



**Göteborgs  
Stad**

**SoftPrio**  
**Övergripande systembeskrivning**  
Version: B



## Allmän dokumentinformation

Detta dokument är en del av den dokumentation finns tillgänglig för produkten SoftPrio. Dokumentationen för SoftPrio består av följande dokumenttyper:

### Systembeskrivning (SB)

Systembeskrivningen beskriver hur systemet fungerar som helhet och hur delsystemen interagerar med varandra. En systembeskrivning innehåller förkortningen SB i sitt filnamn.

### Referensmanual (RM)

Referensmanual är ett uppslagsverk som ger en detaljerad beskrivning av varje delkomponent. En referensmanual kräver höga förkunskaper av sin läsare. En referensmanual innehåller förkortningen RM i sitt filnamn.

### Användarhandledning (AH)

En användarhandledning är en kort och lättfattlig beskrivning av hur man går tillväga för att genomföra vissa givna moment vid handhavandet av SoftPrio. Användarhandledningen förut-sätter en god förståelse för delsystemen. En användarhandledning innehåller förkortningen AH i sitt filnamn.

### Terminologi

Den detaljerade systembeskrivningen (*SB\_SoftPrio\_Detalj.pdf*) innehåller även ett avsnitt med förklaringar till terminologi, begrepp och förkortningar.

### Versioner

PrelA1, PrelA2 PrelA3, etc. är preliminära versioner.

A, B, C, etc. är officiella versioner av dokumentet.



## Innehållsförteckning

<b>1. Inledning</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Om detta dokument</b> .....	<b>5</b>
2.1 Dokumentets omfattning.....	5
2.2 Övriga dokument inom SoftPrio.....	5
2.3 Avgränsningar.....	5
<b>3. Växlestyrningskonceptet – en överblick</b> .....	<b>7</b>
<b>4. SoftPrio systemarkitektur och dess delsystem</b> .....	<b>9</b>
4.1 Delsystem i SoftPrio.....	9
4.2 Gränssnitt till externa system.....	10
<b>5. RFID-taggar</b> .....	<b>11</b>
<b>6. Spårvagnssystemet</b> .....	<b>12</b>
<b>7. Anläggningssystemet</b> .....	<b>13</b>
<b>8. Kryptering</b> .....	<b>15</b>
<b>9. Centralsystemet</b> .....	<b>16</b>
9.1 Log Server .....	17
9.2 SoftPrio växelvisning.....	17
9.3 SoftPrio hexconverter.....	17
9.4 SoftPrio växelstatus.....	17
9.5 SoftPrio växelkonfig.....	17
9.6 Mysqldb1.....	17
9.7 Övriga webbapplikationer.....	17
<b>10. Referenser</b> .....	<b>18</b>
<b>11. Versionshistorik</b> .....	<b>19</b>

## 1. Inledning

Den första elektriskt drivna spårvagnen i Göteborg sattes i drift i början av 1900-talet. Växelhanteringen var då fortfarande manuell och det dröjde ända till slutet av 1950-talet innan den första växeln elektrifierades. Sedan dess har elektrifieringen av växlar fortsatt kontinuerligt och idag finns endast några enstaka manuella växlar kvar. Genom åren har den elektrifierade växelstyrningen utvecklats och på 1990-talet infördes ett detekteringssystem kallat DETIC. DETIC-systemet byggde på en i marken nergrävd kabelslinga som var kopplad till en elektronikenhet i ett apparaturum. Elektronikenheten identifierade spårvagnen och vidarebefordrade signalerna till växelstyrningsenheterna. Systemet var dock kostsamt vid installation och underhåll samtidigt som det var känsligt för mekaniska störningar (t.ex. en plogbil som river bort slingan). Tekniken var även begränsande när det kommer till utveckling av nya tjänster baserade på spårvagnsdetektering. Detektering av spårvagnens exakta position i spårvägssystemet är en kritisk parameter. Vetskapen om en spårvagns exakta position ligger till grund för många funktioner och applikationer som är möjliga för anläggningens drift och underhåll.

2010 fattades ett beslut hos Trafikkontoret vid Göteborgs Stad att utreda om en enklare, billigare och mer tillförlitlig teknik skulle kunna användas för spårvagnsdetektering. Trafikkontoret initierade i samband med detta ett projekt som resulterade i produkten SoftPrio. I stället för nedgrävda slingor i marken valdes för SoftPrio radiobaserad växelstyrning, bestående av RFID-teknik för att detektera spårvagnens läge och radiokommunikation mellan spårvagn och apparaturum. Utvecklingen av denna teknik har pågått sedan dess i egen regi och via upphandlade leverantörer. Det visar sig att investeringskostnader och driftskostnader är betydligt lägre för SoftPrio jämfört med tidigare teknikval.

Tekniken används idag i Göteborg inte bara för växelstyrning utan även för bland annat trafiksignalsyrning. Den modulära uppbyggnaden möjliggör många intressanta utvecklingsinitiativ i framtiden vilka alla baseras på behovet av en exakt positionering av spårvagnen.

