PEA5016
Automação de sistemas elétricos: especificação, projeto e implantação

GOOSE, SV, Sincronismo de tempo

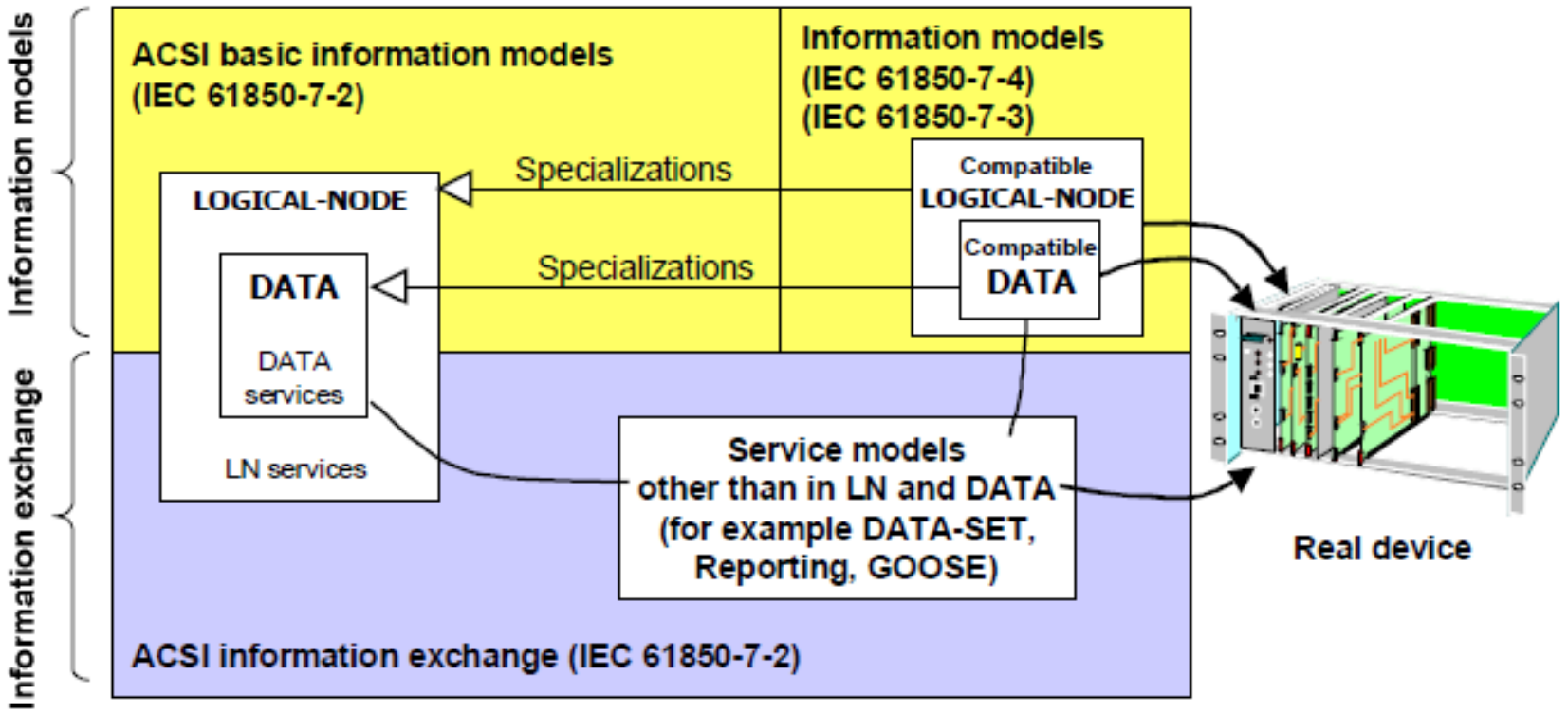
IEC 61850-7-2, IEC 61850-8-1, IEC 61850-9-2

- 7-2: Basic communication structure for substation and feeder equipment – Abstract communication service interface (ACSI)
  - Descrição das comunicações entre cliente e servidor
    - Acesso a dados de tempo real
    - Comandos
    - Registro e log de eventos
    - Mecanismo de publisher/subscriber
    - Transferência de arquivos
    - Auto-descrição dos IEDs, verificação dos dados disponíveis
  - Descrição das comunicações entre aplicações de IEDs (GSE), usando o mecanismo de publisher/subscriber
  - Descrição das comunicações para transmissão de sampled values (SV), usando o mecanismo de publisher/subscriber

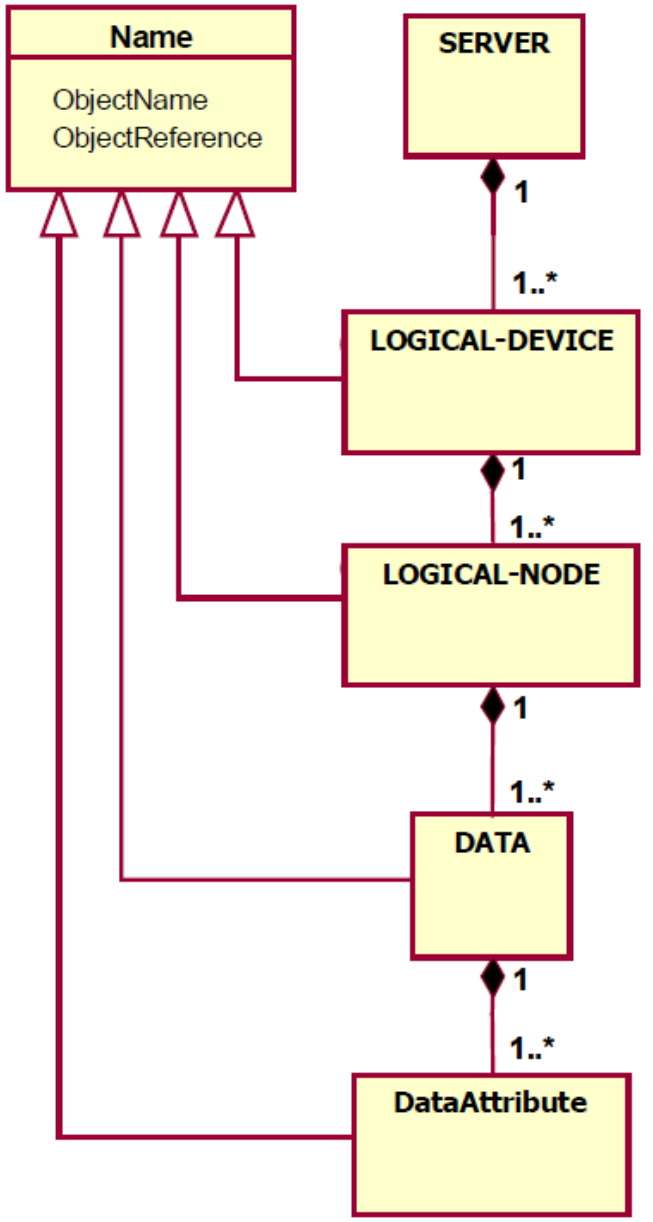
IEC 61850-7-2, IEC 61850-8-1, IEC 61850-9-2

- 8-1: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Mappings to MMS (ISO 9506-1 and ISO 9506-2) and to ISO/IEC 8802-3
  - Cliente/servidor: MMS
  - GOOSE: frames Ethernet, camada de enlance de dados
- Part 9-2: Specific Communication Service Mapping (SCSM) – Sampled values over ISO/IEC 8802-3
  - SV: frames Ethernet, camada de enlance de dados

Modelos de informação, modelos de serviços de comunicação (troca de informação)



Modelo de informação IEC 61850-7 em termos de diagrama de classes



IEC 61850-7-2, 7-3,7-4 Classes ACSI e seus serviços

SERVER model (Clause 6)
GetServerDirectory

ASSOCIATION model (Clause 7)
Associate
Abort
Release

LOGICAL-DEVICE model (Clause 8)
GetLogicalDeviceDirectory

LOGICAL-NODE model (Clause 9)
GetLogicalNodeDirectory
GetAllDataValues

DATA model (Clause 10)
GetDataValues
SetDataValues
GetDataDirectory
GetDataDefinition

DATA-SET model (Clause 11)
GetDataSetValues
SetDataSetValues
CreateDataSet
DeleteDataSet
GetDataSetDirectory

Substitution model (Clause 12)
SetDataValues
GetDataValues

SETTING-GROUP-CONTROL-BLOCK model (Clause 13)
SelectActiveSG
SelectEditSG
SetSGValues
ConfirmEditSGValues
GetSGValues
GetSGCBValues

REPORT-CONTROL-BLOCK and LOG-CONTROL-BLOCK model (Clause 14)
BUFFERED-REPORT-CONTROL-BLOCK
Report
GetBRCBValues
SetBRCBValues
UNBUFFERED-REPORT-CONTROL-BLOCK:
Report
GetURCBValues
SetURCBValues

LOG-CONTROL-BLOCK model:
GetLCBValues
SetLCBValues
QueryLogByTime
QueryLogAfter
GetLogStatusValues

Generic substation event model – GSE (Clause 15)
GOOSE
SendGOOSEMessage
GetGoReference
GetGOOSEElementNumber
GetGoCBValues
SetGoCBValues
GSSE
SendGSSEMessage
GetGsReference
GetGSSEDataOffset
GetGsCBValues
SetGsCBValues

Transmission of sampled values model (Clause 16)
MULTICAST-SAMPLE-VALUE-CONTROL-BLOCK:
SendMSVMessage
GetMSVCBValues
SetMSVCBValues
UNICAST-SAMPLE-VALUE-CONTROL-BLOCK:
SendUSVMessage
GetUSVCBValues
SetUSVCBValues

Control model (Clause 17)
Select
SelectWithValue
Cancel
Operate
CommandTermination
TimeActivatedOperate

Time and time synchronization (Clause 18)
TimeSynchronization

FILE transfer model (Clause 20)
GetFile
SetFile
DeleteFile
GetFileAttributeValues

IEC 61850-7-2, 7-3,7-4 (modelos de dados)

- A partir de tipos básicos de dados (BasicTypes, ex. BOOLEAN, INT8, FLOAT32, UNICODE STRING) são construídos os “common data atribute type”, que podem ser:
  - PrimitiveComponents (ex.: f ou i, que representam o tipo Analogue Value)

AnalogueValue Type Definition			
Attribute Name	**Attribute Type**	**Value/Value Range**	**M/O/C**
i	INT32	integer value	GC_1
f	FLOAT32	floating point value	GC_1

  - CompositeComponents (ex.: Quality)

Quality Type Definition			
Attribute Name	**Attribute Type**	**Value/Value Range**	**M/O/C**
	PACKED LIST		
validity	CODED ENUM	good | invalid | reserved | questionable	M
detailQual	PACKED LIST		M
overflow	BOOLEAN		M
outOfRange	BOOLEAN		M
badReference	BOOLEAN		M
oscillatory	BOOLEAN		M
failure	BOOLEAN		M
oldData	BOOLEAN		M
inconsistent	BOOLEAN		M
inaccurate	BOOLEAN		M
source	CODED ENUM	process | substituted DEFAULT process	M
test	BOOLEAN	DEFAULT FALSE	M
operatorBlocked	BOOLEAN	DEFAULT FALSE	M

IEC 61850-7-2, 7-3,7-4 (modelos de dados)

- CDC=Common Data Classes, compostos de “common data atribute type”:
  - Ex.: CDC para a classe SPS (Single point status)

SPS class					
Attribute Name	**Attribute Type**	**FC**	**TrgOp**	**Value/Value Range**	**M/O/C**
DataName	Inherited from Data Class (see IEC 61850-7-2)				
DataAttribute					
status					
stVal	BOOLEAN	ST	dchg	TRUE | FALSE	M
q	Quality	ST	qchg		M
t	TimeStamp	ST			M
substitution					
subEna	BOOLEAN	SV			PICS_SUBST
subVal	BOOLEAN	SV		TRUE | FALSE	PICS_SUBST
subQ	Quality	SV			PICS_SUBST
subID	VISIBLE STRING64	SV			PICS_SUBST
configuration, description and extension					
d	VISIBLE STRING255	DC		Text	O
dU	UNICODE STRING255	DC			O
cdcNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
cdcName	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
dataNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLN_M
Services					
As defined in Table 13					

- Parte 7-2 também define as FC (functional constraints) que restringem, entre outras, as operações de leitura e escrita. Ex.: ST (status) não pode ser escrito.

