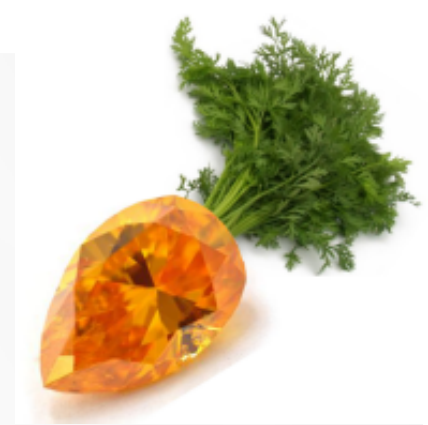




Carat-projekti: Tutkimuspohjaista tietoa mobiilikäytöstä

Eemil Lagerspetz, Ella Peltonen, Jonatan Hamberg, Petteri Nurmi,
prof. Sasu Tarkoma

NODES-ryhmä, Tietojenkäsittelytieteen laitos



Esityksen rakenne

- Osa I
 - Mitä on Carat?
 - Sovellus käyttäjän silmin ja tutkimusprojektissa
 - Kerätty data
 - Tutkimuskysymyksiä
- Osa II: Tutkimustuloksia
 - Sovellusten akunkesto
 - Ulkopuolisten tekijöiden vaikutus
 - Käyttäjäkokemuksia



Mitä on Carat?

- Sovellus, ladattavissa Androidille ja iOS: lle
 - Löytyy hakusanalla Carat, tekijä "Carat Team"
- Auttaa käyttäjää, kerää dataa
- Dataa käytetään tutkimuksen tekemiseen
- Monia eri osa-alueita
 - Sovellusten energiankulutus
 - Puhelinten asetusten vaikutus akunkesto
 - Akunkeston ja käyttäjäkokemuksen yhteys
 - Akun kunto





Infrastrukturi

Carat-projektiin kuuluu monta liikkuvaa osaa.

- Puhelimet
- Palvelimet
- Datan tallennus
- Datan analyysi ja raporttien tuottaminen puhelimille

Carat-sovellukset
puhelimilla



Kuorman-
tasaaja



Carat-
palvelimet



Massadatan
tallennus-
järjestelmä



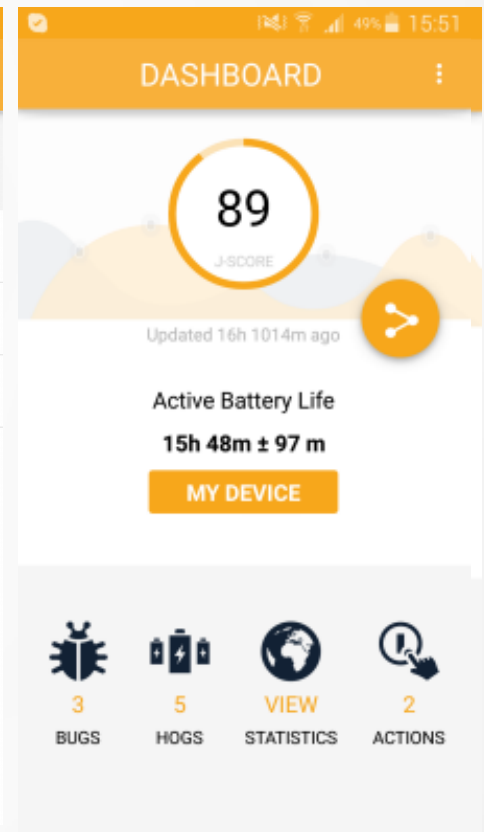
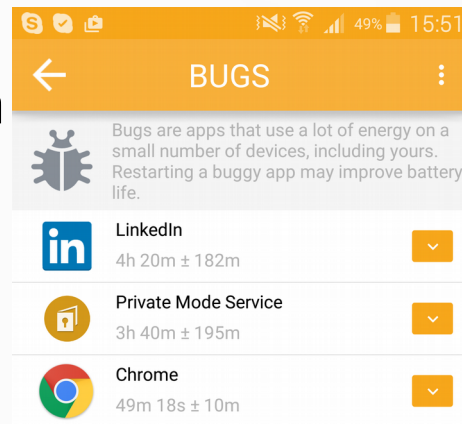
Carat datan analyysiohjelma
Spark-laskentaklusteri

