

# ★ Tekniko en Esperanto

## Kiel funkcias televido?

(por ne-fakuloj)

En 1926 rusa inĝeniero Eŭgeno Aisberg, filo de germana patro kaj angla patrino, verkis originale en Esperanto artikolaron ("babiladojn") por Internacia Radio-Revuo.

La revuo esis pro manko de kunlaborantoj sed la babiladoj estis jam transprenataj de aliaj radiorevuo. Premata de amikoj Aisberg kompletigis la serion kaj eldonis ilin libroforme sub la titolo "Fine mi komprenas la radion". Post transloĝiĝo en Francion, li verkis ankoraŭ plurajn tiajn bonegajn librojn. La verko estas tradukita en multegajn lingvojn.

En lia verko la juna Sciemulo multe lernas pri radiokomunikiloj ĉe sperta onklo, inĝeniero Radiulo per amuzaj babiladoj.

Leginte tiun libron oni klare komprenas ke eblas sendi elektrajn signalojn kaj ricevi ilin je granda distanco sen bezono de elektrokonduktiloj inter la du aparatoj.

Unue oni kapablis ricevi nur malklaran signalon.

Oni jam kontentis distingi ĉu la sendilo estis sendanta jes aŭ ne.

Tio sufiĉis nur por ricevi koditajn telegrafiajn signalojn, ekzemple Morso-signalojn.

Poste oni sukcesis influi la forton de la sendita ondo (la "portanta ondo") laŭ la elektra signalo: teknike tio nomiĝas 'moduli' la portantan ondon kaj en tiu ĉi kazo

temas pri 'amplitudo-modulado'.

La elektra signalo, kiu influas la forton ('amplitudon') de la portanta ondo, la modulanta signalo, povas esti pli-malpli precize 'rekonstruata' en la ricevilo.

Se la transsendenda fenomeno konsistas el nur unu valoro en iu momento, la problemo estas sufiĉe simpla.

Sono konsistas el ŝanĝiĝanta aerpremo. Mikrofono 'tradukas' la ŝanĝiĝojn de la aerpremo en iu punkto (ĉe la mikrofono) en elektran valoron: en la unuaj mikrofonoj la aerpremo agis sur du (aŭ pluraj) intertuŝantaj karbonaj pecetoj. Ju pli forte la pecetoj premiĝas unu sur la alia, des malpli granda iĝas la elektra rezistanco inter la karbonaĵoj kaj des pli da elektra kurento trapasos ilin.

Ĉar mikrofono tradukas ŝanĝiĝojn de aerpremo en variigintan elektran valoron, la problemo de transsendo de voĉo aŭ muziko estis principe solvita.

Sed kiel ni komprenu *transsendon de elektra signalo sen konduktiloj* (sen 'dratoj') *inter sendilo kaj ricevilo*?

La ŝlosilvorto por kompreni tion estas '*resonanco*'. Mi provos klarigi tion.

Imagu balancilon.

Kiam oni lanĉas balancilon, ĝi *oscilas* (iras kaj revenas) laŭ sia propra ritmo: tiom da fojoj en tempunuo laŭ *sia propra frekvenco* sed iom post iom perdas sian energion kaj fine haltas.

Iu ja iam spertis, ke etaj puŝetoj en la bona momento, do en la ĝusta ritmo, kun la *taĝa frekvenco* (nombro da puŝoj en tempunuo) sufiĉas por daŭrigi la osciladon.

Kelkfoje okazas ke preterpasanta ĉaro aŭ trajno vibrigas, 'sonigas' glason en via manko aŭ vitron en via fenestro, ekzemple kiam la propra frekvenco de tiu objekto estas la sama kiel la frekvenco de la eksplodoj en la motoro de la

ar a to.

Kiam vi malfermas pianon, levas la dampilojn (premante la dekstran pedalon) kaj krias en la instrumenton, vi aŭdos resoni la kordojn, kies propra frekvenco egalas la frekvencojn en via voĉo. Tiu fenomeno nomiĝas *resonanco*.

Unu el la principoj en elektriĝo (la scienco pri elektraj fenomenoj) temas pri fortoj inter ŝarĝoj (elektra sxarĝo estas kvanto da elektro). Homoj jam longe scias ke iuj objektoj post froto sur sekaj feloj kapablas altiri etajn aĵojn kiel paperpecetojn, haretojn, k.t.p.

Unu el la leĝoj en elektriĝo asertas ke *inter elektraj ŝarĝoj estas fortoj*. Malsamsignaj ŝarĝoj emas altiri unu la alian, samsignaj emas forpuŝi unu la alian.

