

---

# OL-GPS

Realtidspositionering av orienterare med GPS  
Realtime positioning of orienteers with GPS

---

Examensarbete vid  
Chalmers Tekniska Högskola  
Ericsson Mobile Data Design AB  
ht 2000 - vt 2001

Sven Lundbäck  
Daniel Robertsson

Chalmers Tekniska Högskola  
23 april 2001

## **Sammanfattning**

Syftet med detta examensarbete är att visa att det är möjligt att i realtid visa var i skogen den tävlande orienteraren är, så att det blir intressantare för publik att se på sporten. Lösningen som framtagits bygger på en enkel GPS-mottagare som med ett radiomodem sänder koordinater via Mobitex, ett paketdatasystem utvecklat av Ericsson Mobile Data Design, till en databas. Ett program läser hela tiden i databasen och presenterar positionerna. För att få bättre täckning i terrängen kan Mobitexnätet förstärkas med en eller flera mobila basstationer. En demonstration av systemet visade att det är fullt möjligt att använda systemet för att positionera löpare. Den bärbara enheten är inte särskilt dyr, men att nyinvestera i Mobitexnätet är däremot kostsamt.

## **Abstract**

The purpose with this master thesis work is to show the possibility to real-time monitor the position of a competing orienteerer in the forest, so that the sport becomes more interesting for the spectators to follow. The presented solution is based on a simple GPS receiver that uses a radio modem to send coordinates over Mobitex, a packet switched communication system developed by Ericsson Mobile Data Design, to a database. An application continuously reads the database and presents the positions. In order to achieve a better radio coverage in the terrain, one can strengthen the Mobitex network with additional mobile radio base stations. A demonstration of the system showed that it is fully feasible to use the present system to monitor orienteerers. The portable device is not particular expensive but to invest in the Mobitex network is costly.

# Dokumentinformation

Examensarbete vid Chalmers Tekniska Högskola och Ericsson Mobile Data Design AB, ht 2000 - vt 2001 utfört av:

Sven Lundbäck, Teknisk Fysik (1996-2001), Umeå Universitet,

Daniel Robertsson, Datavetenskap (1996-2001), Göteborgs Universitet.

Handledare: Bo Håkansson, Signaler och System, Chalmers Tekniska Högskola.

Per-Erik Sundström, Ericsson Mobile Data Design AB

Examinator: Christer Carlsson, Datavetenskap, Göteborgs Universitet.

Tack går till:

Handledarna Bosse och Per-Erik samt examinatorn Charlie.

Dessutom till Reza Abbaszadeh, Ericsson Mobile Data Design samt Gunnar Larsson, SportIdent och Ulf Bergqvist, OrienteringsLöparna Alternativet, Alternativet.nu.

Dokumentet är typsatt i T<sub>E</sub>X, Version 3.14159 (Web2C 7.2).

Copyright Sven Lundbäck och Daniel Robertsson 2001.

# Innehåll

Litteraturförteckning . . . . .	??
---------------------------------	----

# Kapitel 1

## Inledning

Orientering är en sport som främst utövas i Norden och som etablerades redan på tidigt 1900-tal. Svenska Orienteringsförbundet bildades 1939 och 1961 bildades ett internationellt orienteringsförbund. En orienteringstävling går ut på att med enbart karta och kompass snabbast ta sig från starten till målet via ett antal kontroller under vägen. Detta görs enskilt och kontrollerna man passerar måste tas i rätt ordning. Under flera decennier har sporten rönt stort intresse hos allmänheten, men verkar på senare tid tappat denna popularitet. En förklaring kan vara att få personer verkligen vet vilken spännande utmaning sporten erbjuder. I skolan eller under militärtjänsten provar de flesta orientering för första gången, men ofta är de arrangemangen dåliga och bjuder liten eller ingen utmaning. Om man som publik ser på orientering syns löparen endast vid startögonblicket och målgång, i vissa fall även vid en varvningskontroll som ligger inom synhåll. Det är mycket svårt att förmedla tävlingens dramatik till publiken som därför kan uppleva sporten som ointressant. Om man däremot på en karta kan visa var i skogen löparen befinner sig, kan en speaker lättare förmedla känslan av utmaning och spänning. Det blir också lättare att skapa bra TV-sändningar. Detta kan förhoppningsvis innebära att sporten upplevs som intressantare, och därmed även får mer TV-tid. I och med uppmärksamhet kan flera positiva konsekvenser uppträda, såsom fler utövare, villigare sponsorer eller att sporten på sikt kan få OS-status.