Sedan våren 2019 är de produkter som utvecklats inom SoftPrio helt införda i Trafikkontorets växelanläggningar och införandet på spårvagnar är planerat att slutföras innan utgången av första kvartalet 2020. Då beräknas SoftPrio-systemet hantera ca 1.400 RFID-taggar, 270 spårvagnar och drygt 100 motväxlar. Drifterfarenheterna från den nya tekniken är goda. Systemet förväntas ha en teknisk livslängd på omkring 20 år även om återinvestering av viss utrustning kan förväntas under perioden.

Flera spårvägsstäder i Norden har uttryckt intresse för att bygga ett eget system baserat på SoftPrio, bland annat Norrköping, Stockholm och Oslo. Trafikkontoret har beslutat att tillhandahålla sina SoftPrio-mjukvaror och tillgängliggöra sin know-how till dessa spårvägsstäder enligt en licens. Ett licensavtal med Göteborgs Stad är en förutsättning för utomstående aktörer att få utnyttja tekniken inom SoftPrio.



## 2. Om detta dokument

Denna systembeskrivning av den Radiobaserade Växelstyrningen avser att ge en övergripande information kring uppbyggnaden av ett system som bygger på SoftPrio. Dokumentet ger även hänvisningar till andra dokument där delsystemen är beskrivna mer i detalj. Förhoppningen är att en läsare utan alltför djup teknisk kompetens skall kunna förstå hur systemet är uppbyggt och hur delsystemen interagerar sinsemellan. För att kunna tillgodogöra sig innehållet i dokumentet är det dock en fördel om läsaren har en allmän teknisk kunskapsnivå och en förståelse för de utmaningar som finns inom växelstyrning av spårvagnar.

I dokumentet refereras ibland till begreppet "Licenstagare". En licenstagare är en offentlig huvudman med ansvar för spårvägsanläggning som avser använda SoftPrio-tekniken mot erläggande av en licensavgift. För att få använda SoftPrio-tekniken krävs ett signerat licensavtal med Göteborgs Stad.

Syftet med detta dokument är att på ett övergripande sätt förklara hur den radiobaserade växelstyrningen (SoftPrio) fungerar i den systemimplementation som finns i Göteborg. Läsaren förväntas inte ha speciellt ingående tekniska kunskaper men en förståelse för de utmaningar som finns inom växelstyrning av spårvagnar.

### 2.1 Dokumentets omfattning

Dokumentet omfattar samtliga delsystem som ingår i Trafikkontorets implementation av Radiobaserad Växelstyrning - SoftPrio.

### 2.2 Övriga dokument inom SoftPrio

- Om du söker en mer ingående beskrivning av systemet skall du läsa den detaljerade systemdokumentationen: *SB\_SoftPrio\_Detalj.pdf*.
- Om du söker detaljerad information om en specifik komponent eller teknisk lösning skall du läsa referensmanualen: *RM\_SoftPrio.pdf*
- Om du söker information om hur du skall handha specifika komponenter skall du läsa användarhandledningen: *AH\_SoftPrio.pdf*.
- Om du behöver förklaringar på begrepp och definitioner skall du läsa kapitlet Terminologi i den detaljerade systemdokumentationen: *SB\_SoftPrio\_Detalj.pdf*.

### 2.3 Avgränsningar

Samtliga exempel relateras till Trafikkontorets systemimplementering och erfarenhet. En Licenstagare kan ha andra förutsättningar och behov som medför annan kravställning på och realisering av delsystemen.



SoftPrio är byggt efter ett modulärt koncept vilket stödjer alternativa realiseringar av delsystemen så länge gränssnitten mellan delsystemen behålls opåverkade.

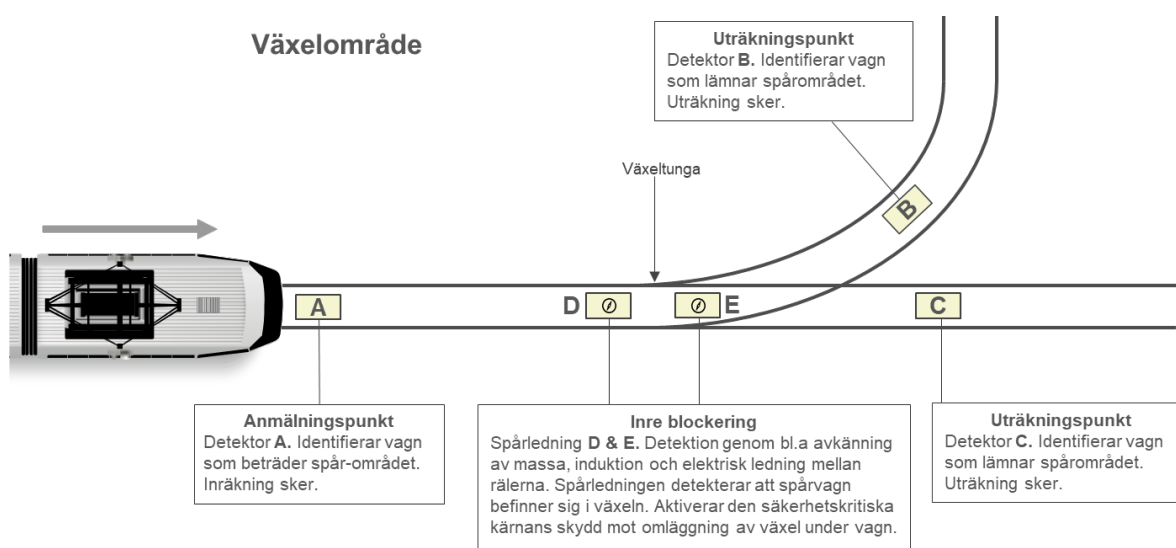
Dokumentet fokuserar på växelstyrning. RFID-tekniken kan enkelt byggas ut för att stödja andra applikationer i ett spårvägssystem, t.ex. värme av växlar, signalprioritering etc. Information om dessa system finns i andra dokument. . Se Trafikkontorets FTP-site för teknisk dokumentation av olika spårvägssystem (<ftp://softprio.trafikkontoret.goteborg.se>)