Oni povus imagi balancilon, kies ŝarĝo havas elektran ŝarĝon (*sen ^ super la go*).

Se oni je kelka distanco variigas la elektran ŝarĝon de iu konduktanta objekto ('anteno') en la sama ritmo kiel la "natura ritmo" de la balancilo, oni komprenas kiel la etaj puŝoj kaj tiroj de la ŝarĝo antaŭaj ŝarĝoj sur la anteno je la ŝarĝo en la balancilo kapablas daŭrigi ties oscilojn, *kondiĉe ke la frekvencoj egalas*

Pure elektraj oscilantaj cirkvitoj (kondensatoro paralela al induktanco) konektitaj al 'ricevanta' anteno povas resoni al sendanta anteno je tre granda distanco.

La osciloj povas esti elektrone 'mirataj' (por kompensi la dampigon) kaj amplifataj kaj la 'grando' de la osciloj povas esti derivata. *Rimarku ke resonos nur tiuj 'balanciloj', kies propra frekvenco egalas tiun de la sendilo.*

Ni nun provos kompreni kiel oni kapablas transsendi ne nur senmovajn bildojn, sed ankaŭ moviĝantajn bildojn. Unue ni provu kompreni la transsendon de ununura griznuanca bildo.

Per unu elektra lineo (dratparo) oni kapablas transsendi nur unu signalon je la sama momento, ekzemple la antena anta aerpremo kaj zita de nia voĉo.

Per unu dratparo ni do ankaŭ kapablus transsendi la valoron de la lumforto en unu punkto de bildo.

Transsendi tutan bildon estas tute alia problemo ĉar en bildo ekzistas multegaj eroj, kies helo estas sendependa de la aliaj. Sed ni ja deziras transsendi tutan bildon tra nur unu elektra lineo (aŭ tra unu sendrata 'lineo'). Tial ni devos disigi la transsendotan bildon en apartajn punktojn, kies lumintenseco povas varii inter nul por nigra bildopunkto kaj maksimumo por plej blanka bildopunkto; ni sendos la signalojn de ĉiuj punktoj *unu post la alia*.

Jam en 1839 franco Becquerel trovis lumelektran efikon. De tiam oni trovis multajn manierojn por 'traduki' lumforton en elektran valoron. Ĝiam temas pri lumeroj (fotonoj), kiuj per 'kolizio' kun elektronoj (elementaj elektraĵoj irka la kerno de atomoj) 'frapas' la trafitajn elektronojn en alian pozicion, de kie ili povas kontribui al kondukto de elektro tra 'lumelektra rezistanco', aŭ eĉ igi la trafitajn elektronojn tute liberaj en la vakuo de iuj 'lumelektraĵoj', kie ili transportos la elektraĵojn de la prilumita elektrodo ('katodo', je negativa potencialo) al alia ('anodo', je pozitiva potencialo).

La elektronoj havantaj negativan elektraĵon estas altirataj al la pozitiva anodo: ju pli da lumo, des pli da liberigitaj elektronoj 'flugos' de la katodo al la anodo kaj des pli granda estos la kurento inter katodo kaj anodo (fakte oni konvencie diru, ke la kurento fluas inverse: de anodo al katodo).

Oni aranĝas per lensoj ke la lumo el nur unu bildero trafu la lumelektran ekranon, kiu 'altu' aŭ prefere 'modulu' la sendilon.

Ni povas imagi ke ni distranĝas la transsendotan bildon en mallarĝajn strietojn.

La intenso de la reflektita lumo de la punktoj estas determinata fare de lumelektra

elo. Tia ĉelo "vidu" tra la lenso punkton post punkto de la transsendota strio. Se ni movas la strion antaŭ la lumĉelo, la elektra kurento tra ĝi estos (pli-malpli) proporcia al la helo en ĉiuj 'vidataj' punktoj de la bildostrio.

Unu el tiaj sistemoj estis (eble estas ankoraŭ) uzata por transsendi fotojn, ekzemple por ĵurnaloj.

La transsendota foto estis fiksata ĉirkaŭ tromelo (tio estas rotacionta cilindro).

Dum la rotacio de la tromelo luelektra ĉelo 'tradukas' la lumreflekton de la "strioj" dum ĝi mem malrapide pluenĉoviĝas laŭlonge de la tromelo.

En la ricevilo simila tromelo rotacias kun sama rapideco ol en la sendilo.

