

TERVEYDENHUOLLON XXVI ATK-PÄIVÄT
29. - 30.5.2000
SoTeTiTe

SIESTA-analysaattori V. 0.8
Mikko Koivuluoma, Tampereen teknillinen
korkeakoulu



SIESTA analysaattori versio 0.8

Mikko Koivuluoma

Signaalinkäsittelyn laitos, Tampereen teknillinen korkeakoulu, PL 553, 33101 Tampere

Abstrakti. SIESTA –projektin tarkoituksena on luoda uusi tapa unen luokitukseen. Vuodesta 1968 käytössä ollut Rechtschaffen & Kales unenluokitus menetelmä on säännöiltään hyvin subjektiivinen, jolloinka eri unenluokitusta tekevien henkilöiden luokituksissa saattaa olla huomattaviakin eroja. Lisäksi R & K on suunniteltu nuorille terveille aikuisille, eikä iänmyötä tapahtuvia muutoksia eri signaaleissa ole otettu huomioon. Analysaattorin luomiseksi on erilaisi piirretitä laskettu EEG ja EOG signaaleista. Näiden pohjalta on luotu unimallin, jonka perusteella analysaattori suorittaa analyysi. Tuloksien tarkastelun perusteella huomataan analysaattorin tarvitsevan jatkokehitystä

1. Johdanto

Vuodesta 1968 käytössä ollut Rechtschaffen & Kales [1] unenluokitus menetelmä on säännöiltään hyvin subjektiivinen, jolloinka eri unenluokitusta tekevien henkilöiden luokituksissa saattaa olla huomattaviakin eroja [2]. Lisäksi R & K on suunniteltu nuorille terveille aikuisille, eikä iänmyötä tapahtuvia muutoksia eri signaaleissa ole otettu huomioon. Samoin erilaisten unihäiriöiden havaitseminen on kyseistä metetelmää käyttäen vaikeaa. R & K menetelmän muita epäkohtia on ajallinen erottelykyky ja erilaisten uniluokkien vähäinen määrä. Unenluokitus tapahtuu joko 20 tai 30 sekunnin ikkunoissa, ja käytössä on ainoastaan kuusi erilaista luokaa (valvetila, S1-S4 ja REM). Koska ajallinen erottelukyky on heikko, useat lyhyet unenaikaiset ilmiöt jäävät huomioimatta. Uniluokkien määrä tulisi myös olla huomattavasti suurempi erilaisten ilmiöiden luokittelemiseksi.

SIESTA –projektissa on tarkoitus luoda R & K menetelmän korvaava menetelmä unenluokittelemiseen. Pyrkimyksenä on ajallisen erottelukyvyn parantaminen sekä pääseminen eroon erilaisista uniluokista ja siirtymin jatkuva muotoiseen unensyvyvyyden mittariin, jolloinka valvetila vastaisi 0 prosentista unta ja syvin mahdollinen uni vastaisi 100 prosentista unta. Pyrkimyksenä on myös selvittää, ovat valvetila, syväunentila (R & K asteikolla tilat S1 – S4) ja REM-tila erillisiä prosesseja, jotka voivat olla samanaikaisesti käynnissä.

2. Esiprosessointi ja piirre valinta

SIESTA analysaattorin versiossa 0.8 on käytössä EEG ja EOG signaalit. Myöhemmissä versioissa myös EMG, EKG sekä erilaiset hengitykseen liittyvät signaalit ovat apuna analyysin tekemisessä.

2.1 Häiriöiden poisto ja tunnistaminen

Erilaisten signaaleissa olevien häiriöiden [3] poisto tai tunnistusta ei analysaattorin tässä versiossa ole käytetty. Tarkoituksena onkin, että analysaattori olisi kykenevä analysoimaan unta häiriöistä huolimatta. Koska esimerkiksi EEG signaalia on käytössä useampia kanavia, ei esimerkiksi yhden elektrodin irtoaminen periaatteessa vielä tee analysointia mahdottomaksi. Myöhemmässä vaiheessa on kuitenkin tarkoitus analysoida data myös siten,

että häiriöiden poisto tai tunnistus on suoritettu. Etu, joka saavutetaan sillä, ettei häiriöiden poistoa tai tunnistusta suoriteta on nopeutuvassa analysoinnissa, koska useita varsinkin häiriöiden poistoon suunnitellut algoritmit ovat laskennallisesti raskaita. Esimerkkinä voidaan mainita adaptiivien suodatus [4], jota käytetään EKG häiriön poistoon muista mitattavista signaaleista, sen suoritus aika on lähes sama kuin koko tämänhetkisen analysaattorin suoritus aika. Lisäksi myös EKG signaali sisältää unenluokituksen kannalta oleellista tietoa, joten se ei juurikaan vaikuta analyysin lopputulokseen.