Vi har som målsättning att utveckla ett system som kan hjälpa till att förmedla spänningen och utmaningen från skogen till publiken. Ett sätt att göra det är att följa löparna med GPS-teknik<sup>1</sup> så att man som publik kan se var löparna är. Ett komplement till detta är kameror som visar bilder från skogen.

---

<sup>1</sup>GPS - Global Positioning System är ett system för att över hela jorden med hjälp av satelliter kunna bestämma en mottagares geografiska position.

## 1.1 Syfte

Syftet med detta arbete är att utveckla ett system för realtidspresentation av orienteringslöpare under tävling, detta för att försöka göra orienteringssporten mer publik- och TV-vänlig. En annan positiv effekt av ett sådant system är att man enkelt kan köra repriserna på visningen, vilket gör att även upplevelsen för orienteraren ökas. Analyser i efterhand av egna och konkurrenters lopp är en viktig del i utövandet av orienteringssporten och en del som gör sporten mer komplex och intressant för deltagarna.

## 1.2 Mål

Målet är att konstruera ett prototyp-system för demonstration som går att använda på ett begränsat område och med ett begränsat antal löpare. Tanken är att med en lyckad demonstration locka intressenter som kan sponsra en fortsatt utveckling, men framför allt för att visa att systemet fungerar. Vi vill visa att det idag är möjligt att arrangera en orienteringstävling som är högtintressant för publiken, utan att man måste ändra orienteringens grundtanke med att löparen på egen hand i skogen skall finna sin väg. En annan del av målet är att integrera SportIdents tidtagningssystem för att kunna presentera korrekta tidsangivelser för stämplingarna vid kontrollerna och även målgångar.

Demonstrationssystemet skall klara av att följa 5 löpare parallellt under en del eller delar av banan. Att följa en tävlings alla löpare under en hel bana är inte en målsättning, på grund av dels att det genereras så mycket information att inte allt kan användas och dels att vid en presentation av en tävling räcker det med att fokusera på några löpare, till exempel en klass, samt en eller flera intressanta delar av banan. Dessutom uppstår en del tekniska svårigheter med att följa en hel bana. Eftersom det blir stora arealer att täcka in för dataöverföringen krävs mycket utrustning vilket är kostsamt och arbetskrävande. Vi vill att systemet skall vara relativt lättskött och inte allt för dyrt och därför prioriteras ett något mindre område.

## 1.3 Uppgift

Den första uppgifter är att ta reda på vad det redan finns för system, dels färdiga som liknar det vi skall utveckla, och vad man kan använda för olika GPS-mottagare och system för den mobila dataöverföringen. Nästa del blir att med befintliga system för positionering och trådlös dataöverföring

konstruera en enhet som är bärbar och vatten-, stöt- och temperaturskillnadstålig. Enheten skall skicka positionerna till en databas, ur vilken löparnas positioner skall kunna presenteras i realtid. För att få till en bra presentation av löparpositioner på datorskärmen kommer vi här att ta hjälp av utomstående med presentationsprogrammet. Inom ramen för examensarbetet gör vi endast en enklare version av ett presentationsprogram för att användas under själva utvecklingsarbetet.

# Kapitel 2

## Andra liknande system

Vi använder oss till stor del av två redan färdiga system, GPS och Mobitex<sup>1</sup>, för att konstruera vårt system för realtidspositionering av orienterare. Det finns dock några system för positionering av orienterare, som av olika anledningar inte används idag.

Det finns även fler sätt att erhålla positioner samt sända data än de vi använder oss av.

### 2.1 RPMS

Internationella Orienteringsförbundet IOF (International Orienteering Federation) har en teknisk utvecklingskommitté som definierat förkortningen RPMS vilken står för Realtime Position Monitoring System. Ett antal RPMS har konstruerats och testats. De bygger på olika positionerings- och dataöverföringsprinciper. Gemensamt är att initiativtagarna har lyckats få fram ett fungerande system, men att det ofta saknas pengar för att gå vidare.

### 2.2 Påbörjade / färdiga system

Det finns förutom detta arbete minst tre andra projekt som haft som målsättning att åstadkomma system för positionering av orienterare.

#### 2.2.1 SILVA Time Track System

SILVA Time Track System, STTS, använder sig av radiopejling för att positionsbestämma löparna. Varje löpare har en liten sändare (TAG) på sig som

---

<sup>1</sup>Ett paketdatasystem utvecklat av Ericsson Mobile Data Design AB.



sänder ut en signal, och man behöver ett antal stationer som pejlar efter löparna i skogen. Systemet sägs klara 4000 löpare parallellt, och varje TAG kostar runt 4-500 kronor (samtal med Stefan Dahl, Silva, 2000-10-23).