### 3. Växelstyrningskonceptet – en överblick

SoftPrio bygger på ett växelstyrningskoncept som infördes 2003 i Göteborgs spårvägssystem. Konceptet bygger på att teknisk detektering sker när en spårvagn beträder samt när den lämnar ett växelområde. Tidigare skedde detekteringen av passage med så kallade DETIC-slingor, en teknik som blivit omodern. Den nya tekniken är mer modulär och möjliggör användande av betydligt billigare standardmässiga elektronikkomponenter. Det övergripande växelstyrningskonceptet och den säkerhetskritiska kärnan är dock oförändrat. (Se beskrivning i den detaljerade systembeskrivningen: *SB\_SoftPrio\_Detalj.pdf*.)

I den radiobaserade växelstyrningen sker detekteringen av en spårvagn via RFID-taggar i marken som utgör en så kallad detektor och RFID-läsare i spårvagnen. En registrerad passage av en RFID-taggar kan initiera en aktivitet, till exempel att ändra en växels läge.

Nedanstående beskrivning av en växelpassage introducerar de centrala begreppen.



Figur 1. Spårvagnspassage genom ett växelområde

En spårvagnspassage genom växlingsområdet utförs i tre grundläggande steg, se Figur 1.

#### 1. Passage av anmälningspunkt

När spårvagnen passerar detektor A registreras vagnen i den aktuella växelns lokala anläggningssystem. Systemet tar härmed emot en begäran om växelomläggning. Om växelstyrningssystemet är redo att acceptera en sådan begäran läggs växeln om enligt begäran - vänster, höger eller rakt fram (vid dubbelväxel). Växelkontrollsignalens display bekräftar att växeln är i kontroll. Spårvagnen får då passera växeln.



**2. Passage av växel – inre blockering**

När spårvagnen belägger spårledningarna D eller E blockeras växelstyrningen genom felsäker relälogik (inre blockering). Det innebär att ingen del av växelstyrningssystemet nu kan påverka växelns läge. Föraren kan dock fortfarande manuellt ändra växelns läge genom s.k. spettning.

**3. Lämnar växelområdet**

När spårvagnen passerar detektor B eller C lämnar spårvagnen växelområdet och räknas ut. Uträkning medför att systemet är redo för nästa vagn som vill lägga om växelns.

*Kommentar: Om växeln ligger rätt behöver man inte vänta på signalerna utan kan köra direkt. Detta gäller även följetågskörning.*