2.2 Signaaleista laskettavat piirteet

EEG signaalista voidaan laskea huomattava määrä erilaisia piirteitä. SIESTA analysaattorin esikehitys vaiheessa EEG signaalia analysoitiin seuraavilla menetelmillä. 1) spektri analyysi, 2) adaptiivinen autoregressiivinen mallinnus, 3) staattinen autoregressiivinen mallinnus, 4) Hjortin parametrit [4-5], 5) koherenssi, 6) stokastinen kompleksisuus sekä 7) Bayesin prosessointi [6]. Osa näistä, esimerkiksi Hjortin parametrit, ovat olleet yleisessä käytössä jo pitempään, kun taas osa, esimerkiksi EEG signaalin Bayesin prosessointi, on kehitetty SIESTA –projektin puitteissa.

EOG signaalista pyritään tunnistamaan silmänliikkeet, jotka ovat tärkeitä REM univaiheen tunnistamisessa. Menetelmä on muokattu versio Värin ja kumppaneiden [9] aikaisemmin kehittämästä menetelmästä. Yksittäisiä silmänliikkeitä ei pyritä tunnistamaan, ainoastaan jokaiselle silmänliike tyypille (nopeat silmänliikkeet, saccadit ja hitaat silmänliikkeet, lisäksi EOG kanavilla oleva aktiviteetti jota ei pystytä luokittelemaan eri silmänliike tyypeihin). Analysaattorin tämänhetkisessä versiossa otetaan huomioon ainoastaan nopeat ja hitaat silmänliikkeet, muuta seuraavissa versioissa kaikki edellä mainitut.

EMG signaalia ei tämänhetkisessä versiossa vielä analysoida, muuta tulevissa versioissa käytetään menetelmiä, jotka perustuvat signaalin amplitudiin. Syy EMG analyysin pois jättämiseen versiosta 0.8 on se, että käytössä ollut EMG signaali oli heikkolaatuista. Tämän vuoksi käytettävät algoritmit vaativat lisäkehitystä.

2.3 Piirrevalinta

Piirrevalinnan tarkoituksena löytää lasketuista piirteistä ne, jotka parhaiten pystyvät mallintamaan uniprosessia. Käytännössä pyrkimuksenä oli löytää erilaisia piirryhmiä, joilla erilaiset unen ilmiöt pystyttäisiin löytämään. Tämä piirrevalinnan määrittely asetti kolme kysymystä, joita oli mietittävä: 1) Mikä kuvaa asianmukaista ongelmaa, 2) Mikä on luotettava mittari ”parhaalle” aliryhmälle ja 3) Kuinka määritellään milloin aliryhmä on riittävän suuri.

2.3.1 Menetelmät

Ensimmäiseen kysymykseen parhaaksi vastaukseksi katsottiin se, miten hyvin unen eri kulmapisteet eli valvetila, syväuni (S4) ja REM, pystytään erottamaan toisistaan.

Toiseen kysymykseen voidaan teknisistä näkökohdista katsoen löytää useita erilaisia ratkaisuja. Analysaattorin suunnitelussa käytettiin kahta eri menetelmää: 1) Tarkasteltiin eri luokittelijoiden tuottamia todennäköisyys funktioita ja 2) käytettiin k:n lähimmän alkion menetelmää Gini indeksin laskemiseksi.

Koska SIESTA –projektin rekisteröinti protokollan mukaisissa rekisteröinneissä on käytössä kuusi EEG kanavaa, edellä mainituilla menetelmillä saatiin lasketuksi yli 200 erilaista piirrettä, jonka lisäksi oli vielä eri EOG piirteet. Tämän vuoksi ei kaikkia mahdollisia aliryhmiä käyty läpi, vaan käytettiin ei täysin optimaalisia menetelmiä aliryhmien etsimisessä. Käytettävät menetelmät olivat etukäteis valinta (forward selection) ja sekvenssi eliminointia (sequential elimination).

Kolmanteen kohtaan saatiin vastaus käyttämällä tilastollisen merkittävyyden testiä. Käytännössä tämä tapahtui siten, että verrattiin kahat eri luokittelijaa, ja tutkimalla mikäli uuden piirteen lisäämisellä luokittelijan tarkkuus paranee merkittävästi.