Systemet är uppbyggt av en GPS-masterstation som är kopplad till en registreringsenhet samt via radiolänk till basstationer i terrängen [?]. Basstationerna erhåller sina positioner från GPS-mottagare. En referenssändare finns i området och även sändare på varje löpare. Se systemöversikt i figur ??.

Figur 2.1: Systemöversikt Silva Time Track System.

Systemet klarar av minst 15 km<sup>2</sup> och sägs vara förberett för användande i flera länder. Ett interface finns mot TV och tidtagningssystem samt organisationsprogram. Silva är mycket förtegn om detaljerna i deras system, och därav finns det ingen mer information tillgänglig. STTS har aldrig använts på någon tävling.

### 2.2.2 Korahdus

I Finland år 1994 påbörjades ett arbete med GPS på orienterare i klubben Korahdus [?]. De lyckades 1997 arrangera en liten tävling med fyra löpare som bar varsin löparenhet på ryggen och en GPS-mottagarantenn på huvudet. GPS-mottagaren var av märket Trimble och den hade en FM-mottagare för mottagning av DGPS<sup>2</sup>-signaler. Totalt vägde den ca 400 g med batteri. De byggde upp ett eget radionät, eftersom det behövdes dels till DGPS:en men även för dataöverföringen. För att presentera data om var löparna befann sig användes ett redan färdigt program, ett presentationsprogram för att visa var ambulanser befinner sig tillverkat av GPS-tillverkaren Trimble. På en storbildsvideoskärm visades en karta med löparnas positioner i skogen, med cirka 10 meters noggrannhet. Tävlingen rapporterades vara lyckad.

Syftet med att utveckla systemet var att visa att det var praktiskt genomförbart. Målet uppnåddes, men inga vidare planer på fortsättning har rap-

---

<sup>2</sup>Differentiell GPS (DGPS) är ett sätt att med hjälp av en fast referenspunkt öka noggrannheten i positioneringen.

porterats. Eftersom klubben och privatpersonerna stod för kostnaderna lades verksamheten på is. Projektet har vilat sedan dess.

### 2.2.3 VTEAM och OPOS

Vebjørn Berre ledde en grupp på fem personer i Norge (VTEAM) som utredde möjligheterna att realtidspositionera orienterare med hjälp av GPS. De senaste rapporterna från projektet är två Master Degrees vid Norges Tekniska Institut, NTHI, i ämnet 1991 och 1992 [?]. Slutsatserna i dessa arbeten var att det är möjligt att spåra orienterare med GPS. De största problemen ansågs vara:

- 1) För att få tillräcklig noggrannhet i positionen måste DGPS användas.
- 2) Man måste hitta ett passande radiokommunikationssystem som har tillräcklig täckning och som är tillräckligt liten och lätt.

De ansåg problem två vara störst. I dagens läge är problemet med noggrannheten så gott som borta i och med att den medvetna störningen av GPS-systemet Selective Availability (SA) är bortplockad. SA gjorde att precisionen utan DGPS var 100-150 meter, men när den slogs av ökade noggrannheten till 10-15 meter.

Projektgruppen som bildades hade för avsikt att undersöka olika angreppssätt för att utveckla ett system för realtidspositionering av orienterare, lämpligt att visa på TV. Vi har inte sett några resultat av detta projekt.

## 2.3 Pågående projekt

### 2.3.1 VM 2001 i Finland

I inbjudan till VM i Finland 2001 [?] står att läsa att arrangörernas avsikt är att använda ett GPS-baserat system för att spåra löparna i finalloppen samt i budkavlen. Varje löpare skall bära en positioneringsutrustning och en GSM-telefon, vilka är integrerade i en nummerlappsväst. Informationen skall användas för TV-sändning eller visning för publik via en storbildsskärm på tävlingsplatsen.

I april/maj 2001 kommer ett sista test att göras. Därefter skall det utvärderas om tekniken håller och om det tillför TV-sändningen något. Om finsk TV ger klartecken blir det sändning, annars inte [?].

### 2.3.2 Andra projekt

Det finns ett system kallat Cup Tracker som positionerar segelbåtar under tävling [?]. Fyra sommarjobbare byggde systemet under sommaren 2000 och det testades med goda resultat i augusti samma år. Systemet består av en GPS-mottagare samt en GSM-sändare på båten. På land finns GSM-moduler som en gång i minuten ringer upp båtarna och plockar information om deras positioner, fart och kurs. Uppgifterna presenteras via en dator och kan även studeras genom WAP.