## 4. SoftPrio systemarkitektur och dess delsystem

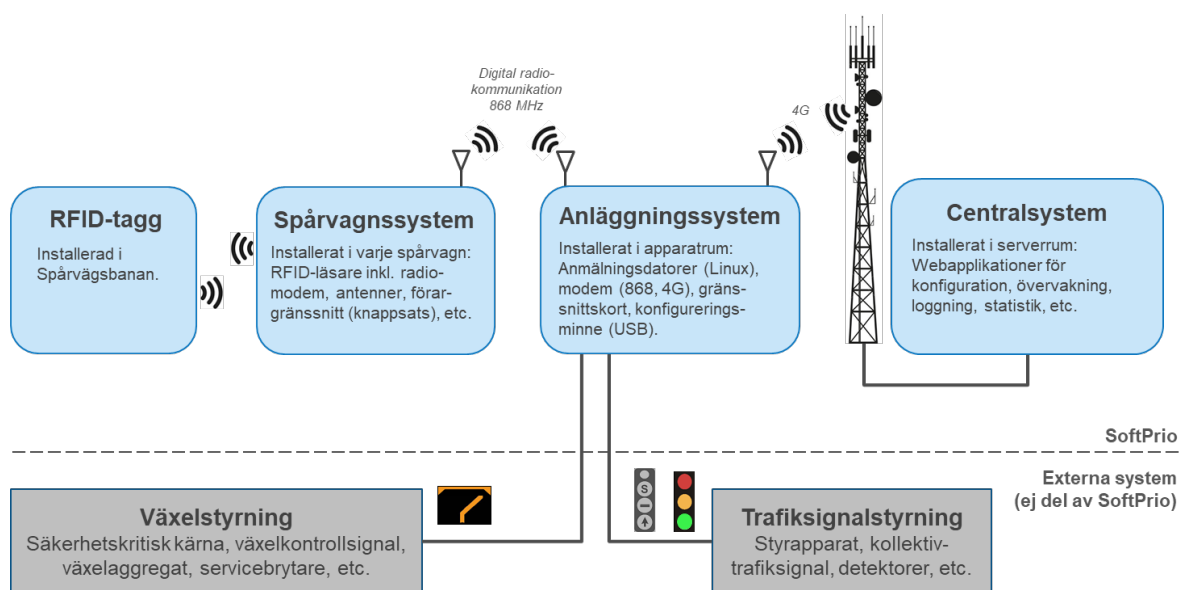
### 4.1 Delsystem i SoftPrio

SoftPrio består av fyra delsystem:

- RFID-taggar
- Spårvagnssystem
- Anläggningssystem
- Centralsystem.

Delsystemen är realiserade med kommersiell hårdvara och egenutvecklad eller till Trafikkontoret kundanpassad mjukvara.

*Kommentar: De produkter som tillhandahålls enligt ett Licensavtal är avsedd att användas för realisering av ett system enligt nedanstående systemarkitektur:*



Figur 2. Arkitektur för Radiobaserad Växelstyrning. Delsystemsuppdelning samt gränssnitt mot externa system



## 4.2 Gränssnitt till externa system

Systemet använder gränssnitt till följande externa system:

a) **Trafiksignalstyrning**

Trafiksignalstyrningen ansvarar för styrning av faserna röd-gul-grönt etc., dvs signalreglering av konflikter i trafiksystemet (t.ex. fotgängare, cyklister, bilförare etc.). Trafiksignalstyrningen tar emot prioritetsbegäran från Anläggningssystemet när en spårvagn begär framkomlighet genom en signalreglerad korsning eller liknande. Detta system är inte en del av SoftPrio.

b) **Växelstyrning**

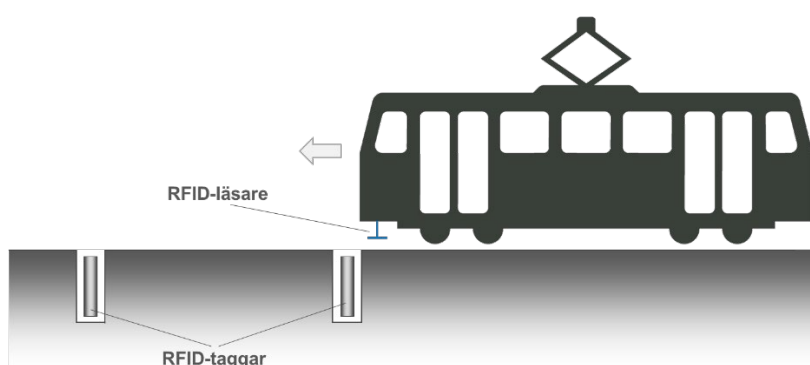
Växelstyrningen ansvarar för säkerhetsintegriteten hos växelomläggningsfunktionen och växelkontrollsignalen samt för att utföra begäran om växelomläggning (från vänster till höger och vice versa) på ett säkert sätt. Växelstyrningen tillåter endast en omläggning när säkerhetskritiska blockeringskretsar kan validera att det inte finns någon spårvagn inom växelområdet. Detta system påverkar och påverkas av SoftPrio, men ligger utanför SoftPrios domän.

*Kommentar: Genom systemets modulära uppbyggnad är det möjligt att realisera varje delsystem på olika sätt så länge gränssnitten mellan delsystemen uppfylls.*

## 5. RFID-taggar

Det radiobaserade växelstyrningssystemet är utrustat med passiva RFID-taggar som placerats i marken mellan rälerorna i spårvagnsspåret. En passiv RFID-tag har vare sig batterier eller annan strömtillförsel. Varje RFID-tag är programmerad med en unik information. Beroende på taggens programmering kommer anläggningssystemet utföra rätt typ av aktivitet, t.ex. begära ändring av en växels läge.

Informationen i RFID-taggen överförs till spårvagnssystemet när en spårvagn med RFID-läsare passerar över RFID-taggen.



Figur 3. RFID-taggar i mark och passerande spårvagn med RFID-läsare

De utplacerade RFID-taggarerna har två grundläggande funktioner i Systemet:

- De ger en noggrann positionering av passerande spårvagnar
- RFID-taggen innehåller en definierad kod – tagg-ID - som innehåller information om taggens funktion i systemet, dvs vilken aktivitet som ska utföras vid passage av taggen.