IEC 61850-7-2, 8-1,9-2 Classes ACSI e seus serviços

SERVER model (Clause 6)
GetServerDirectory

ASSOCIATION model (Clause 7)
Associate
Abort
Release

LOGICAL-DEVICE model (Clause 8)
GetLogicalDeviceDirectory

LOGICAL-NODE model (Clause 9)
GetLogicalNodeDirectory
GetAllDataValues

DATA model (Clause 10)
GetDataValues
SetDataValues
GetDataDirectory
GetDataDefinition

DATA-SET model (Clause 11)
GetDataSetValues
SetDataSetValues
CreateDataSet
DeleteDataSet
GetDataSetDirectory

Substitution model (Clause 12)
SetDataValues
GetDataValues

SETTING-GROUP-CONTROL-BLOCK model (Clause 13)
SelectActiveSG
SelectEditSG
SetSGValues
ConfirmEditSGValues
GetSGValues
GetSGCBValues

REPORT-CONTROL-BLOCK and LOG-CONTROL-BLOCK model (Clause 14)
BUFFERED-REPORT-CONTROL-BLOCK
Report
GetBRCBValues
SetBRCBValues
UNBUFFERED-REPORT-CONTROL-BLOCK:
Report
GetURCBValues
SetURCBValues

LOG-CONTROL-BLOCK model:
GetLCBValues
SetLCBValues
QueryLogByTime
QueryLogAfter
GetLogStatusValues

Generic substation event model – GSE (Clause 15)
GOOSE
SendGOOSEMessage
GetGoReference
GetGOOSEElementNumber
GetGoCBValues
SetGoCBValues
GSSE
SendGSSEMessage
GetGsReference
GetGSSEDataOffset
GetGsCBValues
SetGsCBValues

Transmission of sampled values model (Clause 16)
MULTICAST-SAMPLE-VALUE-CONTROL-BLOCK:
SendMSVMessage
GetMSVCBValues
SetMSVCBValues
UNICAST-SAMPLE-VALUE-CONTROL-BLOCK:
SendUSVMessage
GetUSVCBValues
SetUSVCBValues

Control model (Clause 17)
Select
SelectWithValue
Cancel
Operate
CommandTermination
TimeActivatedOperate

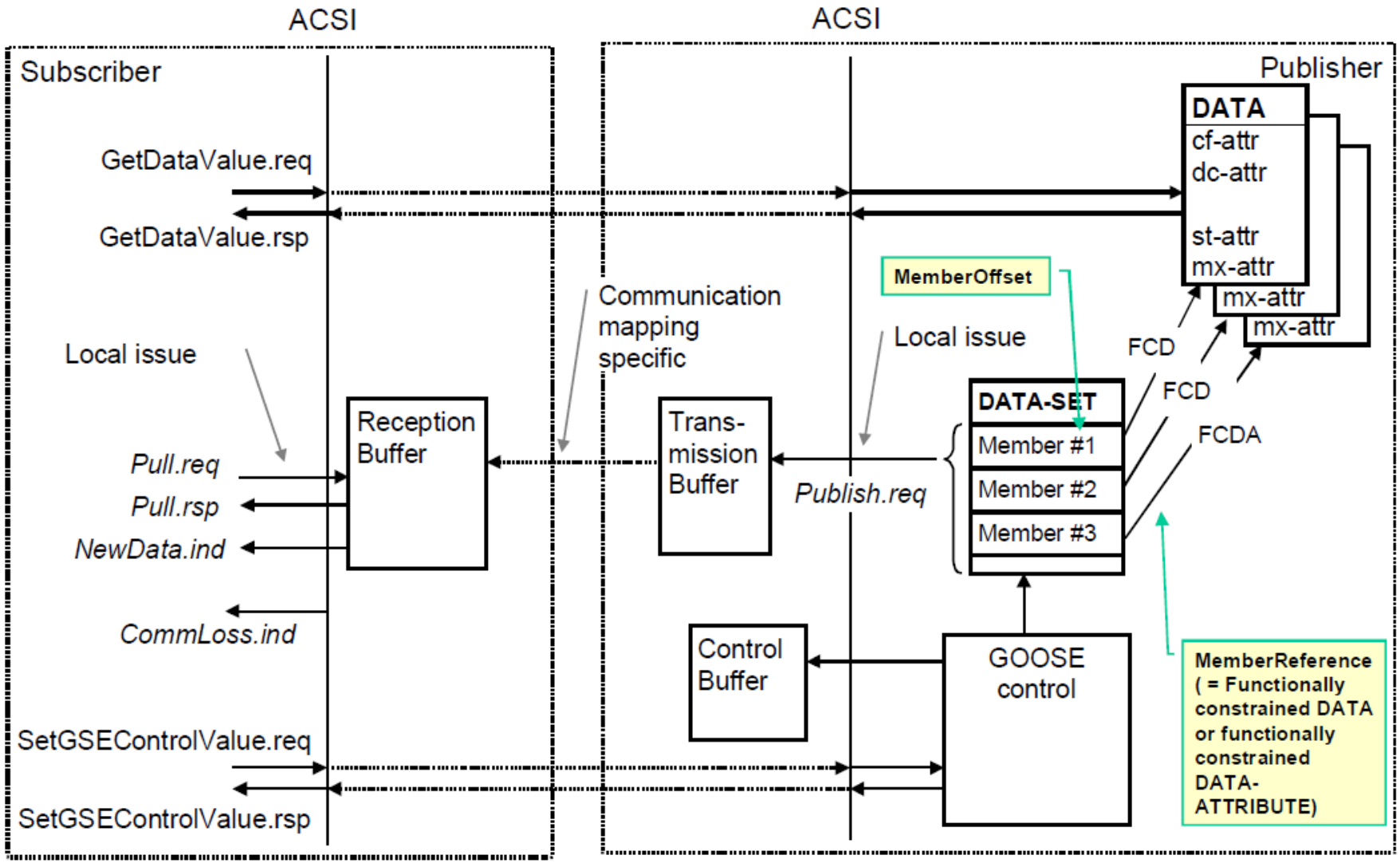
Time and time synchronization (Clause 18)
TimeSynchronization

FILE transfer model (Clause 20)
GetFile
SetFile
DeleteFile
GetFileAttributeValues

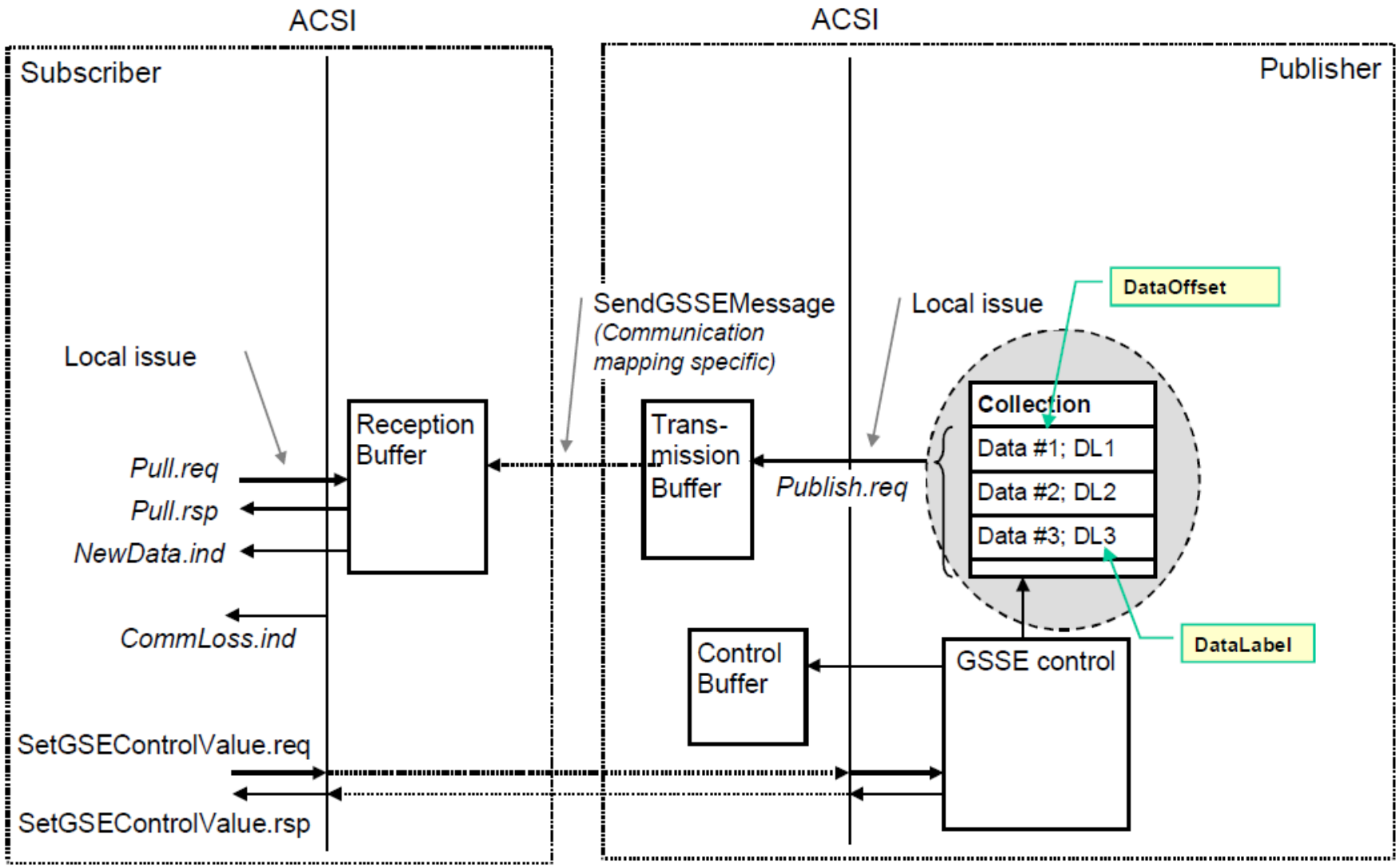
GSE: Generic Substation Event class model

- Distribuição rápida e confiável de dados
- Envio da mesma informação de forma simultânea para vários IEDs; multicast/broadcast
  - GOOSE: Generic Object Oriented Substation Event: troca de dados de diversos tipos organizados em DataSets
    - Informação de que um determinado status se alterou e a informação do instante em que isso ocorreu
  - GSSE: informações binárias (mais simplificado, menos utilizado); utilizado no padrão UCA, v2.
- Para os dois modelos, as mensagens são enviadas continuamente, mesmo que não haja alterações recentes, para que IEDs que foram recém-iniciados possam se atualizar.