Anstataŭ lumĉelo kiel en la sendilo, ĉi tie estas lampeto.

Fotopapero estas prilumata per la lampeto tra lensaro, kiu koncentras la lumon sur mallarĝan areon de la fotopapero.

Post rivelo de la fotopapero ĵen kopio de la originala foto aperas.

Ĉe la fino de ĉiu strio, oni elsendas specialan signalon por ke la ricevilo sciu ke ĉi komencu novan linion. La speciala signalo nomiĝas *assinkroniga pulso*.

Por povi apartigi en la ricevilo tiun pulson de la enhavo de la bildo mem, oni nun aranĝas tiele, ke la elektra valoro por "nigro" ne egalas nul, sed pli ol nul.

Dum la sinkroniga pulso la valoro estu pli malalta ol la valoro por nigra bildopunkto: *'transnigra pulso'*.

Tiel en la ricevilo oni povas detekti ĉiujn kaj komenci novan linion aŭ almenaŭ iamaniere korekti la rapidon de la desegnado, ekzemple la rapidon de la tromelo.

Nur transnigraj signaloj kapablas influi la sinkronigon, ne la enhavo de la bildo

mem.

Iu tia primitiva aparato el la telegrafia erao estis ankora menciata en malnova PIV: la telea tografo, principe por transsendi 'nur' nigra-blankajn bildojn, skriba ojn a desegna ojn, do sen grizaj nuancoj.

Se estus diferenco de rapido inter la sendila tromelo kaj la ricevila tromelo, la ricevita bildo estus tordata.

Tial gravis 'sinkronigi' la du tromelojn per elektra signalo.

En la primitivaj aparatoj oni simple mekanike haltigis la iom tro rapide rotaciantan ricevilan tromelon per hoko.

La hoko liberigis la tromelon per elektromagneto nur post ricevo de la sinkroniga signalo.

En la dekna a jarcento oni provis montri movi antajn bildojn.

En muzeoj oni povas vidi prototipojn.

Unu el la sistemoj konsistis el rotacianta cilindra a multangula skatolo kun nombro da fendoj aksparalelaj. Rigardante en la skatolon tra la fendoj oni vidis la bildojn sur la kontra a interna flanko de la skatolo, po unu bildo tra iu fendo.

Iu bildo montras la objekton en iom plua pozicio. Tio faras la impreson de movi anta bildo.

Similaj sistemoj kapablis montri kelkdekajn bildojn registritajn sur plata disko a e surpaperajn bildojn en speco de senfina libro.

Tiel oni montris ekzemple kurantan evalon, per iam ripetataj bildoj.

Belgo Plateau, iinta profesoro pri fiziko en la Genta universitato en mil okcent

tridek kvin estis protagonisto.

En 1895 la fratoj Lumi è re patentigis sian sistemon ebligantan fotografi kaj projekcii movi antajn bildojn.

Por montri movi antan bildon oni bezonas minimume dudekon da apartaj bildoj en sekundo.

Oni do bezonas rapidegan sistemon por registri, transsendi kaj redesejni tiujn bildojn.

Jam en 1884 germano Nipkow elpensis sistemon kun rotacianta disko, en kiu estis dudeko da truoj regule sur spiralo.

En sendilo kaj en ricevilo rotacias simila disko je sama rapido.

En la sendilo bildo de la sceno estas projekciata sur la diskon per lensaro simila al tiu en fotilo.

La lumo trairanta truon estas 'tradukata' en elektran signalon far lumelektra elo malanta la disko kaj transsendata.

En la ricevilo estas lampo, kies lumo estas rigardata de la posedanto tra la truoj per lupeo.

Kompreneble la lampo estu *rapida* lampo, ne simpla inkandeska lampo. Oni uzis mal argotubon. En tia tubo estas diluita gaso (ekz. neono), kiu per la elektra mal argo elsendas lumon pli-malpli fortan proporcie al la forto de la signalo.

La lumelektra elo en tia aparato estu tre sentiva kaj rapida.

Kio fakte estas tia lumelektra elo? Estas aparato en kiu lumo, formo de radianta energio, trafanta iun materialon, povas liberigi elektronojn el tiu materialo.

Per tiaj maldetalaj sistemoj oni eksperimentis en la dudekaj is la tridekaj jaroj de la 20a jarcento, kiam fine ekestis la elektronikaj sistemoj is nun uzataj.

Elektrono estas la plej malgranda elektro-arga partiklo. Ĝia maso estas tre malgranda, eblas ĝin facile akceli.