*Kommentar: Varje RFID-tag måste ha korrekt information och korrekt placering för att systemet skall fungera.*

## 6. Spårvagnssystemet

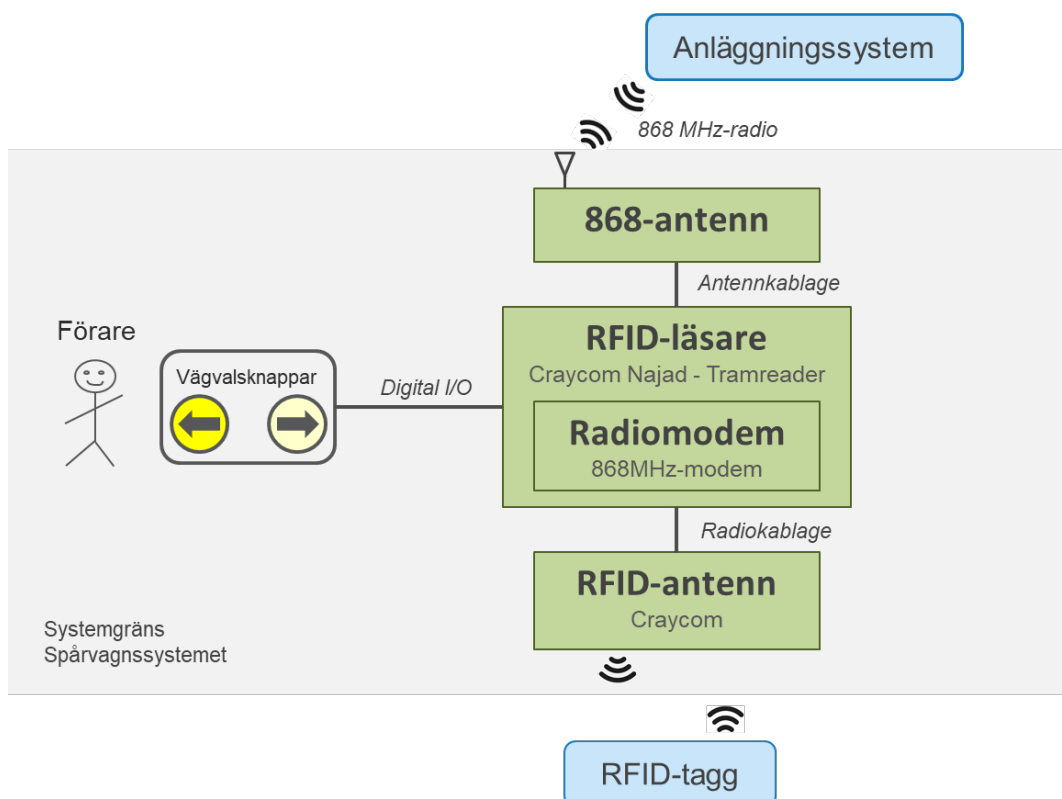
Spårvagnssystemet har gränssnitt mot föraren i form av

- fysiska vägvalsknappar (höger, vänster)
- Anläggningssystemet (som finns placerat i apparatrum) när sådant är inom räckvidd via 868 MHz-radioantenn
- RFID-antenn mot RFID-taggar när sådana är inom räckvidd.

Spårvagnssystemets uppgift är att:

- detektera en RFID-tagga vid passage av en sådan och vidarebefordra tagginformationen tillsammans med vagnsdata till anläggningssystemet via radio.
- detektera knapptryckningar från förarens vägvalsknappar. (Höger, vänster eller rakt fram). Vägval överförs till apparatrum via radio.

Trafikkontorets implementation av Spårvagnssystemet enligt figur nedan.



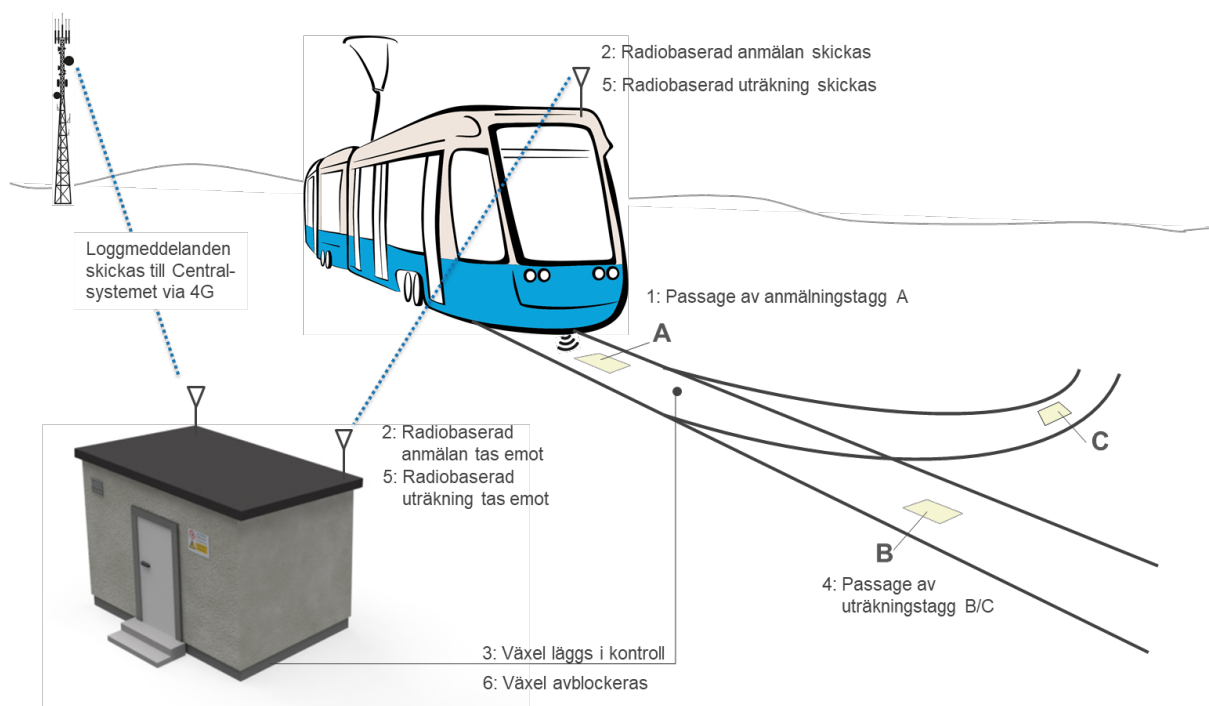
Figur 4. Översikt över Trafikkontorets realisering av Spårvagnssystemet.