← Reaaliaikainen
← Eräajo



Sovellus käyttäjän silmin

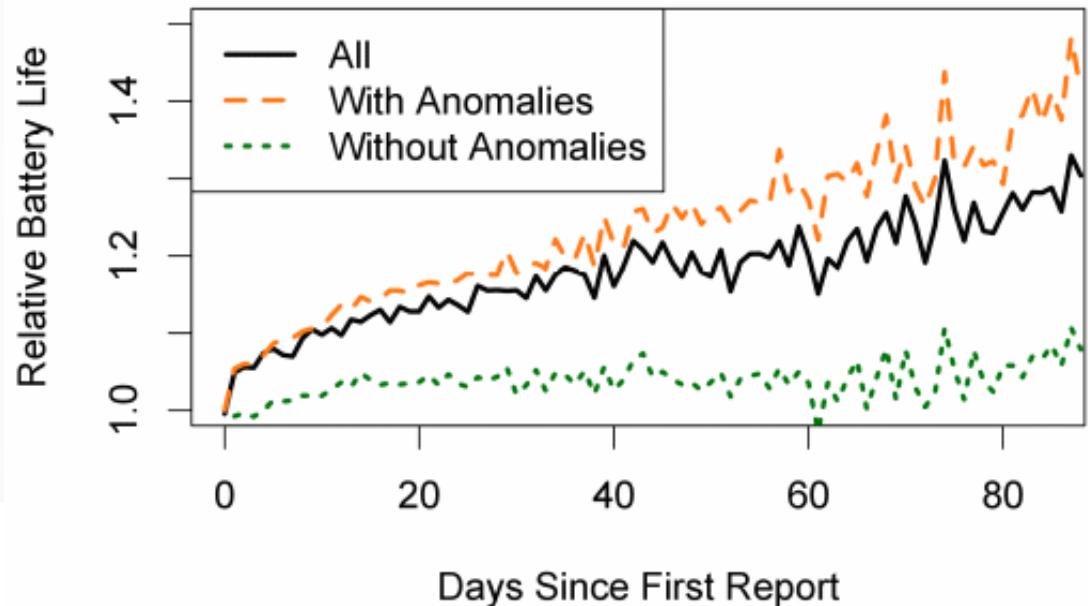
- Carat näyttää, mitkä sovellukset syövät enemmän akkua kuin muilla käyttäjillä
 - Kaikki saman sovelluksen käyttäjät vertailussa mukana
- Käyttäjä voi sulkea sovelluksen Caratin kautta ja säästää akkua
- Carat kertoo myös J-Scoren, joka mittaa akunkestoa verrattuna muihin





Sovellus käyttäjän silmin

- Caratin käyttäjät saavat keskimäärin 20% lisää irti akusta 3kk käytön jälkeen
- Ne joilla on ongelmallisia sovelluksia saavat jopa 41% lisää akunkestoa





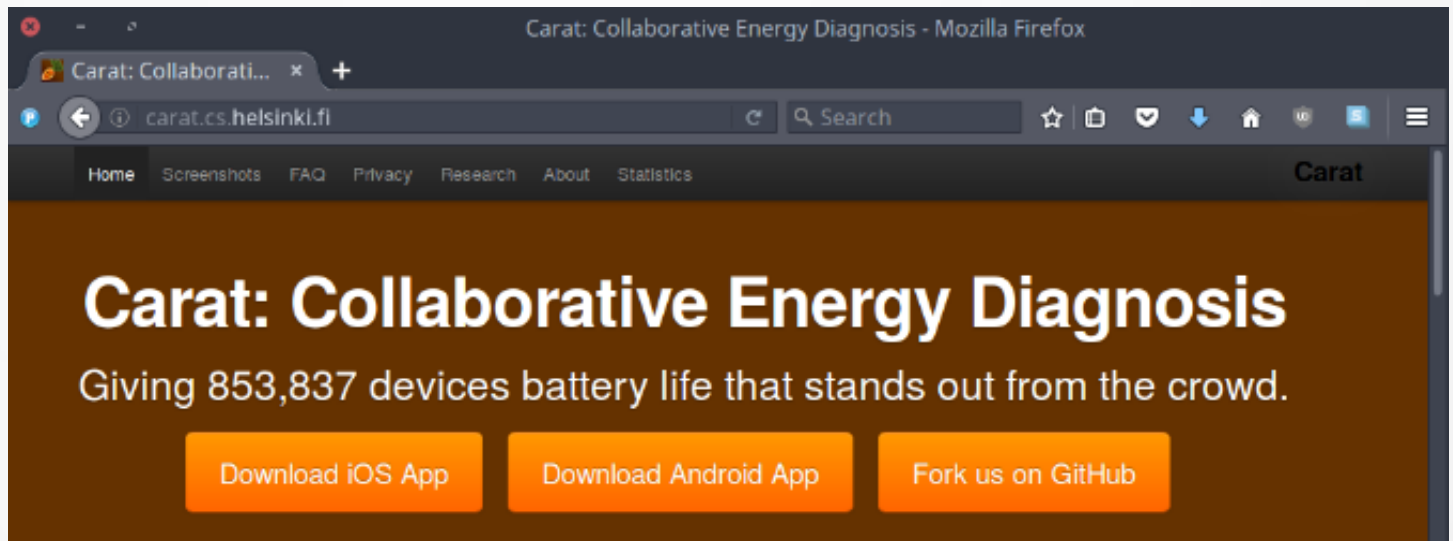
Sovellus tutkimusprojektissa

- Datankeruutyökalu
- Tarkistaa käynnissä olevat sovellukset kun akun varaustaso muuttuu 1%
- Kerää myös käytetyt asetukset ja mm. akun lämpötilan
- Carat ei lähetä dataa taustalla (parempi akunkesto)
 - On tärkeää, että käyttäjä joskus avaa Caratin ja lähettää kertyneen datan
- Mitä enemmän ja mitä monipuolisempaa dataa kerätään, sitä parempia tutkimustuloksia saadaan