I Umeå har man vid Idrottsmedicin gjort försök där orienterares puls och andning mäts under ett lopp. Där användes en differentiell GPS-mottagare och positionerna lagrades tills löparen kommit i mål (samtal med Peter Larsson, Idrottsmedicin i Umeå, 2000-11-13).

I Luleå arbetar Tor Björn Minde med Luleå Universitet och Ericsson Eri-soft i Luleå AB med ett projekt för att redovisa fakta om löpare under tävling. De har gjort det tidigare med Luleå Hockey, där de presenterade en del fakta kring spelarna, visade repriser via handburna datorer sammankopplade i ett trådlöst LAN<sup>3</sup> [?]. Planer finns på ett samarbete med Svenska Orienteringsförbundet och det kan även bli aktuellt att använda detta system för att presentera löparnas positioner i handburna datorer på tävlingsplatsen.

Det finns förutom dessa sportiga applikationer en mängd av olika positionssystem för ambulanser, taxibilar, budbilar och flygplan. De använder dock tekniker som inte är tillämpbara på vår applikation, mycket på grund av andra krav på precision, snabbhet och vikt.

## 2.4 Positionsbestämning

Under lång tid har positionering utförts genom igenkännande av terrängen för att senare övergå till mer sofistikerade metoder såsom exempelvis navigering med hjälp av stjärnorna. I och med att radiovågor började användas uppstod nya metoder såsom radar och pejling. En av de senaste teknikerna är idag att med signaler från satelliter "pejla" fram positionen med GPS.

### 2.4.1 TRANSIT

Att bestämma positioner på jorden med hjälp av satelliter har gjorts sedan 1964, då satellitsystemet Transit (senare Navy Navigation Satellite System, NNSS) togs i bruk [?]. Idén kom från amerikanska forskare som upptäckte att en satellits bana noggrant kunde bestämmas genom mätning av dopplerskift

---

<sup>3</sup>LAN - Local Area Network, ett lokalt datornätverk.

från en positionsbestämd punkt. För att positionera gjorde man tvärtom, det vill säga man visste istället var satelliten fanns. Den första satelliten placerades i sin bana år 1959.

Noggrannheten i Transit är 20-100 meter. Från början var systemet militärt och efter en tid blev det även tillgängligt för civila användare. Systemet NNSS/Transit fungerade 1993, men med begränsad täckning på grund av det låga antalet satelliter, endast fem fungerande.

1997 bytte systemet namn till NIMS (the Navy Ionospheric Satellite Monitoring System) samtidigt som man bytte modulering av signalen och fasmoduleringen. Datainnehållet i signalen togs bort, så den innehåller inte någon information nu. Idag (2000) finns det 11 satelliter i rymden, men endast tre av dem fungerar och sänder signaler. Satelliterna används till projekt inom amerikanska marinen.

### 2.4.2 GPS

Global Positioning System (GPS) heter det ifdag förhärskande systemet som skapats av försvarsdepartementet, DoD (Department of Defence), i USA. Specifikationen för GPS säger att det skall vara ett världsomspännande system för att med meterprecision bestämma positionen var helst på jordklotet man är och dessutom vid alla tidpunkter.

Systemet består av 24 satelliter som roterar runt jorden. Dessa sänder hela tiden signaler som är kodade för bland annat vilken satellit det är och var de befinner sig. GPS-mottagarna är passiva, det vill säga de sänder inte ut några radiosignaler. Anledningen är att systemet i grunden är militärt och då skall mottagarna vara lyssnande så att inte utgående signaler kan uppfattas av fienden och därmed röja positionen på mottagaren.

Mottagaren får information om var satelliterna är via deras signaler. Avståndet till satelliterna kan beräknas och utifrån det kan positionen bestämmas.

Systemet började att användas 1978 och i maj 2000 skedde den största förändringen hittills, då DoD slutade att störa signalen, vilket gjorde att precisionen för civila användare ökade. Störningen Selectiv Availability, SA, gjorde att civila användare endast fick en precision på cirka 100 m. Störningen orsakades genom att klockorna i satelliterna "skevade", de drog sig och snabbade sig om vart annat. Auktoriserade användare kunde kompensera för klockfelet eftersom information om hur klockorna skevade var kodat i signalen. Klockstörningen togs bort 2 maj 2000 vilket gjorde att noggrannheten för en autonom GPS direkt förbättrades till cirka 10-15 meter från tidigare 100-150 meter.