## 7. Anläggningssystemet

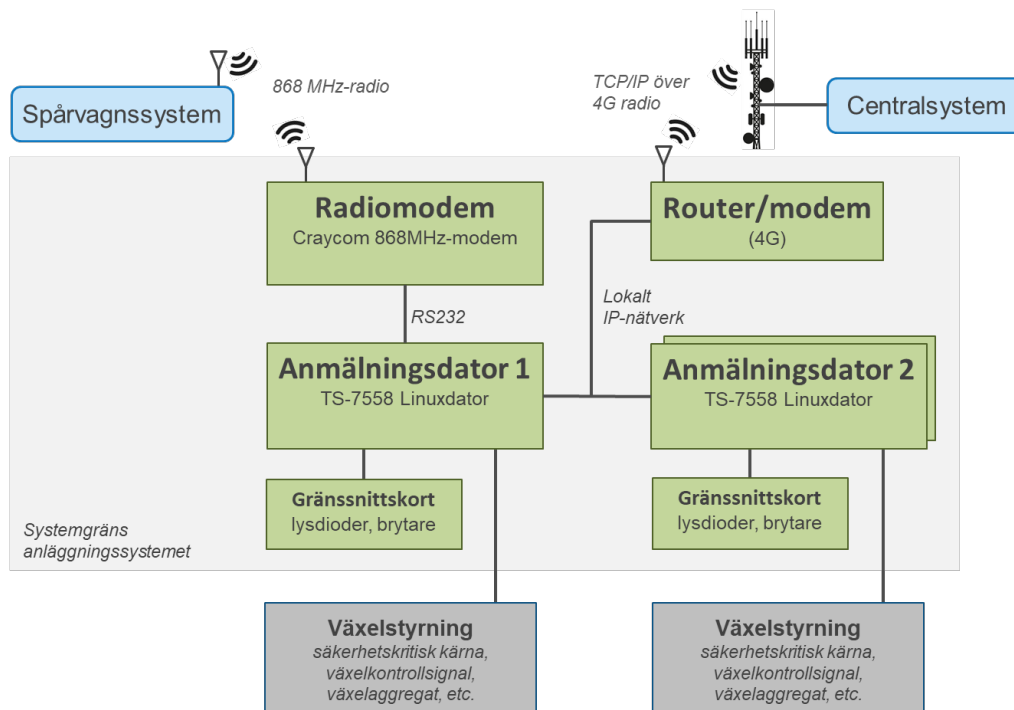
Anläggningssystemet utgörs av den hårdvara och de mjukvaror som installeras i ett apparatrum. Det finns flera typer av anläggningssystem. SoftPrio är ett exempel på ett anläggningssystem och detta dokument beskriver enbart SoftPrio. Andra exempel på andra anläggningssystem är Växelvärme (som styr uppvärmning av växlar) och SignalPrio (som styr prioriteringar i trafiksignaler). Apparaturerna hittas vanligtvis i spårväxels närhet. Ett apparatrum kan vara en fristående fysisk byggnad, ett hyrt utrymme eller ett skåp. Anläggningssystemets huvudfunktioner är att:

- **Hantera begäran om växelomläggning:** Ta emot begäran om växelomläggning (2 i Figur 5 nedan) från spårvagn vid passage av anmälingstagg, och initiera växelomläggning.
- **Lägga om växel:** När så är aktuellt, skicka en begäran till växelstyrningen (externt system) om att ändra växelns läge (3).
- **Hantera uträkning när vagn lämnar växelområdet:** Avblockera växelstyrningen för nästkommande vagns anmälan (4,5 & 6).
- **Logga Anläggningssystemets alla händelser:** Loggning sparas centralt i Centralsystemet och möjliggör att återskapa händelseförlopp (för övervakning och t. ex. efteranalys av trafikolyckor), skapa statistik etc. Loggningen är mycket detaljerad och med en tidsupplösning om ett fåtal millisekunder. Varje förändring i in- eller utsignal till växelstyrdatoren loggas.



Figur 5. Förenklad skiss över händelserna inräkning och uträkning vid passage genom växelområdet.