Vi jam scias kelkajn efikojn de elektra-argoj. La principoj en elektriĝo kaj elektroniko estas ne tre multaj. Mi mencias la plej gravajn:

- *Elektra-argoj agas al alia-argoj per forto*, kiel ni jam menciis. Vi certe jam spertis ke la tiu principo eblas per iuj materialoj (ekzemple plasta kombilo) altiri etajn aĵojn (ekz. viajn harojn).
- *Elektra kurento konsistas el movi-antaj-argoj*. Movi-antaj elektronoj do estigas elektran kurenton.
- *Magneta kampo estigas forton je elektra kurento*. Tiu forto estas orta al la direktoj de la kurento kaj de la magneta kampo. Kompreneble se forto agas sur la kurento, inversdirekta forto agas sur la magneto laŭ la principo de ago kaj reago.
- *Elektra kurento estigas magnetan kampon ĉirkaŭ si*.

En kutimaj cirkonstancoj elektronoj restas kaptataj de la kerno de atomo.

La kerno havas pozitivan-argon, la elektronoj havas inversan, do negativan-argon. Ili estas do altirataj al la kerno.

Oni trovis ke iuj materialoj tamen facile liberigas tiujn elektronojn kiam oni varmigas ilin.

Kompreneble se oni faras tion en la aero, la elektronoj tuj kolizias kontraŭ la gasmolekuloj. Oni bezonas senaeran spacon, vakuon.

En elektrontuboj estu vakuo. Oni varmigas tubeton, drateton aŭ plateton, kutime per elektra kurento, same kiel oni varmigas gladilon aŭ la filamenton de



inkandeska lampo. Per la alta temperaturo -temperaturo fakte estas grado de skui o de la molekuloj- liberiĝas elektronoj el la plateto. Ili ekvebas en la vakua spaco.

En bildotubo tiu plateto, la tiel nomata katodo, troviĝas izolita en malgranda metala skatoleto, tute malantaŭe en la bildotubo. Antaŭe en la skatoleto estas trueto, tra kiu la elektronoj povas eskapi. Oni povas repuŝi ilin, igante la skatolon pli negativa ol la plateto, nomita katodo. Ĉar tiukaze la katodo estas pozitiva rilate la skatoleton, la elektronoj estos altirataj al la katodo kaj ne facile elvenos el la skatoleto.

Jen facila kaj rapidega maniero por *reguli* la fluon da elektronoj elirantaj el la katodo. La elektra tensio agas je la elektronfluo *kiel krano je akvofluo*.

Tia fluo da liberaj elektronoj estas nomata elektronfasko.

En bildotubo oni akcelas la elektronojn elirantajn el la katodo -la elektronfasko- per tiel nomata akcela anodo. Tio estas tratruita plateto je iu distanco de la skatoleto.

Je la anodo oni almetas pozitivan tension.

Elektronoj do estas altirataj per tiu 'elektra kampo' kaj flugos rapide tra la trueto. (Estas pluaj aranĝoj -ekz. tubo- por ke ne tro da elektronoj algluiĝu al la pozitiva plato mem).

La tuto (la elektronelsendanta katodo, la ĉirkaŭanta skatoleto kaj la akcelanta anodo) nomiĝas elektronkanono.

Jen la efiko de la elektronkanono: regulebla fluo da rapidaj elektronoj.

Iu elektrono akiras energion per la akcelo en la elektra kampo inter la skatoleto kaj la anodo.

Je iu distanco de la kanono troviĝas ekrano, ĉirmita per fluoreska materialo.

Rapida elektrono kolizianta kun tiu fluoreska materialo 'elfrapas' tiel nomatajn

fotonojn (lumerojn) el ĝi. Alivorte: kie elektronoj trafas la ekranon, tiu ĉi lumiĝas.

Per la ĉi nun priskribita sistemo ni do povas vidigi sur la ekrano punkton, kies lumintenson ni kapablas simple reguli per la elektra tensio inter la katodo kaj ties ĉirkaŭanta skatoleto.

Kiel ni povas movi la lulpunkton sur la ekrano?

Tiucele ni uzu principon menciitan.

Kutime en televidilo oni uzas ĉi antan magnetan kampon por movi la elektronfaskon.

En osciloskopo (mezuraparato, en kiu elektraj fenomenoj videblas sur ekrano) oni uzas alian principon: la fasko estas altirata kaj repuŝata de elektra kampo.