Edellä esitetyt menetelmät ovat olleet perinteisesti käytössä piirrevalintoja tehtäessä. Niiden ongelma on kuitenkin se, että mikäli kaksi tai useampi saman kokoinen aliryhmä antaa yhtä hyvän tuloksen, niin niistä vain toisen käyttäminen on, Bayesin mielessä, oleellisen tiedon käyttämättä jättämistä. Tämän vuoksi piirrevalinnassa käytettiin myös Bayesin tekniikkaan perustuvaa menetelmää [10]

2.3.2 Piirrevalinnan tulokset

Piirrevalintaa tehtäessä oli käytössä ainostaan viisi täydellistä rekisteröintiä. Näistä neljää käytettiin itse piirrevalintaa ja yhtä validointiin. Koska mallinnuksessa käytettävä R & K luokitus tapahtuu 30 sekunnin ikkunoissa, täytyi piirteet, jotka oli laskettu kahden sekunnin ikkunaa käyteen yksi ulostulo joka sekunnille, muuttaa R & K luokitusta vastaavaan muotoon. Tämä tapahtui siten, että lasketut piirteet jaettiin kukin 30 sekunnin segmenteihin ja kunkin segmentin mediaania käytettiin piirrevalinnassa.

Seuraavassa on esitetty ne piirrevalinnan tulokset [11], joita analysaattorin tekemiseen on käytetty, eri piirrevalinta menetelmiä käyttäen.

- Gini indeksi:
 - Stokastinen kompleksisuus kanavassa C3
 - Hjortin parametrit kanavassa Fp2
- Logistisen regression todennäköisyys
 - Baysin 1. ref. kertoi, kanavassa C4
 - Tehospektri kanavassa Fp4, taajuus väli 12,5 – 30,0 Hz
 - Kalman suodattimen 2. kerroin kanavassa C3
- Bayesin menetelmä
 - Baysin 1. ref. kertoin kanavassa C3
 - Baysin 3. ref. kertoin kanavassa C3
 - Hjortin parametrit kanavassa C3

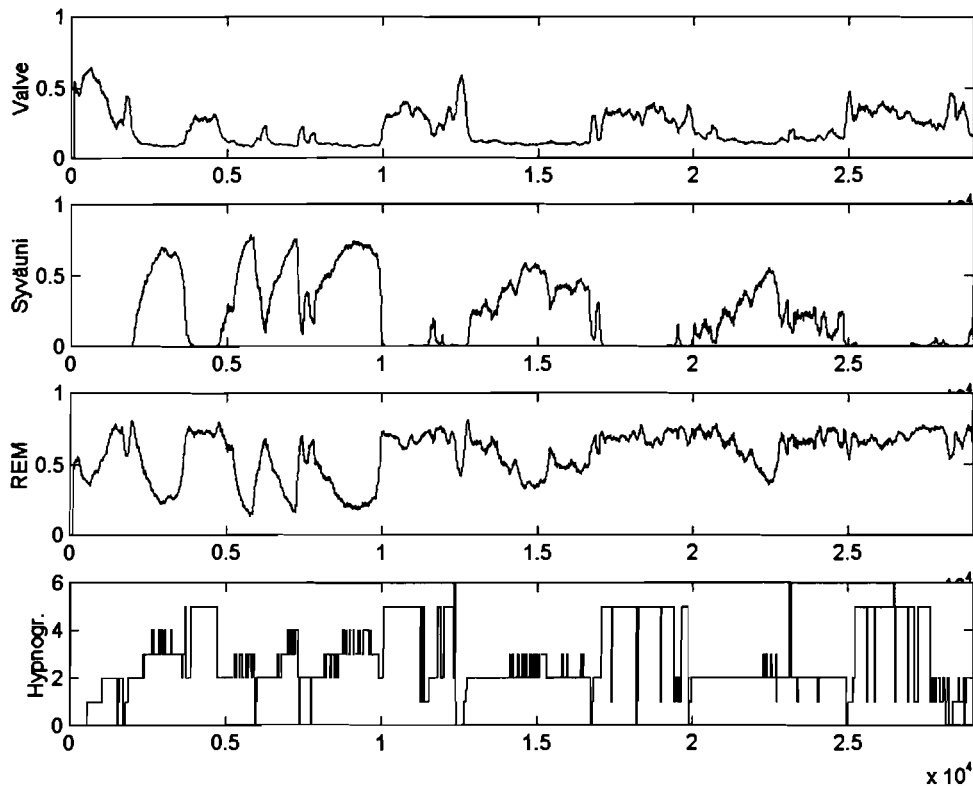
Näistä aliryhmistä aliryhmiä 1 ja 3 käytettiin analysaattorin version 0.8 tekemisessä.

3. Analysaattorin malli

Piirrevalinnan jälkeen muodostettiin saavutettujen tulosten perusteella. Malli perustuu tilastolliseen luokitukseen. Eri piirteiden keskiarvot ja keskihajonnat eri uniluokkissa (valvetila, S4 tila ja REM) mallinnettiin ja myös eri uniluokkien suhteelliset todennäköisyydet laskettiin. Mallin muodostamisessa käytettiin hyväksi myös sitä dataa, joka kuului muihin kuin edellä mainittuihin uniluokkiin [12]. Mallin ulostulona saadaan kolme todennäköisyyttä, eli todennäköisyydet valvetilalle, syvän unetilalle ja REM tilalle.