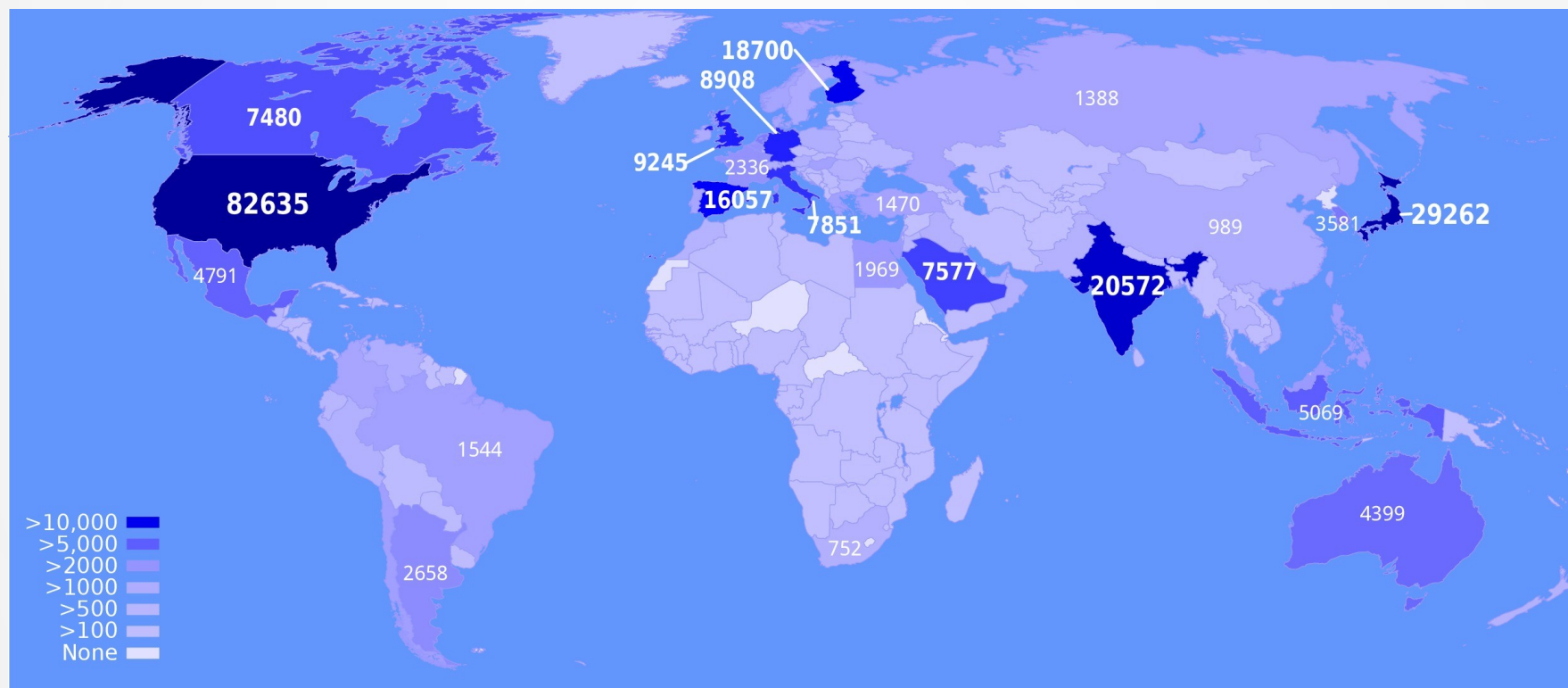
Kerätty data, kokonaisuus

- Yli 850 000 käyttäjää
- Android ja iOS laitteita
- Yli 4 vuotta dataa, 1,5 teratavua, 250 miljoonaa mittausta





Carat-käyttäjät maailman eri maissa





Kerätty data, lyhyesti

- Aikaleima, akun lämpötila ja varaustaso, laturi kiinni / ei ja laturin tyyppi
- Käynnissä olevat sovellukset ja versiot, käytetty muisti
- Verkon tila ja tyyppi (WiFi / 4G), roaming on/off, verkon jako on/off
- Sovellusten lähde (Play-kauppa, itseasennettu?)
- Sovellusten oikeudet ja tekijän identiteetti
- Näyttö pois/päältä ja kirkkaus, prosessorin tila, aikavyöhyke
- Laitteen mallin nimi, KJ-versio ja maakoodi (FI / US jne)
- Verkon ja liittymän operaattorin nimi, laitteen levytila ja käytetty osuus
- Bluetooth-, verkko-, ja virransäästötilat on/off



Tutkimuskysymyksiä

- Käyttävätkö jotkin sovellukset enemmän energiaa kuin toiset?
 - Kyllä, akunkesto voi vaihdella parista tunnista kymmeniin tunteihin
- Käyttäytyvätkö sovellukset samalla tavalla kaikilla laitteilla?
 - Eivät, sovelluskäyttö vaihtelee paljon henkilöstä toiseen
- Mistä tietää onko sovelluksen energiankäyttö normaalia?
 - Seuraamalla samaa sovellusta usean käyttäjän käytössä
 - Carat-sovellus on tätä varten
- Entä asetusten vaikutus energiankulutukseen?
- Auttaako Carat oikeasti ihmisiä parantamaan akunkestoja?