Por movi ĉi antaj elektronoj konsistigas elektran kurenton, ni povas puŝi ĝin aplikante magnetan kampon la ĉi longe de kaj orte al ilia vojo.

Vertikala magnetika kampo estigas horizontalan forton sur la elektronfluo.

Magnetan kampon ni povas estigi per elektra kurento la ĉi la principo *kemagnetika kampo ĉirkaŭas elektran kurenton*

Por ekhavi sufiĉe grandan magnetan kampon ni sendos elektran kurenton tra bobeno da izolita kupra drato. La magnetika kampo de unu volvaĵo adiciĝas al tiu de najbaraj volvaĵoj. La rezulto estas magnetika kampo, centriĝanta la ĉi la akso de la bobeno.

Se ni daŭre ĉi antas la elektran kurenton tra la (fizike vertikal-aksa) bobeno, la fasko estigas horizontalan lumstrion sur la ekrano.

Sendante kurenton grandigante ĉi antan la ĉi la tempo de negativa valoro al pozitiva valoro ni do kapablas desegni strion tra la tuta ekrano.

Se ni aplikas la bildosignalon el la sendilo al la katodo, ni povas reguli la intenson

de la lumpunkto, kaj ni revidas la elsenditan strion.

Per simila sistemo ni povas movi la faskon en vertikala direkto per (fizike horizontala) bobeno, por ke la dua strio aperu sub la unua, ktp.

Post kompleta bildo oni elsendas pli longan sinkronigan pulson por anonci la bildofinon.

e alveno de sinkroniga linipulso, la linideflekta kurento rapide resaltu al sia komenca valoro: la lumpunkto aperu maldekstre sur la ekrano.

e alveno de la bildofina pulso la bildodeflekta kurento resaltu al sia komenca valoro: la lumstrio aperu supre sur la ekrano.

Fakte oni sendas en sekundo 25 kompletajn bildojn. Sed por eviti la flirtadon de la bildo oni sendas 50 tiel nomitajn *framojn*.

En unua framo oni sendas la liniojn 1, 3, 5, ..., 625, do la malparajn liniojn kaj en posta framo oni sendas la liniojn 2, 4, 6, ...

Tiamaniere oni ricevas pli kvietajn bildojn.

Tiu principo estas nomata interliniigo.

Per tia sistemo oni sendis griznuancajn bildojn. Sed intertempe ni jam delonge rigardas al koloraj bildoj.

Kiu iam rigardis de proksime al kolortelevidila ekrano per lupeo certe rimarkis ke ĝi konsistas el apartaj bildopunktoj: ruĝaj, verdaj kaj bluaj la ĉia adicia kolorprincipo. Kiam la tri apudaj bilderoj lumas, ni vidas (de malproksime) blankan punkton.

Kompreneble se neniu el la tri lumas, ni vidas nigran punkton.

Kiam lumas la ruĝa kaj la verda ni vidos flavan punkton.

Kiam lumas la ruĝa kaj la blua ni vidos purpuran punkton.

Kiam lumas la verda kaj la blua ni vidos ... verdbluan punkton.

Eblas reprodukti tiujn kolornuancojn per kombino de la tri ĉefaj koloroj po iom pli aŭ malpli forta.

En kolortelevidila bildotubo estas *tri* kanonoj.

Ĉiu el ili estas stirata de aparta elektra signalo.

Inter la kanonoj kaj la ekrano troviĝas 'krado' (*plato kun aro da truetoj*) por ke la elektronoj el la 'ruĝa' kanono trafu nur la ruĝajn ekranpunktojn, ktp.

Oni povus kompreni ke por transsendi kolorbildon necesas tri sendiloj, eĉ 4, sed oni deziras samtempe aŭ skulti al tio, kion diras la bildoj.

Fakte la 4 sendotaj signaloj estas kombinataj en la sendilo tiamaniere ke ili ankaŭ taŭgu en malnovaj nigra-blankaj riceviloj.

La kombina sistemo estas komplika kaj bedaŭrinde ne en ĉiuj landoj la problemo estis solvita laŭ sama sistemo.

Kompreneble ekzistas striktaj normoj en ĉiu sistemo pri precizaj daŭro kaj valoroj de sinkronigaj pulsoj, nombro da linioj, la nombro da framoj en sekundo, k.t.p.

Oni do bezonas ege komplikajn sistemojn por 'traduki' ekzemple usonajn (NTSC) bildojn (60 en sekundo) al PAL aŭ SECAM (50 en sekundo) kaj la rezulto de tia *tradukado* ofte estas ne kontentiga.

Griza Leono.