Modelo do GoCB (GOOSE Control Block)



Modelo do GsCB (GSSE Control Block)

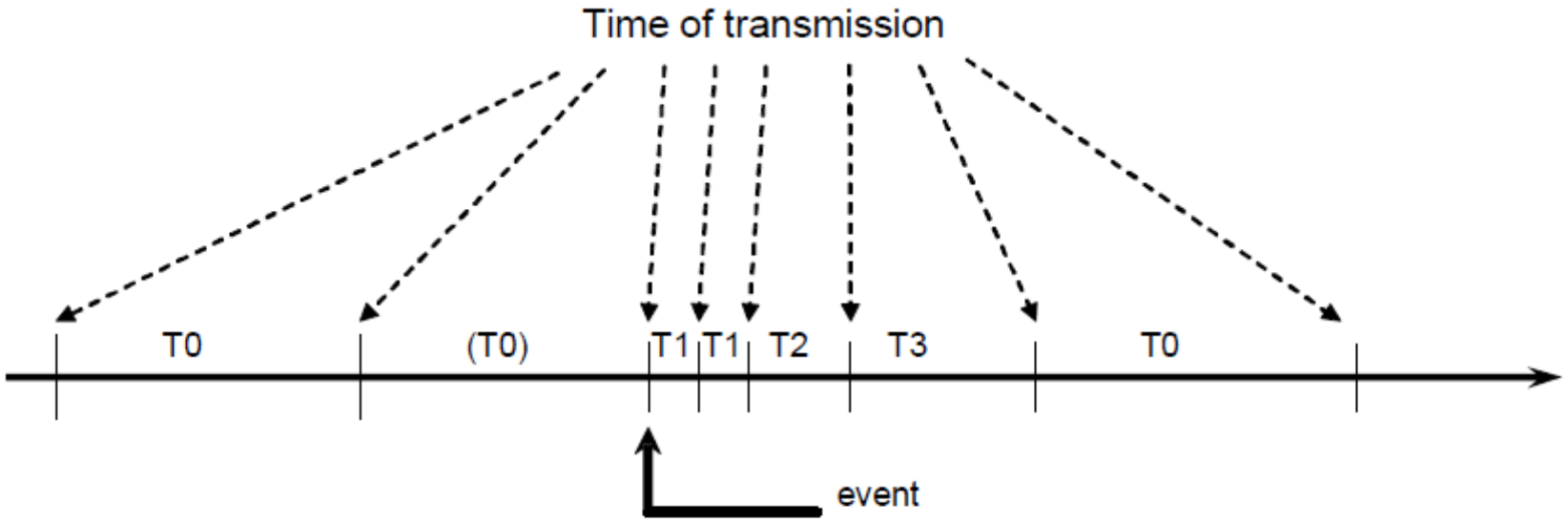


Mensagem GOOSE definida na 7-2

(Não solicitada e sem solicitação de confirmação)

GOOSE message		
Parameter name	**Parameter type**	**Value/value range/explanation**
DatSet	ObjectReference	Value from the instance of GoCB
AppID	VISIBLE STRING65	Value from the instance of GoCB
GoCBRef	ObjectReference	Value from the instance of GoCB
T	EntryTime	
StNum	INT32U	
SqNum	INT32U	
Test	BOOLEAN	(TRUE) test | (FALSE) no-test
ConfRev	INT32U	Value from the instance of GoCB
NdsCom	BOOLEAN	Value from the instance of GoCB
GOOSEData [1..n]		
Value	(*)	(*) type depends on the common data classes defined in IEC 61850-7-3. The parameter shall be derived from GOOSE control

Tempos de envio de mensagens GOOSE (8-1)



T0	retransmission in stable conditions (no event for a long time).
(T0)	retransmission in stable conditions may be shortened by an event.
T1	shortest retransmission time after the event.
T2, T3	retransmission times until achieving the stable conditions time.

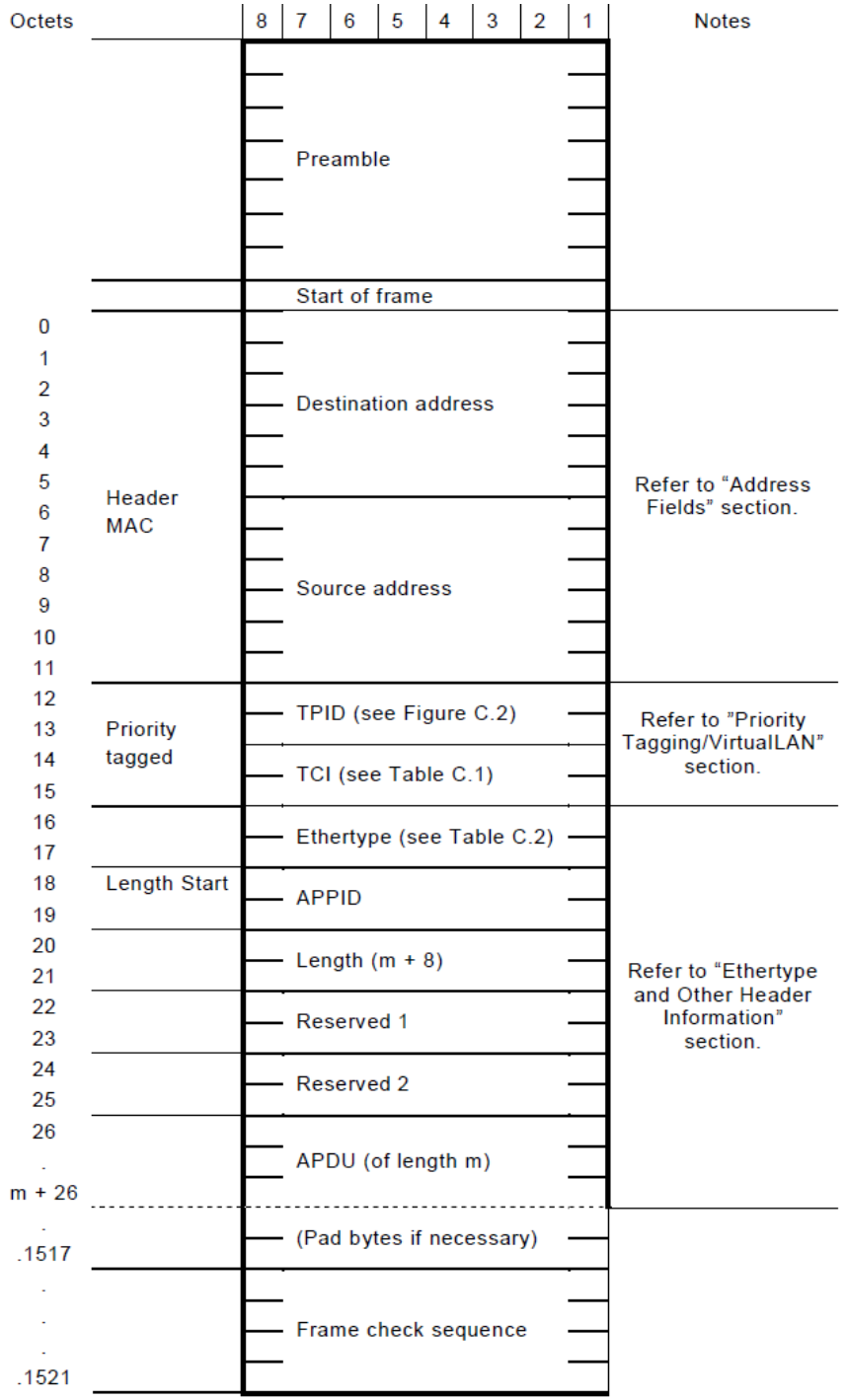
Descrição das informações da mensagem GOOSE em ASN.1 (Abstract Syntax Notation One)

```
IECGoosePdu ::= SEQUENCE {
        gocbRef                 [0]     IMPLICIT VISIBLE-STRING,
        timeAllowedtoLive       [1]     IMPLICIT INTEGER,
        datSet                  [2]     IMPLICIT VISIBLE-STRING,
        goID                    [3]     IMPLICIT VISIBLE-STRING OPTIONAL,
        t                       [4]     IMPLICIT UtcTime,
        stNum                   [5]     IMPLICIT INTEGER,
        sqNum                   [6]     IMPLICIT INTEGER,
        test                    [7]     IMPLICIT BOOLEAN DEFAULT FALSE,
        confRev                 [8]     IMPLICIT INTEGER,
        ndsCom                  [9]     IMPLICIT BOOLEAN DEFAULT FALSE,
        numDatSetEntries        [10]    IMPLICIT INTEGER,
        allData                 [11]    IMPLICIT SEQUENCE OF Data,
        security                [12]    ANY OPTIONAL,
                                        -- reserved for digital signature

        }
```

Frame Ethernet

Ethertype GOOSE: 88-B8
Ethertype SV: 88-BA
APDU: Application Protocol Data Unit

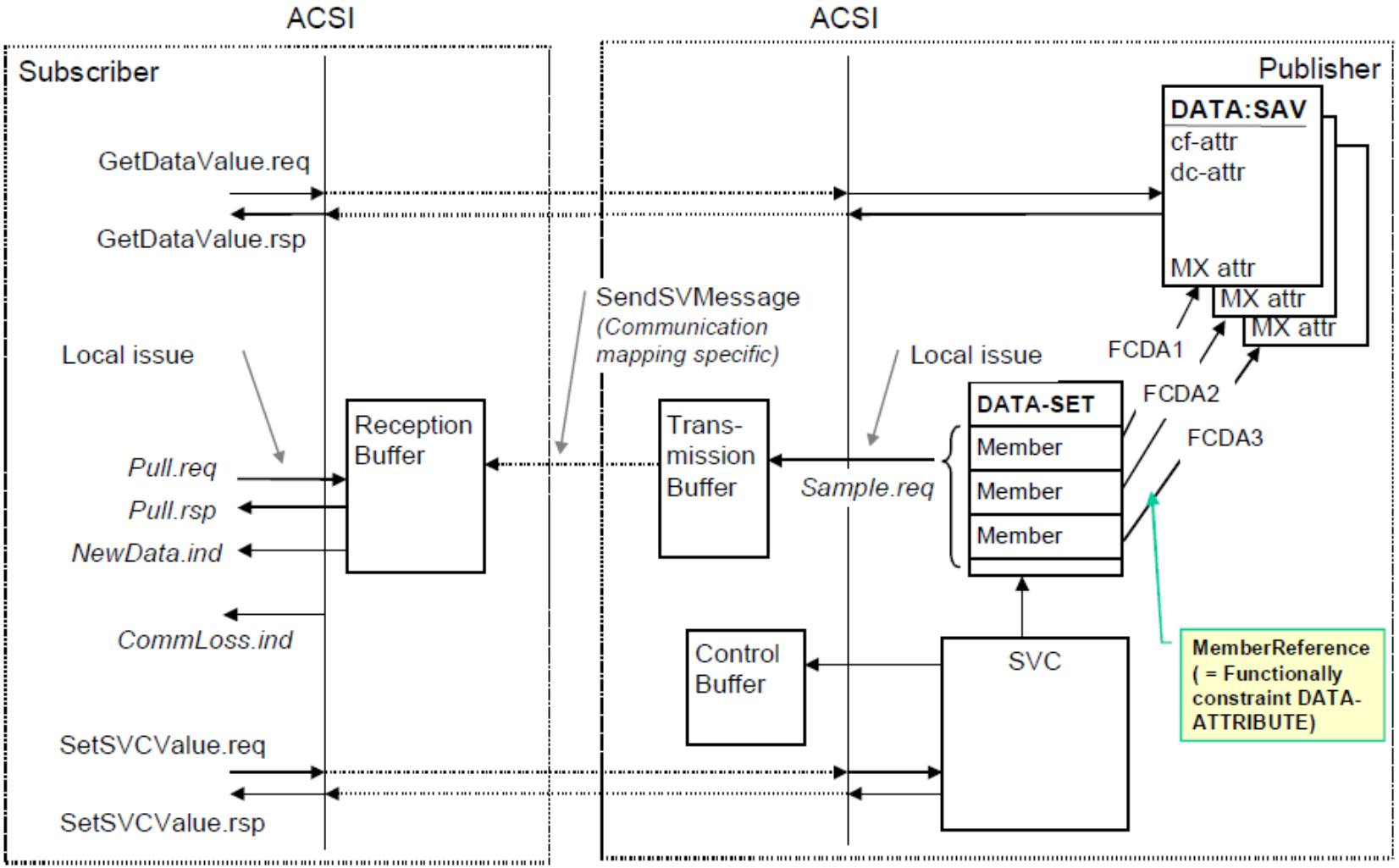


SV – Sampled Values, IEC 61850-9-2

- Message Type 4 (Raw data)
  - P1 (10 ms), P2/P3 (3ms)
- Transmissão deve ser feita de forma que não se percam as informações de tempo e a sequência de valores

SAV class					
Attribute Name	**Attribute Type**	**FC**	**TrgOp**	**Value/Value Range**	**M/O/C**
DataName	Inherited from Data Class (see IEC 61850-7-2)				
DataAttribute					
measured attributes					
instMag	AnalogueValue	MX			M
q	Quality	MX	qchg		M
t	TimeStamp	MX			O
configuration, description and extension					
units	Unit	CF		see Annex A	O
sVC	ScaledValueConfig	CF			AC_SCAV
min	AnalogueValue	CF			O
max	AnalogueValue	CF			O
d	VISIBLE STRING255	DC		Text	O
dU	UNICODE STRING255	DC			O
cdcNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
cdcName	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLNDA_M
dataNs	VISIBLE STRING255	EX			AC_DLN_M
Services					
As defined in Table 21					