Sovellusten akunkesto

Carat: Collaborative Energy Diagnosis for Mobile Devices. Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys), Rome, Italy, 2013

- Carat löytää kolmen tyyppisiä sovelluksia:
- Tavallinen energiankulutus
- Korkeampi energiankulutus kaikilla käyttäjillä
 - Sovellus todella vaatii näin paljon energiaa
 - Esim Pokemon GO
- Korkeampi energiankulutus osalla käyttäjistä
 - Sovelluksessa virhetilanne?
 - Sovelluksen asetukset?
 - Puhelimen asetukset?



Ulkopuolisten tekijöiden vaikutus

Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach. In Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom '15



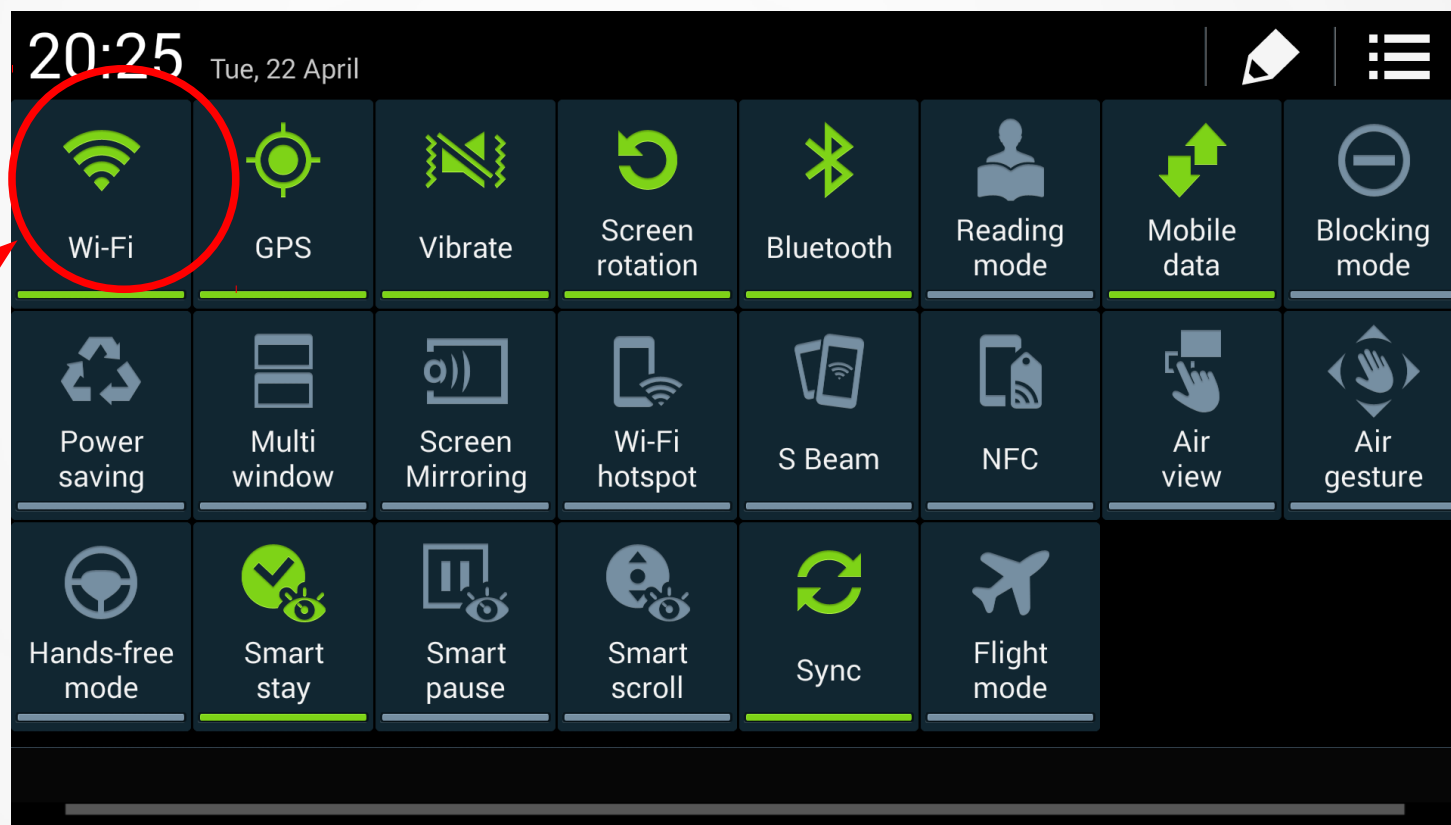
Parhaat asetukset?





Parhaat asetukset?