Trafikkontoret har implementerat anläggningssystemet för SoftPrio enligt *Figur 6*.



*Figur 6. Översikt över Trafikkontorets realisering av anläggningssystemet för SoftPrio.*

Anläggningssystemet har följande externa gränssnitt (se *Figur 6*):

- Gränssnitt till Spårvagnssystemet (868 MHz-radio).** Ett krypterat protokoll för att ta emot meddelanden från passerande Spårvagnar, typiskt innehållande anmälan till växel.
- Gränssnitt till Växelstyrning (24V I/O-signaler).** Styrsignaler som via växelstyrningen påverkar växelaggregat och växelkontrollsignal samt tillhörande insignaler för att övervaka tillstånd för komponenter.
- Gränssnitt till Centralsystemet (TCP/IP-nätverk och 4G).** Alla händelser som utförs i Anläggningssystemet loggas och överförs till en loggserver i Centralsystemet. Trafikkontoret har implementerat detta gränssnitt via 4G-radio.



## 8. Kryptering

Kommunikationen mellan spårvagn och apparatrum är vanligtvis krypterad. För att ett krypterat system skall fungera krävs att en och samma kryptonyckel är implementerad i samtliga anläggningssystem och i samtliga spårvagnssystem. Kryptonycklarna överförs till anläggningsdator och RFID-läsare vid konfigurationsmomentet.

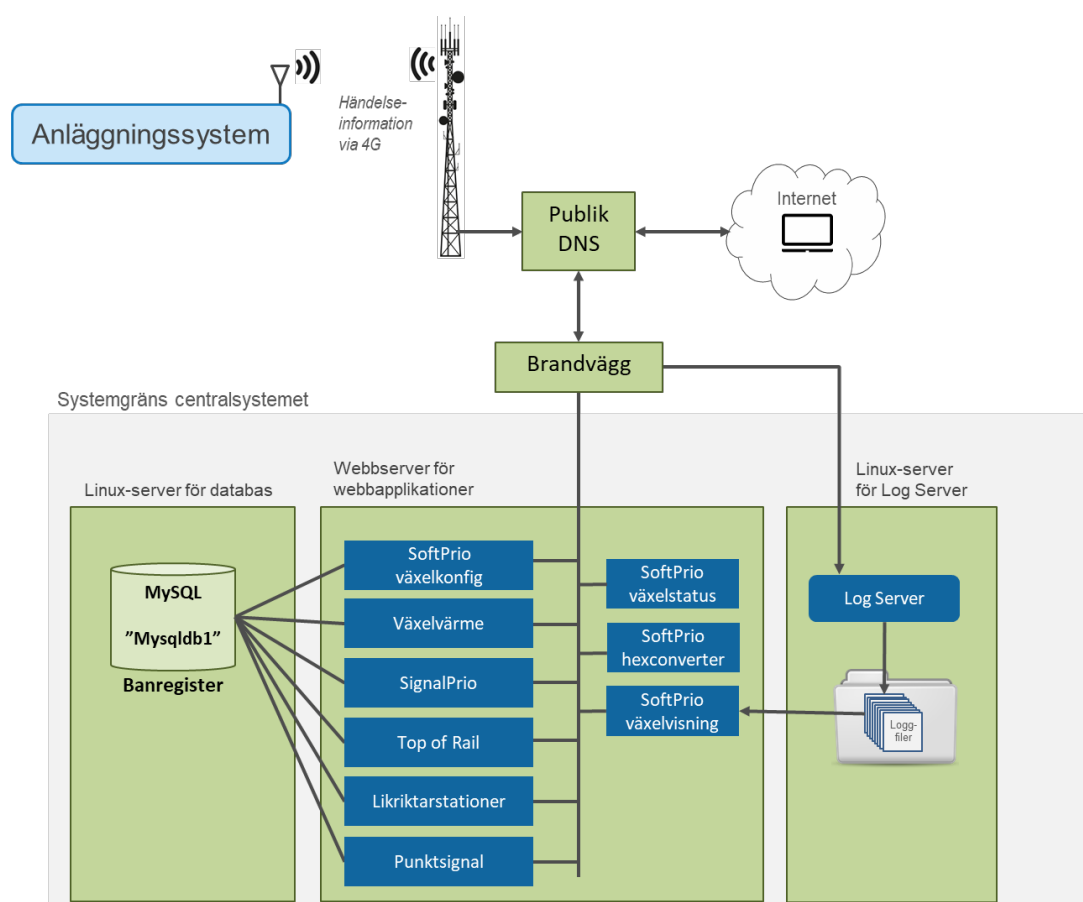
Kryptonyckeln ska väljas unikt med hjälp av slumpgenerator av licenstagaren som har ansvaret att hemlighålla sin kryptonyckel. Härigenom säkerställs att enheter från en stad inte kan användas i en annan stad utan att enheterna omkonfigureras.