Modelo de transmissão de SV
Cíclica



IEC 61850-9-2LE

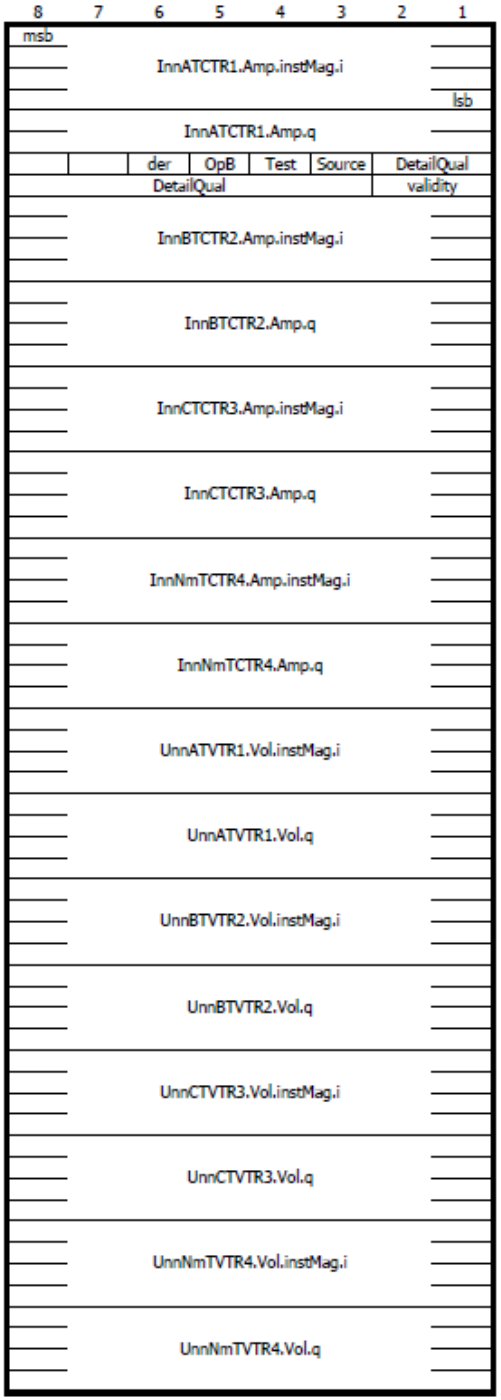
- “Implementation Guideline for digital interface to instrument transformers using IEC 61850-9-2”: (http://iec61850.ucaiug.org/Implementation%20Guidelines/DigIF_spec_9-2LE_R2-1_040707-CB.pdf)
  – Suporta apenas o serviço SendMSVMessage
- Versão full: MMS viabiliza a configuração dos blocos de controle MSVCB/USVCB

Mensagem SV definida na 7-2

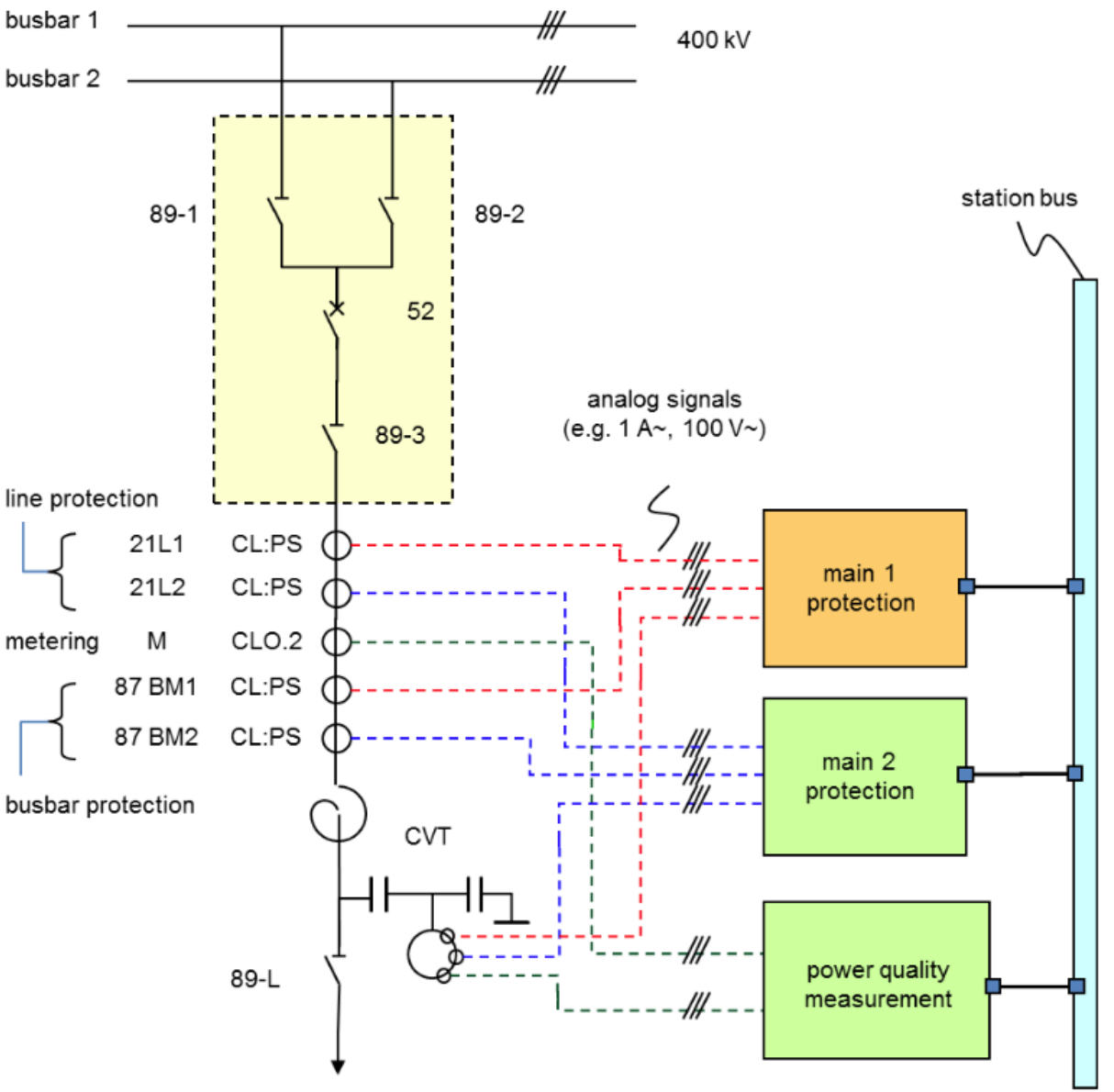
Sampled value format		
Parameter name	**Parameter type**	**Value/value range/explanation**
MsvID or **UsvID**	VISIBLE STRING65	Value from the **MSVCB** or **USVCB**
OptFlds	[a]	Optional fields to be included in the SV message
DatSet	ObjectReference	Value from the **MSVCB** or **USVCB**
Sample [1..n]		
Value	(*)	(*) The value of the member of the instance of the **DATA-SET**. Type of the common data classes is **SAV** (sampled analogue value) as defined in IEC 61850-7-3
SmpCnt	INT16U	Sample counter
RefrTm	EntryTime	OPTIONAL; time of refresh activity
ConfRev	INT32U	Configuration revision number from the instance of **MSVCB** or **USVCB**
SmpSynch	BOOLEAN	OPTIONAL; samples are synchronized by clock signals
SmpRate	INT16U	OPTIONAL; sample rate from the instance of **MSVCB** or **USVCB**

[a] The type and value of this parameter shall be derived from the attribute **OptFlds** of the respective **USVCB** or **MSVCB**.