### 2.4.3 GLONASS

Parallellt med den Amerikanska utvecklingen har ett ryskt system, Global Navigation Satellite System, GLONASS, utvecklats [?]. Principen liknar GPS väldigt mycket. Den största skillnaden är att GLONASS satelliter sänder på varsin frekvens och inte som GPS där alla satelliter har samma frekvens.

Varje satellit sänder två sorters signaler, dels med normalprecision (SP, Standard Precision) och dels med hög precision (HP, High precision). SP-signalen sänds på frekvensen  $1602 + n \cdot 0.562$  MHz, där  $n = 1, 2, 3, \dots$  för de olika satelliterna. Eftersom varje satellit sänder signalen på varsin frekvens och på så sätt identifieras satelliterna. Satelliterna sänder däremot identiska koder.

På liknande sätt som GPS-mottagaren fångar GLONASS-mottagaren upp signalerna från minst 4 satelliter. Mottagaren mäter pseudorange-avståndet från satelliterna samt x-, y- och z-komponenterna av mottagarens hastighet. Samtidigt med detta väljer den och behandlar navigationsdata från satellitsignalerna. Mottagaren beräknar därefter tre koordinater samt exakt tid.

Fortsättningen på GLONASS är oviss, och systemet saknar idag full täckning på grund av störtade satelliter. I dagsläget (mars 2001) finns det endast åtta fungerande satelliter i rymden [?].

### 2.4.4 Radiopejling

Att radiopejla går ut på att ta reda på var en radiosändare är. Sändaren befinner sig på en okänd position, och man mäter med pejlingsutrustning från kända positioner för att få riktningar, bäringar, mot sändaren. Om man har lämpliga positioner på mätutrustningen kan man få bäringar som korsar varandra så att sändarens position kan bestämmas.

### 2.4.5 GSM

En GSM<sup>4</sup>-mobiltelefon har när den är påslagen kontakt med en basstation så länge det finns mottagning, det vill säga när nätet inte är överbelastat eller när signalerna inte blockeras eller störs på annat sätt.

För att positionsbestämma en telefon med hjälp av GSM-nätet finns olika metoder[?] vars noggrannhet och snabbhet sammanfattas i tabell ??.

**COO-metoden** (Cell of Origin) innebär att man ser vilken av nätets basstationer som telefonen är närmast, det vill säga den som den har starkaste

---

<sup>4</sup>Groupe Spéciale Mobile eller på engelska Global System for Mobile communications

signalkontakten med. Arean som basstationen täcker är den yta vari telefonen finns. I områden där basstationerna sitter tätt (i tätbebyggda städer) kan man få en positionsnoggrannhet på 150 meter. Det går snabbt att få fram positionen (cirka 3 sekunder) med denna metod. Man behöver inte ändra något i själva telefonen för att denna metod skall att fungera.

**Trianguleringsmetoder** ger bättre noggrannhet i mätningarna. Man kan mäta tiden det tar för signalerna från mobiltelefonen till speciella mätstationer och utifrån tre mätningar från olika stationer kan man få fram de avstånd som behövs för att ge en position för telefonen. Det tar lite längre tid att positionera på detta sätt, runt 5 - 10 sekunder. Noggrannheten blir 10 - 125 meter. En nackdel är att man måste placera ut en hel del extraantenner.

**AOA-metoden** (Angle of Arrival) bygger på att man mäter vinkeln till mobiltelefonen från kända positioner och riktningar och därigenom räknar ut positionen. Man måste placera ut små antennkomplex med 4-12 antenner i varje för att kunna pejla in riktningen till mobiltelefonen. När flera sådan antennkomplex pejlat in riktningarna kan positionen bestämmas genom att se var linjerna korsas. Metoden fungerar acceptabelt om man har långa integrationstider, dvs det måste vara samtal eller andra "långa" signaler. Felen kan dock bli mycket stora om mobiltelefonen finns utanför triangeln som antennerna uppspanner.

**Signalstyrkan** (SS) kan mätas från flera basstationer och utifrån den och modeller för hur signalens styrka avtar med avståndet kan avstånden till mobiltelefonen beräknas och triangulering genomföras. Den stora nackdelen med denna variant av positionering är att det finns så många saker förutom avståndet som dämpar signalerna, vilket gör signalstyrkemodellerna osäkra.

Noggrannhetsjämförelse		
Metod	Noggrannhet	Positioneringstid
COO	150 m	3 sek
Triangulering	10-125 m	5-10 sek
AOA	dålig	mer än 10 sek
SS	dålig	-

Tabell 2.1: En jämförelse av olika positioneringsmetoder med mobiltelefoner.