4. Tulokset

Kuvassa 1. on nähtävissä esimerkki analysaattorin ulostulosta. Kuten kavasta voidaan havaita, pystytään valetila, Syvän unentila ja REM tila analysaattorilla varsin hyvin tunnistamaan, toisinsanoen analysaattori anataa tiloille varsin suuren todennäköisyyden kun kyseinen ajanhetki on luokiteltu R & K mukaan vastaaviin tiloihin. R & K mukaan S1 ja S2 tiloiksi luokitellut kohdat taas analysaattorin ulostulossa suuren todennäköisyyden REM tilalle. Syy tähän on se, että varsinkin EEG signaalin perustuvilla piirteillä on usein samanlaiset ominaisuudet S1, S2 ja REM tilassa. EOG signaalin mukana olo hieman parantaa tulosta, mutta ei kuitenkaan riittävästi.



Kuva 1. Analysaattorin ulostulo. Ylhäältä alas: Todennäköisyydet valve-, syvän unen- ja REM tilalle sekä R & K luokituksen mukainen hypnogrammi.

5. Loppupäätelmät

Analysaattorin antama ulostulo ei ole vielä riittävän hyvä. Vaikka unen kulmapisteet pystytään löytämään, on ulostulo R & K luokituksen mukaisilla tiloilla S1 ja S2 huono. Tämän vuoksi analysaattori vaatii jatkokehitys. Analysaattoria pyritään parantamaan kehittämällä EOG ja EMG signaalin analyysiä. Myös piirrevalintaa kehitetään tekemällä se jatkossa EEG signaalille kanavakohtaisesti

Kiitokset

SIESTA analysaattori on kehitetty SIESTA -projektissa, joka on rahoitettu Euroopan Komission määrärahalta Biomed-2 PL962040-SIESTA

References

- [1] A. Rechtschaffen, A. Kales, A manual of standardized terminology, techniques and scoring system for sleep stages of human subjects. U.S. Public Health Service, U.S. Government Printing Office, Washington DC, 1968.
- [2] J. Hasan, Past and future of computer-assisted sleep analysis and drowsiness assessment, *J. Clin Neurophysiol*, 1996, 13(4):295-313.
- [3] A. Schlögl, P. Anderer, M.-J. Barbanoj, G. Klösch, G. Gruber, J.L. Lorenzo, O. Filz, M. Koivuluoma, I. Rezek, S.J. Roberts, A. Värrri, P. Rappelsberger, G. Pfurtscheller, G. Dorffner, Artifact processing of the sleep EEG in the "SIESTA"-project, *Proceedings EMBEC'99*, Part II, pp.1644-1645, 4-7. Nov. 1999, Vienna, Austria.
- [4] M. Koivuluoma, A. Värrri, E. Huupponen, Removing ECG artifacts from EEG, EOG and EMG with Adaptive FIR filter, Technical Report for Siesta Task Group 310, 1999
- [5] B. Hjort, EEG analysis based on time domain properties, *Electroenceph. Cli. Neurophysiol.* 29, pp 306-310, 1970
- [6] B. Hjort, The physical significance of time domain descriptors in EEG analysis, *Ibid.* 34, pp 321-325, 1973
- [7] I. Rezek, S.J. Roberts, Stochastic complexity measures for physiological signal analysis. *IEEE Transaction on Bionomedical Engineering*, Vol. 44, No 9, pp 1186-1191, 1998
- [8] P. Sykacek, S.J. Roberts, I. Rezek, A. Flexer, G. Dorffner, Reliability in preprocessing - Bayes rules SIESTA, *EMBEC 99*, Vienna, Austria, 1999
- [9] A. Värrri, K. Hirvonen, V. Häkkinen, J. Hasan, P. Loula, Nonlinear eye movement detection method fo drowsiness studies, *Journal of Biomedical Computing*, 43, pp 227-242, 1996
- [10] P. Sykacek, On input selection with reversible jump Markov chain Monte Carlo sampling, *Advances in Neural Information Processing Systems 12* , S.A.Solla, T.K.Leen and K.-R. Mueller (eds.), 638--644 MIT Press, 2000
- [11] P. Sykacek, S.J. Roberts, I. Rezek, A. Flexer, G. Dorffner, Bayesian wrappers versus Conventional filters: feature subset selection in the SIESTA project, *EMBEC 99*, Vienna, Austria
- [12] P. Sykacek, S.J. Roberts, I. Rezek, A. Flexer, G. Dorffner, Classification in the sampling paradigm: A predictive approach toward a SIESTA sleep analyzer, *EMBEC 99*, Vienna, Austria