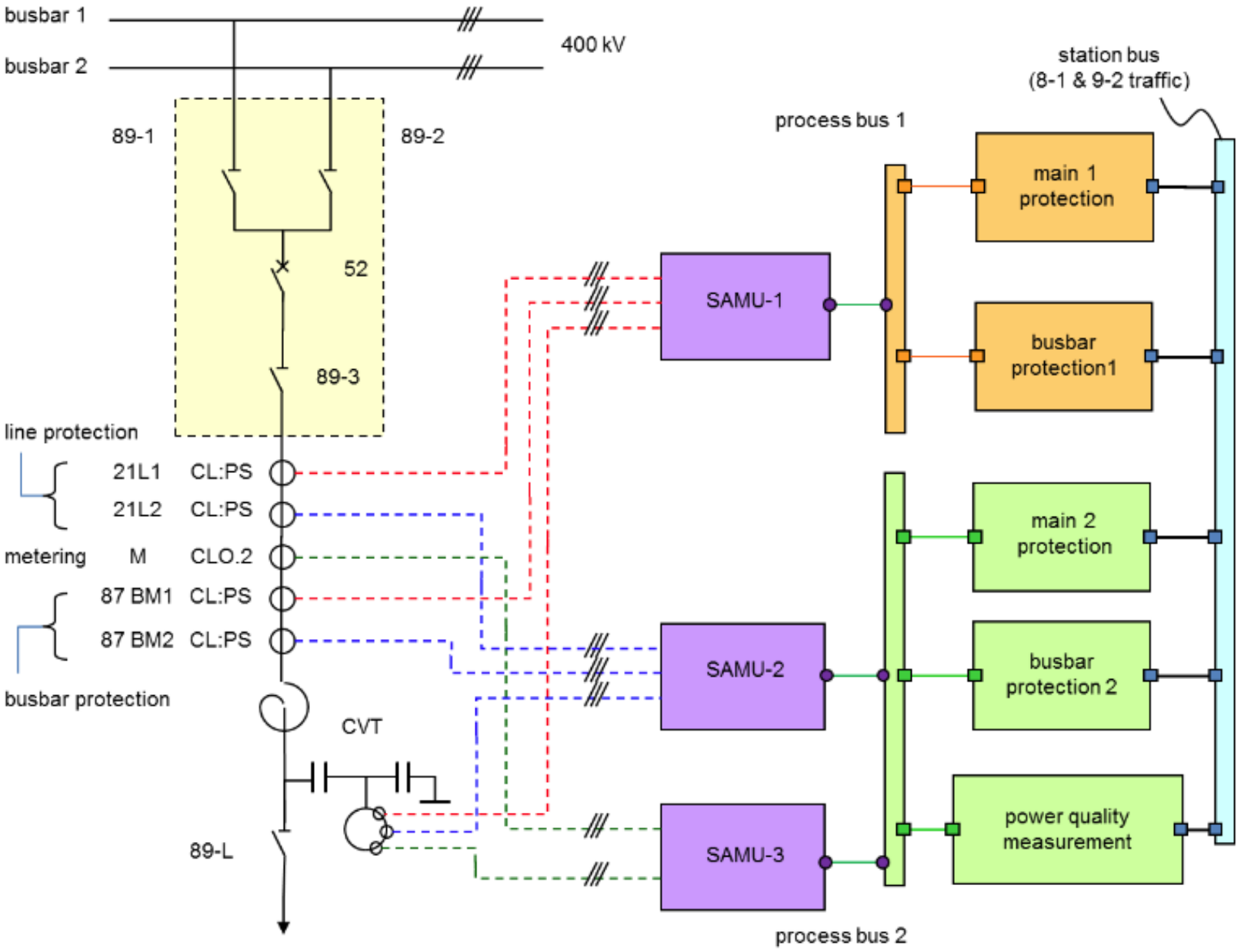
Exemplo de informação de SV



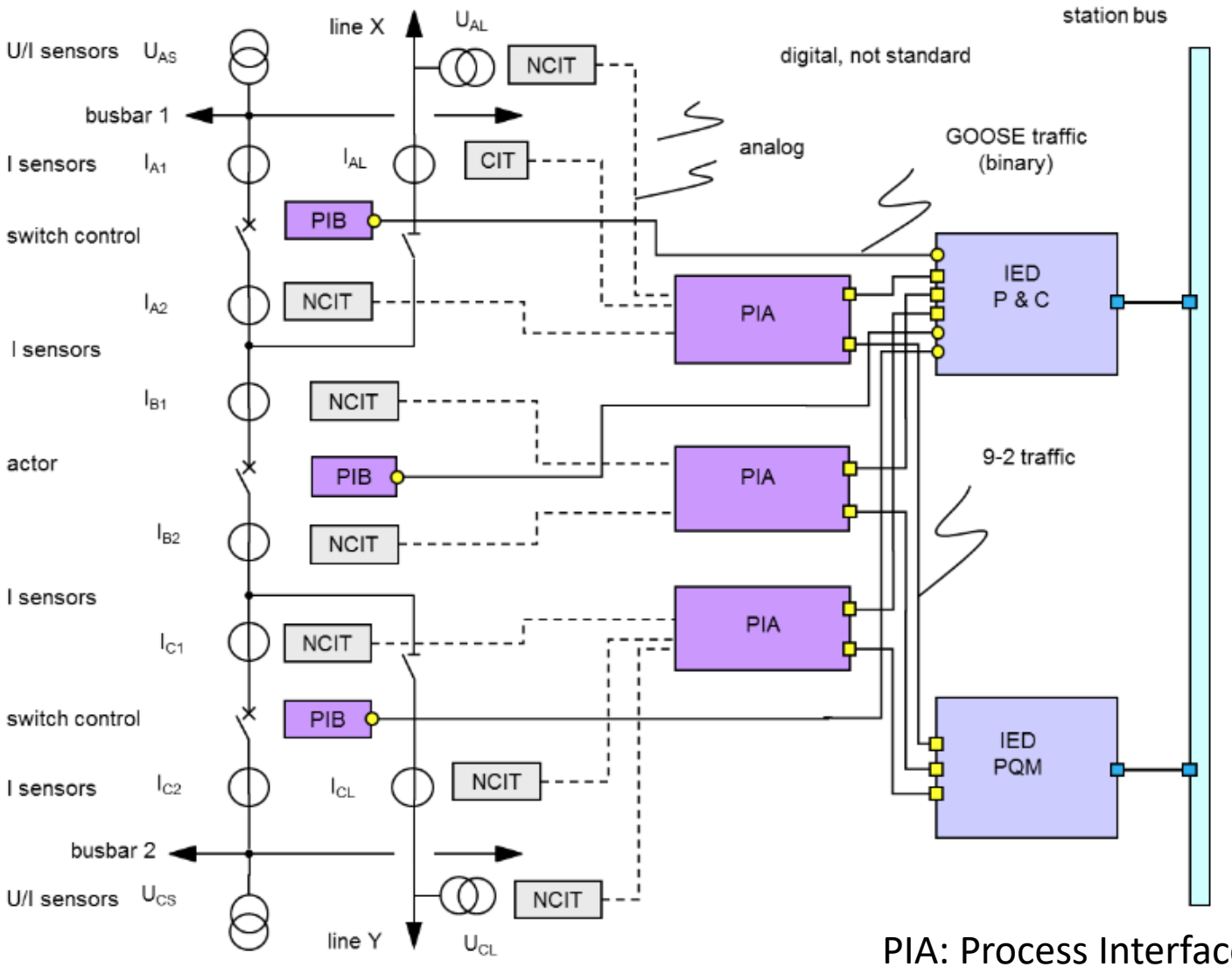
Exemplo de arranjo convencional (sem SV)



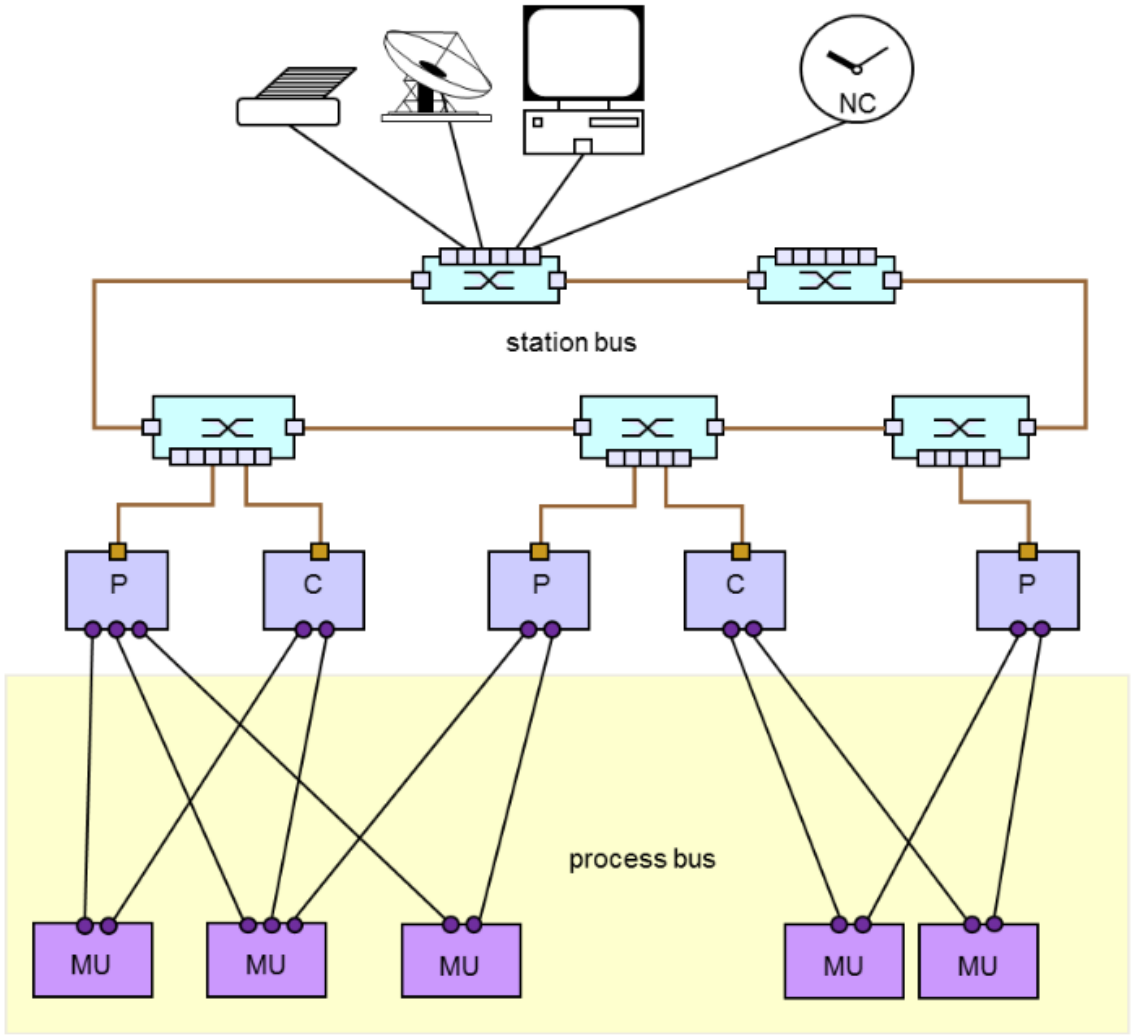
com SV



SAMU: Stand alone merging unit

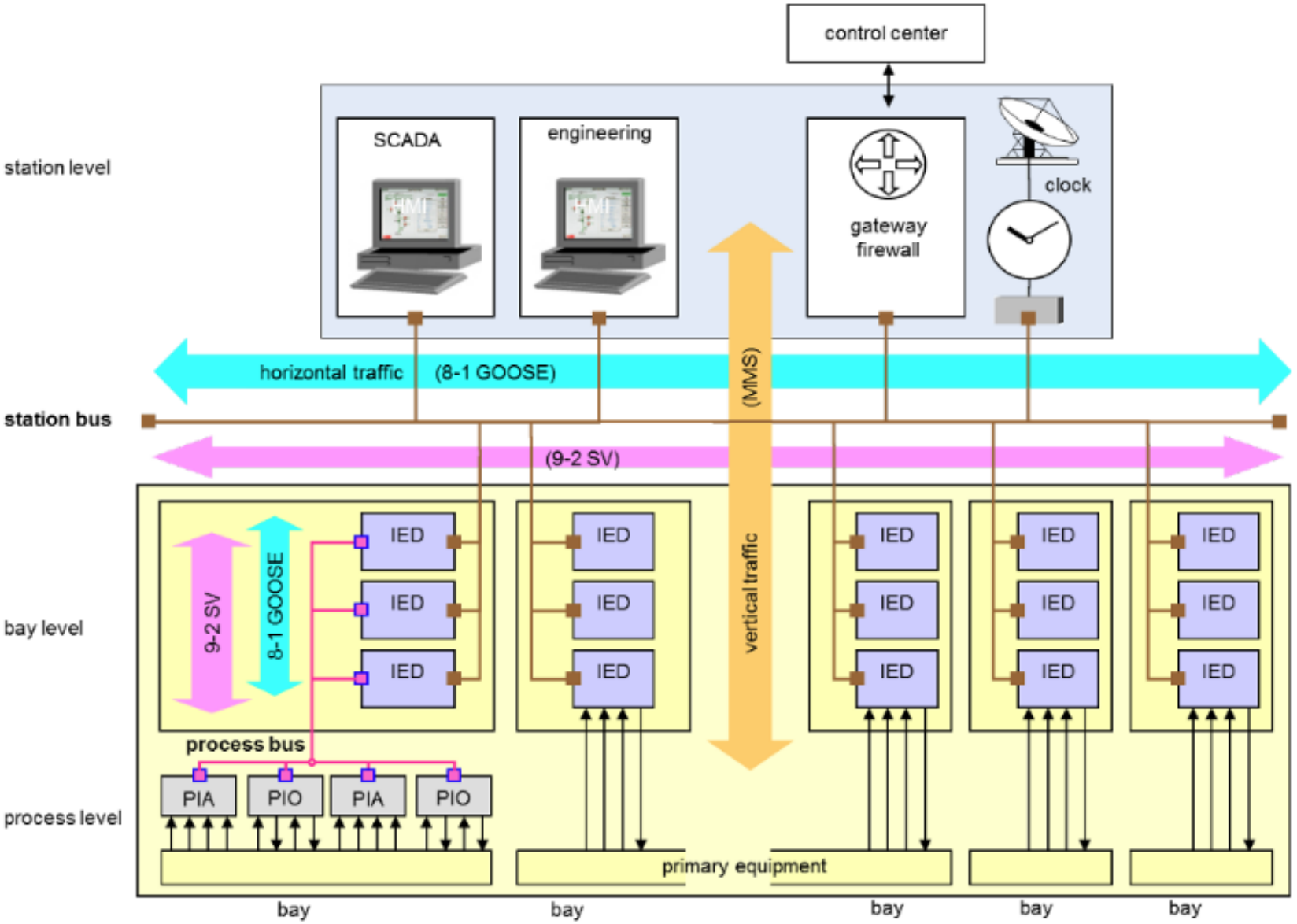


PIA: Process Interface (Analog)
PIB: Process Interface (Binary)