## 9. Centralsystemet

Centralsystemet består av centralt placerade servrar. Dessa är implementerade med ett antal verksamhetsrelaterade applikationer för drift- och underhåll av växelstyrningssystemet, såsom konfiguration, övervakning, loggning och statistik. Ett centralsystem är inget tekniskt krav för en fungerande realisering av den radiobaserade växelstyrningen men ger en överblick över systemets funktion och är starkt rekommenderat för en effektiv förvaltning av systemet.

Trafikkontoret har valt att skapa webbapplikationer för sin systemförvaltning. Dessa webbapplikationer är anpassade för olika roller i förvaltningen och kommer att förändras och utvecklas för att anpassas till förändringar i Trafikkontorets arbetssätt eller IT-miljö utan krav på bakåtkompatibilitet. De applikationer som Trafikkontoret utvecklat för sin systemförvaltning tillhandahålls därför utanför licens och är avsedda främst som proof-of-concept, dvs innan Licenstagaren genomfört sin egen realisering av Centralsystemet.

Arkitekturen för Trafikkontorets realisering av Centralsystemet sammanfattas i nedanstående figur:



Figur 7. Översikt över Trafikkontorets realisering av SoftPrio Centralsystem.





## 9.1 Log Server

Loggmeddelanden skickas via 4G-nätet från apparatrummen till centralsystemet.

*Log Server* tar emot meddelandena och sparar dessa i en loggfil. Varje trafikdygns händelser sparas i en separat loggfil. Genom att använda informationen i loggfilerna (dagens aktiva fil och/eller lagrade filer) kan tjänster och webbapplikationer skapas för övervakning, felutpekning, historik, statistik, etc.

## 9.2 SoftPrio växelvisning

*SoftPrio växelvisning* är en lösenordskyddad webbapplikation (webbsida) som är tillgänglig från internet (utanför Trafikkontorets brandväggar). Den visar aktuella och historiska händelser i växelsystemet. Applikationen hämtar data från de av *Log Server* sparade loggfilerna.

## 9.3 SoftPrio hexconverter

*SoftPrio hexconverter* är en lösenordskyddad webbapplikation (webbsida) som är tillgänglig från internet (utanför Trafikkontorets brandväggar). Applikationen omvandlar decimala värden till hexadecimala och vice versa. Den är anpassad för att hantera RFID-taggnas tagg-ID.

## 9.4 SoftPrio växelstatus

*SoftPrio växelstatus* är en lösenordskyddad webbapplikation (webbsida) som är tillgänglig från internet (utanför Trafikkontorets brandväggar). Applikationen kan koppla upp sig mot och visa status för en given växel (växelstyr dator).

## 9.5 SoftPrio växelkonfig

*SoftPrio växelkonfig* är en webbapplikation (webbsida) som endast är tillgänglig innanför Trafikkontorets brandväggar via en Citrix-session. Den används för att konfigurera och registerhålla de olika komponenterna som ingår i SoftPrios växelsystem. Den är sammankopplad med databasen *Mysqldb1* (banregistret).

En read-onlyversion av *SoftPrio växelkonfig* finns tillgänglig via webbapplikationen *SoftPrio växelvisning*.

## 9.6 Mysqldb1

*Mysqldb1* är en MySQL-databas som många av växelsystemets alla parametrar.

## 9.7 Övriga webbapplikationer

I Figur 7 finns också exempel på andra anläggningssystem: *Växelvärme*, *SignalPrio*, *Top of Rail*, *Likrikarstationer* och *Punktsignal* är webbapplikationer som också är kopplade mot databasen *Mysqldb1*. De är del av andra spårvägssystem i Trafikkontorets regi och är endast tillgängliga innanför Trafikkontorets brandväggar via Citrix-sessioner.



## 10. Referenser

Dokumenttitel	Filnamn/URL	Information om dokumentet
SoftPrio Systembeskrivning	<i>SB_SoftPrio_Detalj.pdf</i>	Detaljerad systembeskrivning av SoftPrio-systemet och dess delsystem.
SoftPrio Referensmanual	<i>RM_SoftPrio.pdf</i>	Referensmanual som i detalj beskriver enskilda komponenter i SoftPrio-systemet
SoftPrio Användarhandledning	<i>AH_SoftPrio.pdf</i>	Instruktioner om hur specifika moment såsom konfigurering och installation skall ske angående komponenter i SoftPrio-systemet.
Trafikkontorets FTP-site	<i>ftp://softprio.trafikkontoret.goteborg.se</i>	Trafikkontorets FTP-site för teknisk dokumentation av olika spårvägssystem
SÄO	<i>http://www.sao.tkgbg.se/</i>	Trafikkontorets säkerhetsordning
Placering av RFID-taggar	<i>21238_Placering-RFID-taggar.pdf</i>	Ritning över taggars placering i detektorer
Signalsystem i banan	<i>21356_Signalsystem i banan.pdf</i>	Översiktlig karta över Göteborgs spårvägssystem. Hållplatser, apparatrum etc.



## 11. Versionshistorik

Version	Författare	Granskad & godkänd	Datum	Kommentar
A	Jonas Kolvik	Lennart Englund Kristian Johansson	2019-11-29	Första officiella versionen
B	Jonas Kolvik	Lennart Englund	2020-03-04	Mindre uppdateringar