Verkon
tyyppi

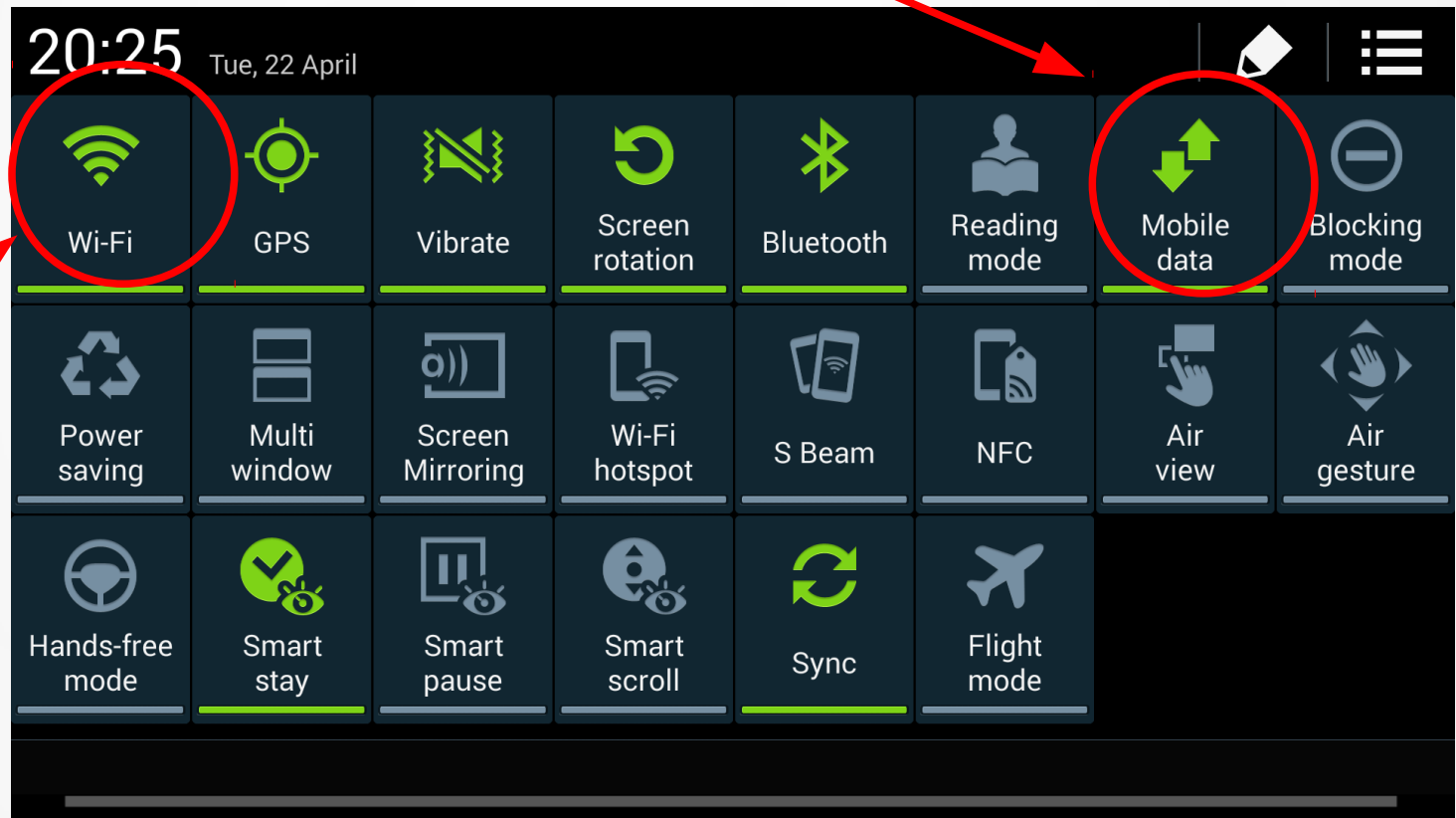




Parhaat asetukset?

