolatli taqsimlashi.
3. Tarmoq darajasida: 5G va Wi-Fi kabi simsiz aloqa protokollarida ma'lumot uzatishning energiya tejankor algoritmlarini (masalan, DRX) qo'llash.
4. Kelajakda ushbu sohadagi yutuqlar qurilmalarning avtonom ishlash vaqtini bir necha barobarga oshirish bilan birga, batareyalarning xizmat muddatini uzaytirishga va atrof-muhitga bo'ladigan salbiy ta'sirni kamaytirishga xizmat qiladi.

### **Adabiyotlar, References, Литературы:**

1. K. Laker. (2020). *Low-Power Design Methodologies*. Springer Science & Business Media.
2. Vallina-Rodriguez, N., & Crowcroft, J. (2013). *Energy Management Techniques in Modern Mobile Handsets*. IEEE Communications Surveys & Tutorials.
3. O'zbekiston Respublikasi Axborot texnologiyalari va kommunikatsiyalarini rivojlantirish vazirligi portali ma'lumotlari ([ict.gov.uz](http://ict.gov.uz)).
4. Tanenbaum, A. S., & Wetherall, D. J. (2011). *Computer Networks*. (Simsiz tarmoqlar va energiya sarfi bo'yicha bo'limlar).