UM: merging unit

Station bus, process bus



Sincronismo de tempo

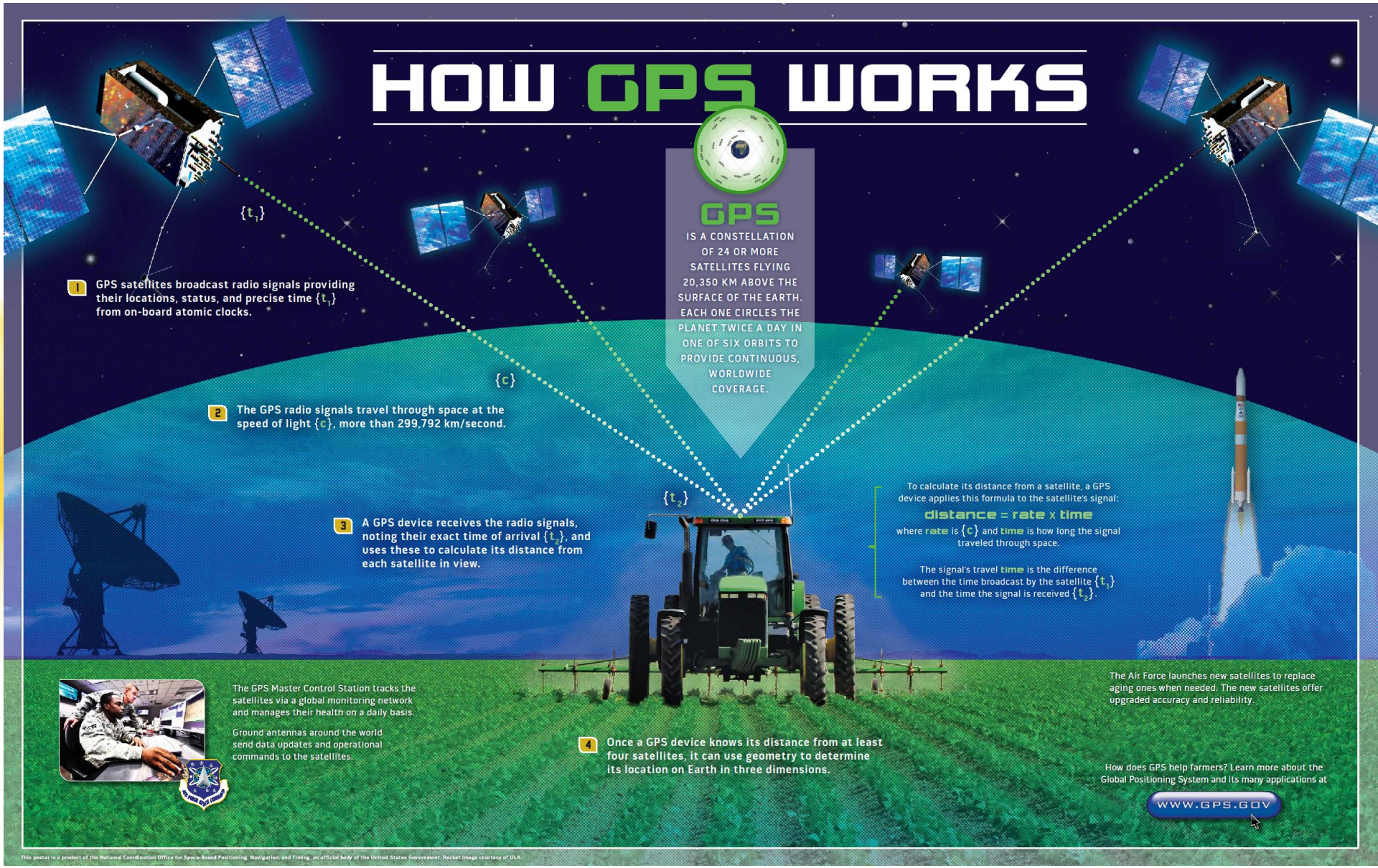
- Referências de tempo
- Requisitos de sincronismo
- Protocolos

Referências de tempo

- Relógio elétrico Telechron, patenteado por Henry Warren em 1917
  - Referência de tempo era a frequência da rede (60 Hz nos Estados Unidos)
  - Antes dos relógios de quartzo (década de 1970)
  - Warren Clock Company foi adquirida pela GE em 1943

- GPS (Global Positioning System)
  - https://www.gps.gov/applications/timing/

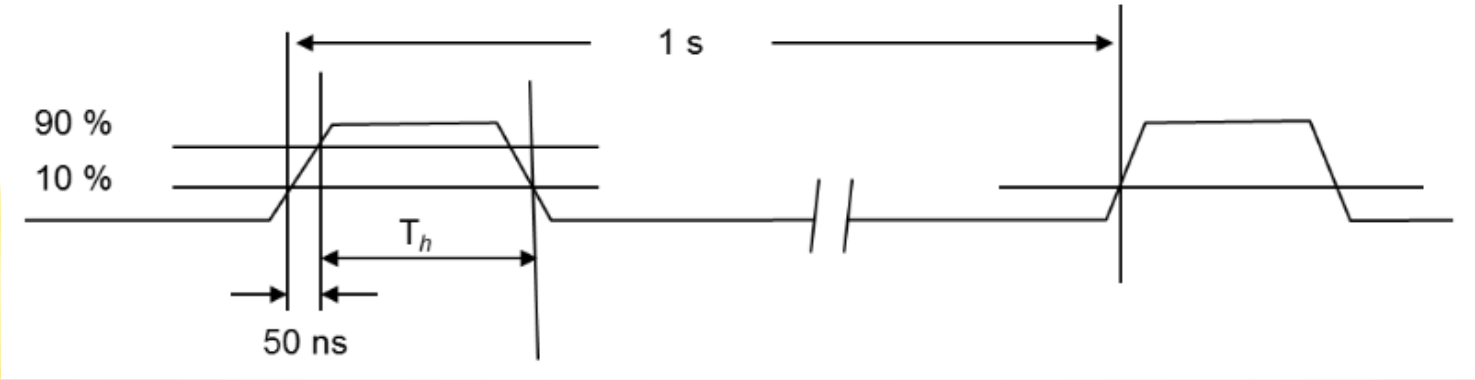
https://www.gps.gov/multimedia/poster/poster-web.pdf



Sincronismo de tempo

- Classes de sincronização, definidas na norma IEC 61850-5
  - TL (“low”): > ± 10 ms
  - Correspondente a um ângulo > 180 graus em 60 Hz
  - T0: ± 10 ms
  - T1: ± 1 ms (SOE)
  - T2: ± 100 µs (detecção de passagem pelo zero, fechamento controlado de disjuntores)
  - T3: ± 25 µs (proteção)
    - Correspondente a um ângulo de 0,54 grau em 60 Hz
  - T4: ± 4 µs (proteção)
    - Marcação de tempo de valores amostrados
  - T5: ± 1 µs (proteção)
    - Marcação de tempo com alta precisão
- Alguns protocolos:
  - 1PPS
  - IRIG-B
  - SNTP
  - PTP

1PPS: 1 pulso por segundo



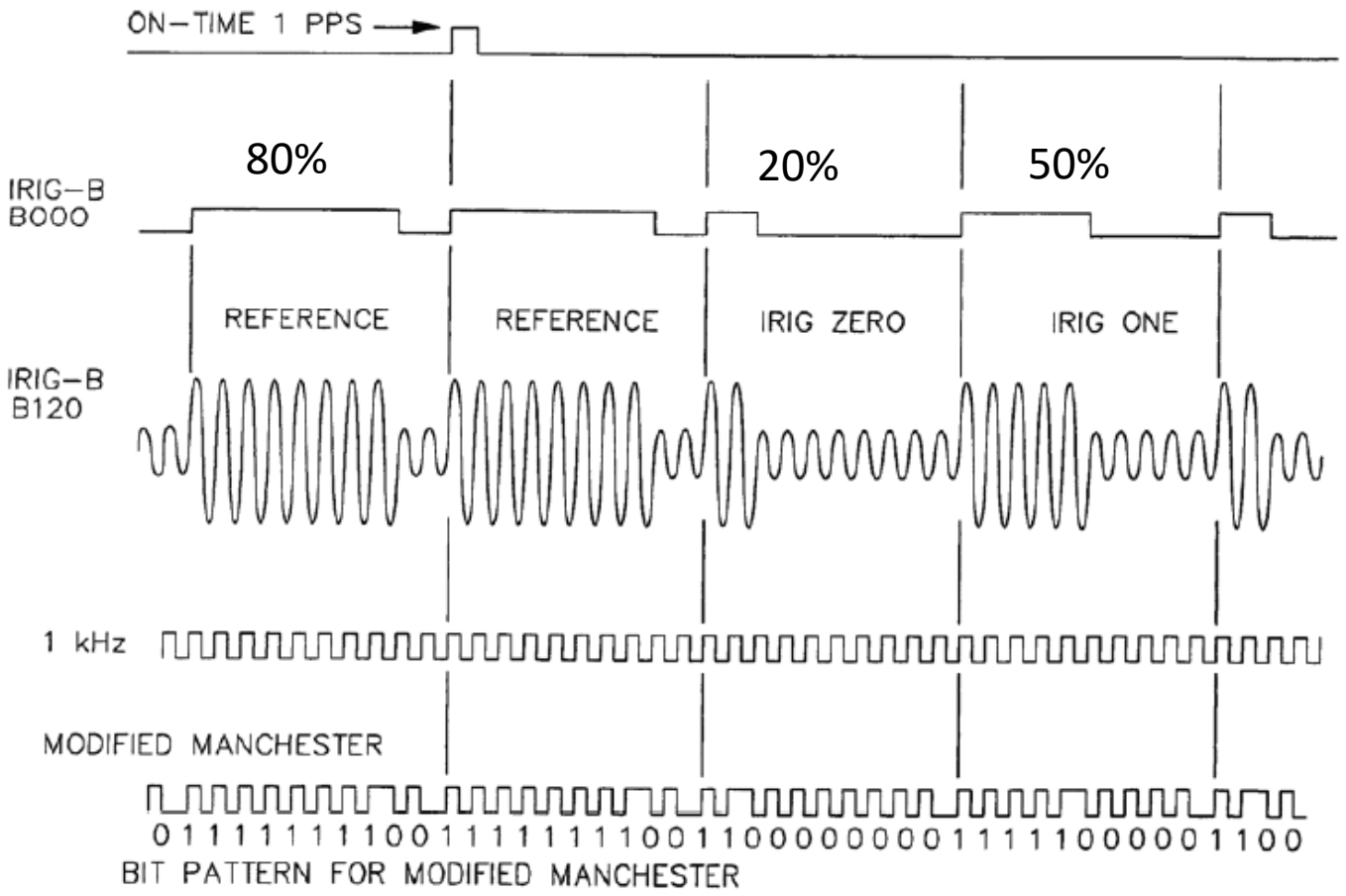
Fonte: IEC 61850-90-4

- Apenas indica o instante de “virada” do segundo
- 61850-9-2LE considera que o 1PPS tem acurácia T4 (± 4 µs), e sugere a sua utilização para sincronização de merging units.

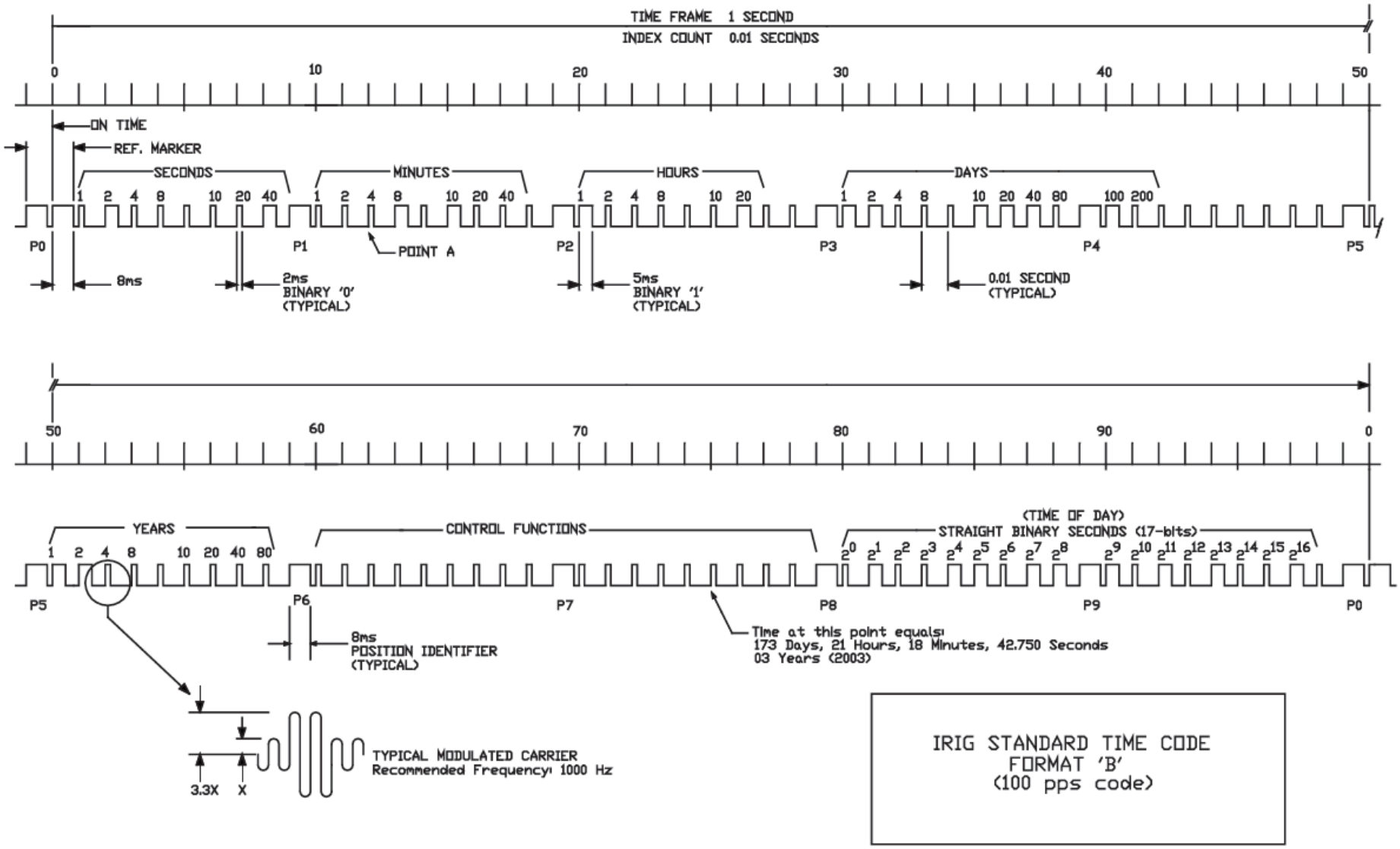
IRIG-B

- Inter-Range Instrumentation Group do exército norte-americano
- Sinal modulado (portadora de 1kHz) ou não (pulsos, DC level shift)
- 100 PPS, 100 bits por segundo, dos quais 74 são utilizados para codificar as informações de data, hora e qualidade
- Conexões: cabo coaxial, par trançado, cabo serial, fibra ótica...