Mobiiliverkko

Verkon
tyyppi



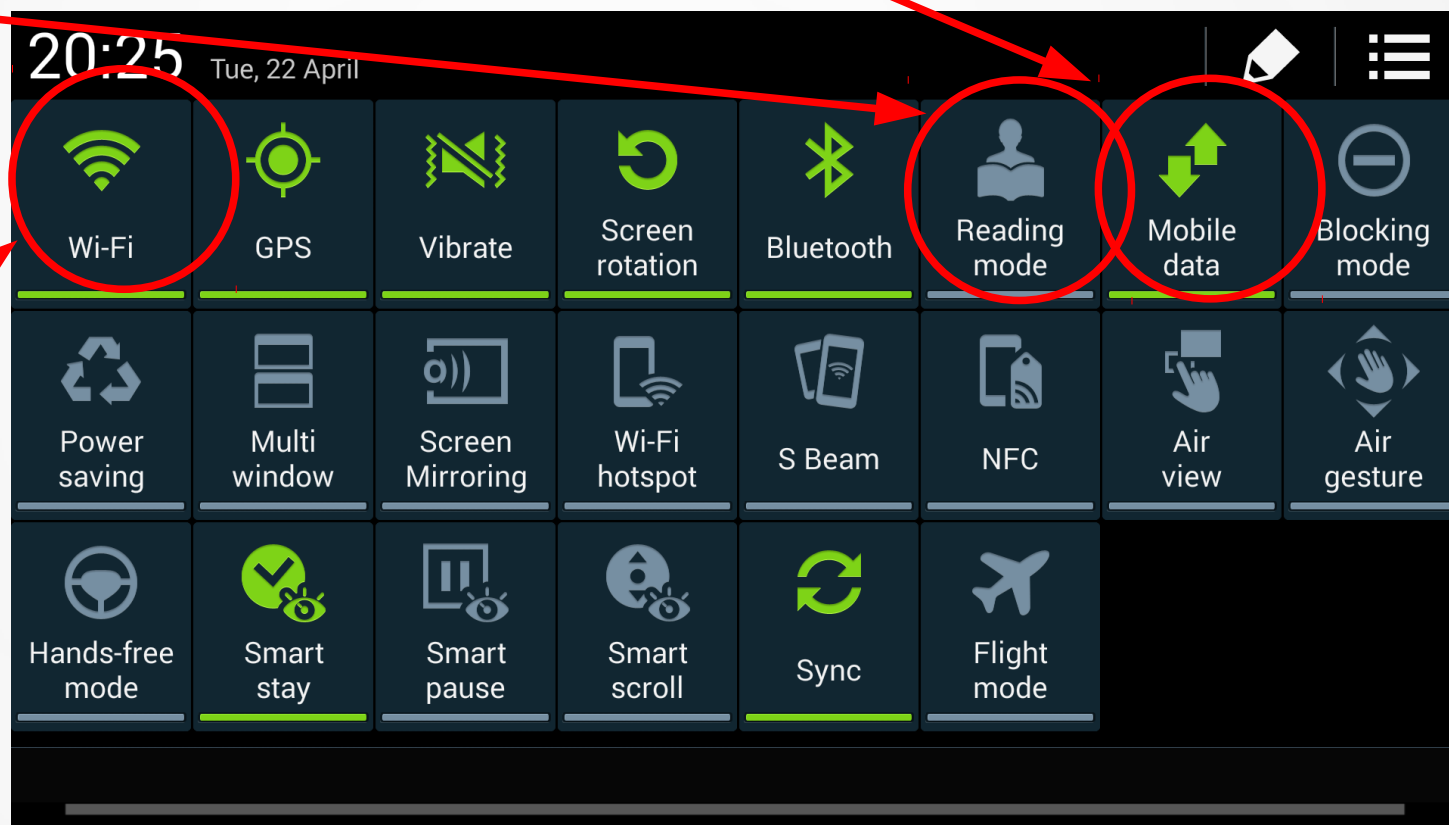


Parhaat asetukset?

Mobiiliverkko

Näytön
Kirkkaus

Verkon
tyyppi





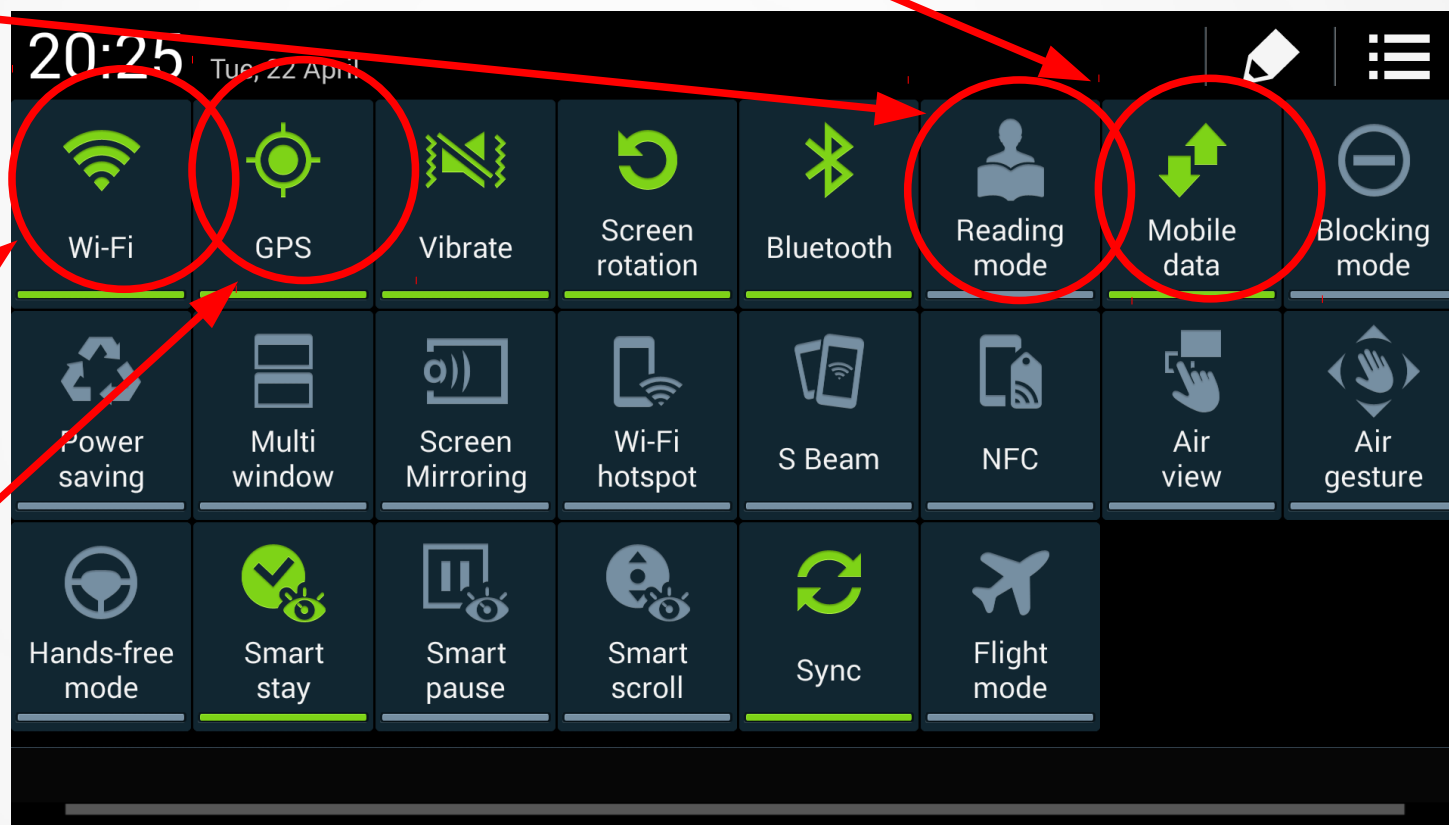
Parhaat asetukset?

Mobiiliverkko

Näytön
Kirkkaus

Verkon
tyyppi

Liikkeessä?





Ulkopuolisten tekijöiden vaikutus

Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach. In Proceedings of the IEEE International Conference on Pervasive Computing and Communications, PerCom '15

- Yhden palkin huonompi Wi-Fi-signaali voi vähentää akunkestoa yli 13%
- Akun lämpeneminen voi johtaa 50% huonompaan akunkestoon
 - Ei aina johdu prosessorin käytöstä
- Automaattinen näytön kirkkaus on yleensä parempi kuin käsin valittu
- Prosessorin käyttö, akun lämpö, ja liikkuminen auttavat ennustamaan akunkestoa



Akunkeston parantaminen

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

**Just want to play a game?
High CPU use?**

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

Keep high CPU level constant

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

Try to keep your
phone relatively cold

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14



[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

→ 78% more
expected battery life

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

Switch screen
brightness to
automatic

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

→ 5% more expected battery life

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

Go cooler place AND
switch screen to
automatic

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Akunkeston parantaminen

→ **98% better
expected battery life**

Battery Temperature	Distance Traveled	CPU Use Level	Screen Brightness	Estimated Battery Life (h)
Under 30°C	>0	Low	Automatic	8.83 – 9.12
Under 30°C	>0	Low	Manual	8.49 – 8.82
Under 30°C	>0	High	Automatic	8.09 – 8.24
Under 30°C	>0	Medium	Automatic	7.65 – 7.89
Under 30°C	>0	Medium	Manual	7.34 – 7.60
Under 30°C	>0	High	Manual	7.27 – 7.41
Under 30°C	None	Medium	Automatic	6.57 – 6.64
Under 30°C	None	Low	Automatic	6.28 – 6.35
Under 30°C	None	Medium	Manual	6.13 – 6.20
Under 30°C	None	Low	Manual	5.88 – 5.96
Under 30°C	None	High	Automatic	5.78 – 5.82
Over 30°C	>0	Low	Automatic	5.08 – 5.22
Under 30°C	None	High	Manual	5.00 – 5.04
Over 30°C	>0	Low	Manual	4.73 – 4.88
Over 30°C	>0	High	Automatic	4.62 – 4.69
Over 30°C	>0	Medium	Automatic	4.59 – 4.70
Over 30°C	>0	Medium	Manual	4.28 – 4.39
Over 30°C	None	Medium	Automatic	4.25 – 4.29
Over 30°C	>0	High	Manual	4.08 – 4.14

[2] Ella Peltonen, Eemil Lagerspetz, Petteri Nurmi, and Sasu Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach.



Käyttäjäkokemuksia

How Carat Affects User Behavior: Implications for Mobile Battery Awareness Applications. In Proceedings of (CHI '14)