Fonte: http://www.irigb.com/pdf/wp-irig-200-04.pdf



IRIG-B coding comparisons: DC level shift (unmodulated), 1kHz amplitude-modulated, and Modified Manchester

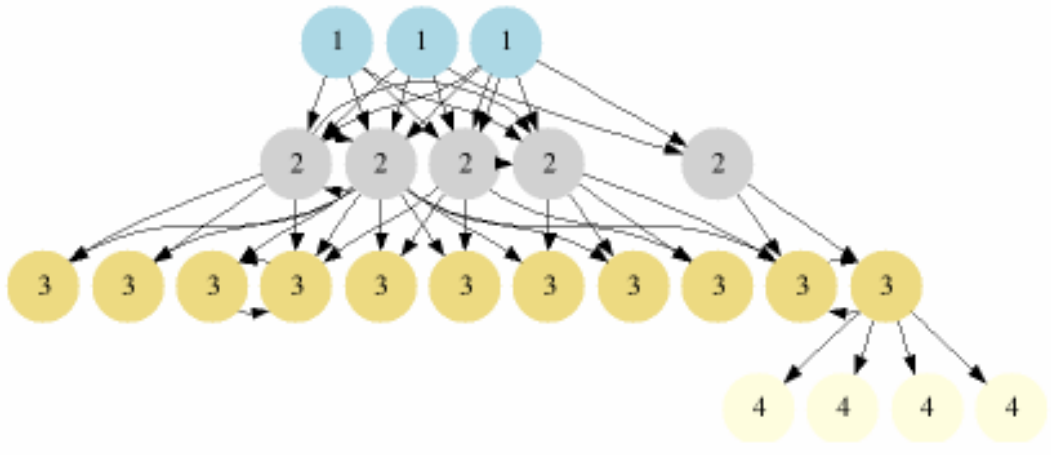


Fonte http://www.irigb.com/pdf/wp-irig-200-04.pdf

(source: IRIG Standard 200-04)

IRIG-B BCD time-of-year (in days, hours, minutes, seconds) and year and straight binary seconds-of-day and control bits

NTP: Network Time Protocol



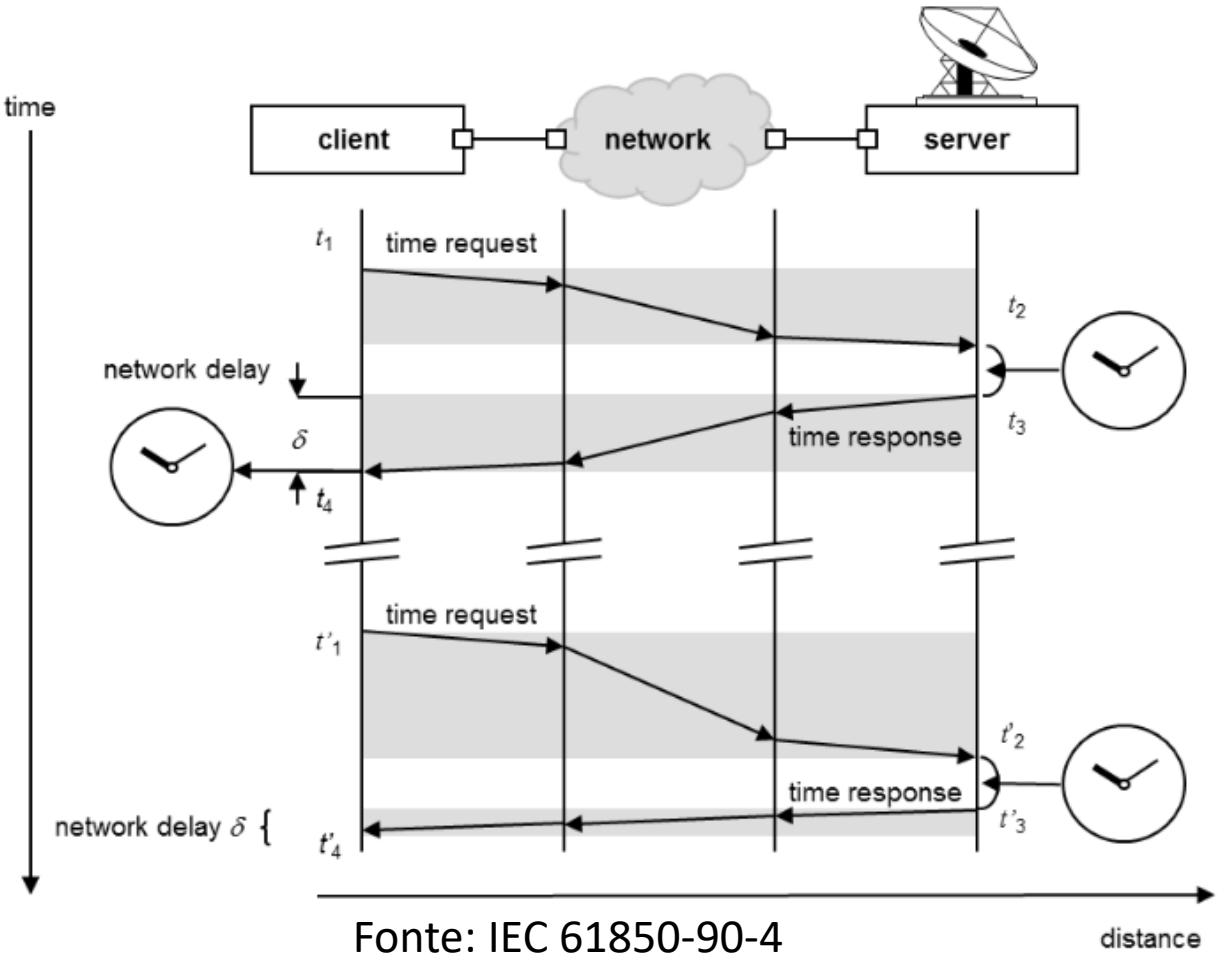
Topologia hierárquica, estrato 0 = referência de tempo
Estrato 0 fornece a informação de tempo para o estrato 1, e assim por diante, até o 15.
Usa métodos matemáticos para maior precisão na informação de tempo e ajuste do relógio
SNTP: métodos e ajustes mais simplificados

Fonte: https://ntp.br/ntp.php

SNTP: Simple Network Time Protocol

- Precisão de 1 ms

- Cliente pede as horas ao servidor; servidor responde
- Cliente registra o instante de pergunta (t1) e o instante de recebimento da resposta (t4)
- Servidor informa o instante do recebimento da pergunta (t2) e o instante de envio da resposta (t3)

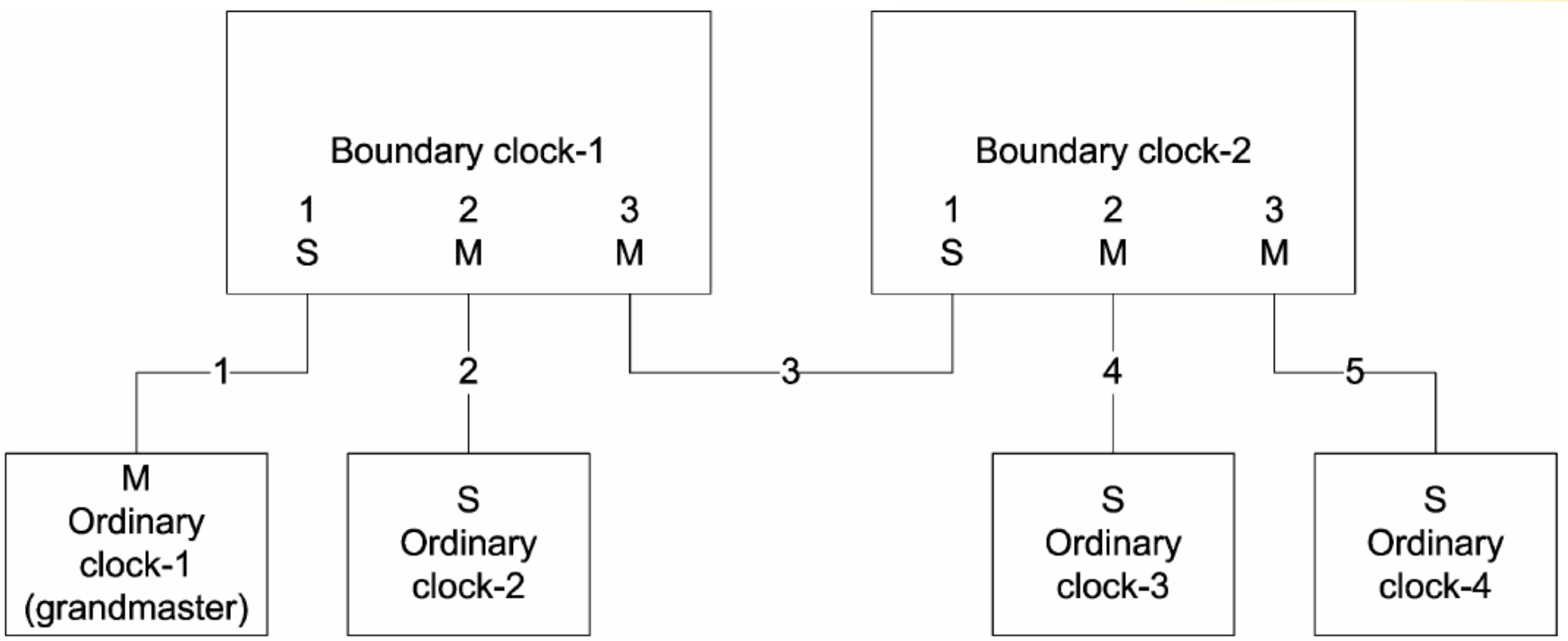


Fonte: IEC 61850-90-4

- Cálculo do atraso na rede: $\frac{(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)}{2}$

PTP: Precision Time Protocol, IEEE 1588/ IEC 61588

- Protocolo distribuído
- Permite acurácias < 1 ns
- Grandmaster clock: fonte “primária” para o sincronismo da rede