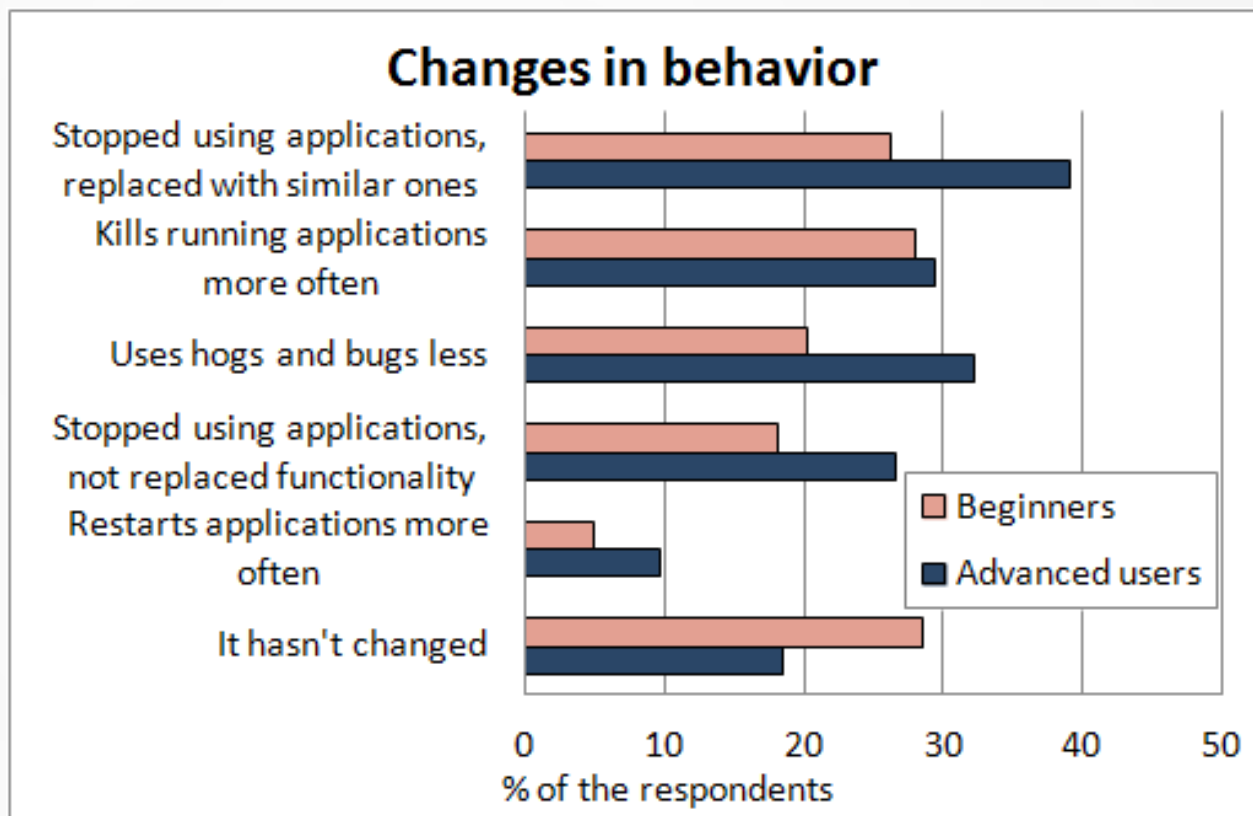
- Teimme kyselytutkimuksen sovelluksessa, yli 1000 vastaajaa
 - Kysyimme miksi avaat sovelluksen, miksi seuraat/et seuraa Caratin neuvoja, ja onko Carat vaikuttanut laitteen käyttötapaan
- Yhdistimme vastaukset Carat datasetin kanssa
 - Keskimääräinen akunkesto, käytetyt sovellukset, löydetty virtaa kuluttavat sovellukset



Käyttäjäkokemuksia

How Carat Affects User Behavior: Implications for Mobile Battery Awareness Applications. In Proceedings of (CHI '14)

- Käyttäjät oppivat itse tekemään akunkestoja parantavia päätöksiä





Käyttäjäkokemuksia

How Carat Affects User Behavior: Implications for Mobile Battery Awareness Applications. In Proceedings of (CHI '14)

- Caratia yli 3kk käyttäneet erosivat selvästi muista
- Merkittävästi parempi akunkesto
- Käyttivät merkittävästi vähemmän energiaa tuhlaavia sovelluksia
- Oppivat itse tekemään akunkestoja parantavia päätöksiä
 - Kokeilivat vähentää myös muiden sovellusten käyttöä



Carat-projektin tutkimusartikkeleita



- E. Lagerspetz. Collaborative Mobile Energy Awareness. PhD thesis. University of Helsinki, 2014.

A. J. Oliner, A. P. Iyer, I. Stoica, E. Lagerspetz, and S. Tarkoma. Carat: Collaborative Energy Diagnosis for Mobile Devices. SenSys '13.

E. Peltonen, E. Lagerspetz, P. Nurmi, and S. Tarkoma. Energy Modeling of System Settings: A Crowdsourced Approach. PerCom '15. Best Paper Award.
- Käyttäjäkokemuksia:
- K. Athukorala, E. Lagerspetz, M. von Kügelgen, A. Jylhä, A. J. Oliner, S. Tarkoma, G. Jacucci. How Carat Affects User Behavior: Implications for Mobile Battery Awareness Applications. CHI '14.

Kiitos



Dr. Eemil Lagerspetz,
eemil.lagerspetz@cs.helsinki.fi

Yhteistyössä Ella Peltonen,
Jonatan Hamberg, Petteri Nurmi,
ja professori Sasu Tarkoma @cs.helsinki.fi

Tutkimus: <http://carat.cs.helsinki.fi>

Carat-sovellus: <http://is.gd/carat112>

Tai App Store ja Google Play