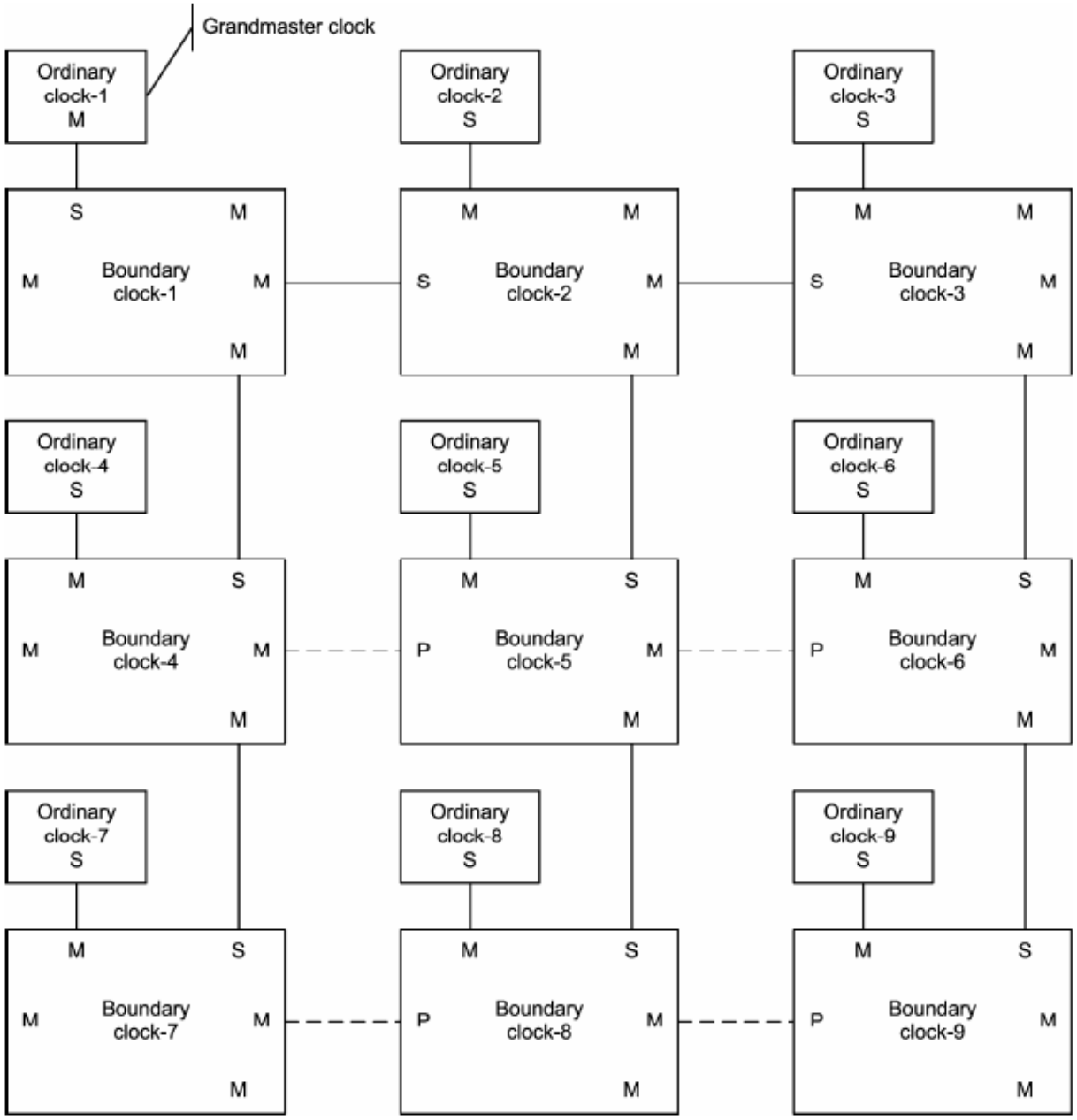
M= master
S= slave

Ordinary clock = tem apenas uma porta para PTP
Boundary port = múltiplas portas PTP

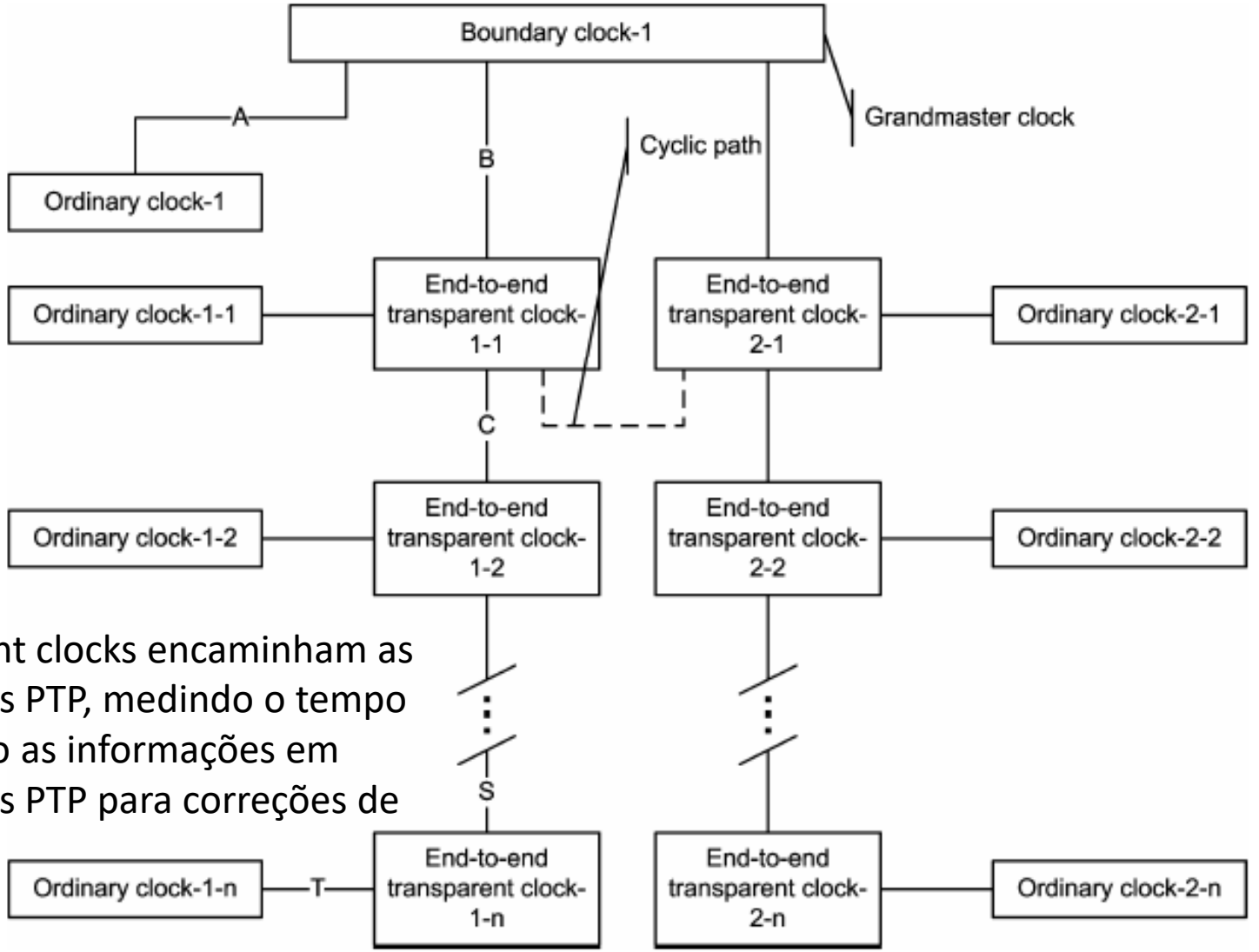
- Tipos de clock de acordo com o PTP:
  - Ordinary (apenas uma porta PTP). Se for um mestre, só sincroniza um escravo
  - Boundary clock (várias portas PTP). Em uma das portas, pode ser escravo. Pode ser o mestre de vários escravos
  - Transparent clock. Mede o tempo de trânsito da mensagem PTP, para ser usado em mecanismos de correção
    - End-to-end transparent clock
    - Peer-to-peer transparent clock
  - Management node

Possíveis estados das portas:
M=máster
S=slave
P= passive, não é máster nem slave

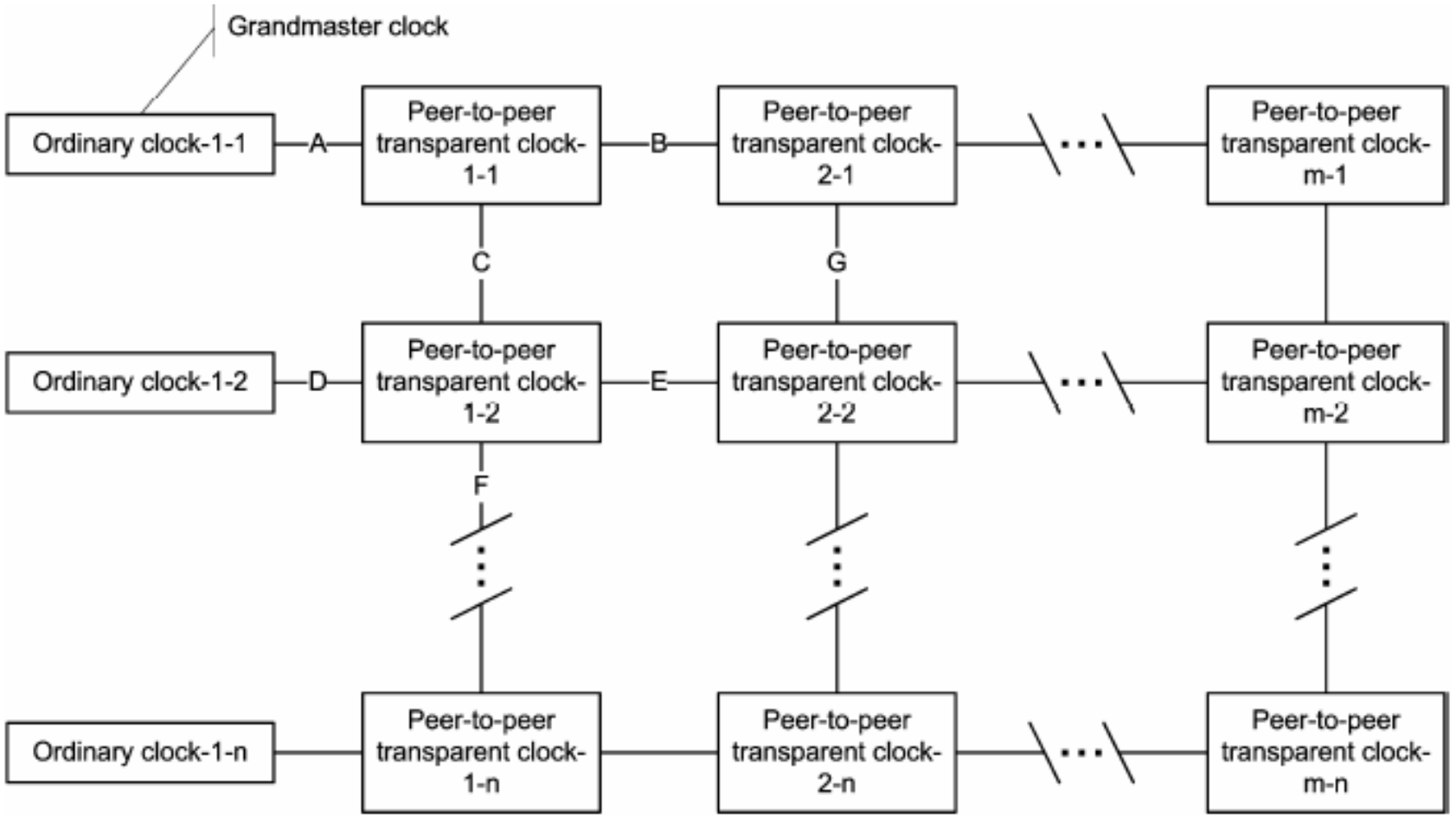
Algoritmo de decisão sobre o estado das portas dependendo da qualidade do relógio, sua prioridade em uma lista e na comparação da distância entre os possíveis mestres



Outros dispositivos: transparent clocks e management node



Transparent clocks encaminham as mensagens PTP, medindo o tempo e incluindo as informações em mensagens PTP para correções de tempo


Grandmaster clock
Ordinary clock-1-1
A
Peer-to-peer transparent clock-1-1
B
Peer-to-peer transparent clock-2-1
Peer-to-peer transparent clock-m-1
C
G
Ordinary clock-1-2
D
Peer-to-peer transparent clock-1-2
E
Peer-to-peer transparent clock-2-2
Peer-to-peer transparent clock-m-2
F
Ordinary clock-1-n
Peer-to-peer transparent clock-1-n
Peer-to-peer transparent clock-2-n
Peer-to-peer transparent clock-m-n