

Allegato 2 Obiettivo

La nuova architettura IT ad alto livello del trasporto pubblico in Alto Adige



Bolzano, marzo 2020

Indice

| | | |
|-------|---|----|
| 1. | Glossario e definizioni | 5 |
| 1.1 | Attori del trasporto pubblico | 5 |
| 1.2 | Rete di trasporto..... | 5 |
| 1.3 | Servizio di trasporto..... | 6 |
| 2. | Introduzione..... | 8 |
| 2.1 | Il progetto Bingo | 8 |
| 2.2 | Scopo del documento | 8 |
| 2.3 | Struttura del documento | 8 |
| 3. | Architettura IT ad alto livello per il TPL | 9 |
| 3.1 | Architettura funzionale..... | 10 |
| 3.2 | Architettura a livello di interfacce dati..... | 14 |
| 3.3 | Architettura di bordo..... | 19 |
| 4. | APPENDICE: Introduzione agli standard di riferimento per lo scambio dati per il trasporto pubblico | 21 |
| 4.1 | Direttiva 2010/40/EU e regolamento 2017/1926 | 21 |
| 4.2 | Il comitato europeo di standardizzazione CEN TC278 WG3..... | 22 |
| 4.2.1 | Una norma europea per il modello dei dati: Transmodel..... | 23 |
| 4.2.2 | NeTEx: il protocollo europeo per lo scambio dei dati pianificati..... | 23 |
| 4.2.3 | SIRI: il protocollo europeo per lo scambio dei dati in tempo reale | 25 |
| 4.2.4 | EN13149 e ITxPT: verso una standardizzazione delle architetture di bordo..... | 26 |
| 4.2.5 | Verso servizi interoperabili e transfrontalieri di pianificazione dei viaggi: lo standard Open Journey Planning (OJP) | 27 |
| 4.3 | Una panoramica degli standard nazionali presenti in Italia e nei paesi di madrelingua tedesca | 28 |
| 4.3.1 | Il protocollo piemontese BIPex – un possibile standard nazionale per il contesto italiano? | 29 |
| 4.3.2 | Gli standard di riferimento nei paesi di madrelingua tedesca: le specifiche VDV | 30 |
| 4.4 | Uno sguardo ad altri standard “de-facto” di utilizzo diffuso | 33 |
| 4.4.1 | GTFS e GTFS-RT..... | 33 |
| 5. | Bibliografia..... | 34 |

Indice delle figure

| | |
|--|----|
| Figura 1: Architettura di sistema con vista funzionale. | 10 |
| Figura 2: Architettura di sistema con vista rispetto ai protocolli di interscambio dati. | 14 |
| Figura 3: Architettura di bordo. | 19 |
| Figura 4: Struttura del gruppo di lavoro WG3 del comitato tecnico TC278 del comitato europeo di normazione CEN (Fonte: 5T). | 22 |
| Figura 5: Suddivisione del modello dati astratto Transmodel con riferimento agli standard di interscambio dati (Fonte: Transmodel). | 23 |
| Figura 6: Il ruolo dell'organizzazione ITxPT nel processo di standardizzazione dell'architettura di bordo veicolo. | 27 |
| Figura 7: Rappresentazione grafica del processo di interazione tra specifiche nazionali ed europee. | 29 |

Indice delle tabelle

| | |
|--|----|
| Tabella 1: Descrizione funzionale delle componenti dell'architettura. | 13 |
| Tabella 2: Descrizione delle interfacce usate nell'architettura di sistema. | 18 |
| Tabella 3: Descrizione funzionale delle componenti di bordo veicolo. | 20 |
| Tabella 4: Elenco dei "frames" definiti nello standard NeTeX. | 25 |
| Tabella 5: Elenco dei servizi definiti dalla specifica OJP..... | 28 |
| Tabella 6: Confronto tra servizi IBIS-IP e ITxPT..... | 33 |

1. Glossario e definizioni

I termini tecnici utilizzati in questo documento e negli altri allegati legati al sistema tecnologico (Allegato A.3.2, Allegato 4 e Allegato 5) seguono il significato delle definizioni introdotte nei principali standard europei di riferimento. In particolare, il principale standard considerato è lo standard Transmodel [1], che ha definito il modello dati di riferimento per il trasporto pubblico. Ciascun termine riporta la traduzione corrispondente in lingua tedesca ed inglese. I termini tedeschi sono presi dallo standard VDV-462 [2] che implementa sul territorio tedesco il protocollo europeo NeTEx nelle sue parti 1-2 [3]- [4]. Per maggiori informazioni sugli standard internazionali di scambio dati nel trasporto pubblico si rimanda all'Appendice 1.

1.1 Attori del trasporto pubblico

Passeggeri (*in inglese: passengers; in tedesco: Fahrgäste*): rappresentano la domanda di trasporto che si vuole soddisfare.

Autorità Pubbliche (*in inglese: public authorities; in tedesco: Öffentliche Verwaltung*): organizzazioni di diritto pubblico che possono essere organizzate in diverse forme (Comuni, società in-house, etc.), sono responsabili dell'intera organizzazione e gestione di un sistema di trasporto pubblico. In Provincia di Bolzano, le competenze tra le autorità pubbliche sono distribuite come definite dalla Legge Provinciale n.15 del 23.11.2015. La Provincia Autonoma di Bolzano è denominata anche **ente affidante**.

Operatore di trasporto pubblico (*in inglese: public transport operator; in tedesco: Verkehrsbetrieb / Verkehrsunternehmen*): attore incaricato di fornire un servizio di TPL in virtù di un contratto di servizio firmato con un'autorità pubblica.

Fornitori di sistema (*in inglese: system suppliers; in tedesco: Systemlieferant*): attore che fornisce dispositivi hardware e/o piattaforme ed applicazioni software tali da facilitare l'erogazione dei servizi di TPL.

1.2 Rete di trasporto

Rete (*in inglese: network; in tedesco: Liniennetz*): è un gruppo di linee caratterizzato da un nome con il quale esso è conosciuto al pubblico.

Linea (*in inglese: line; in tedesco: Linie*): un gruppo di percorsi che sono generalmente conosciuti al pubblico con un nome e/o un numero comune. Ulteriori raggruppamenti di linee, con riferimento soprattutto agli orari stampati disponibili al pubblico, sono definiti come **quadri orari** (*in inglese: timetable fields; in tedesco: Fahrplanfelder*).

Percorso (*in inglese: route; in tedesco: Linienfahrweg*): è una lista ordinata di punti georeferenziati che definiscono un cammino univoco attraverso la rete di trasporto su gomma (o su ferro). Un percorso può passare attraverso lo stesso punto più di una volta.

Arco / collegamento (*in inglese: link; in tedesco: Teilstrecke*): oggetto spaziale orientato di dimensione 1 che descrive la connessione tra due punti.

Punto di fermata (*in inglese: scheduled stop point; in tedesco: Haltepunkt*): punto nel quale i passeggeri possono salire o scendere dai veicoli.

Fermata (*in inglese: stop place; in tedesco: Haltestelle*): un luogo formato da uno o più zone in cui i veicoli possono fermarsi ed i passeggeri possono salire o scendere dai veicoli. Una fermata è caratterizzata tipicamente da uno o più nomi conosciuti al pubblico.

Area di fermata (*in inglese: stop place component; in tedesco: Haltestellenbereich*): parte di una fermata, è introdotta al fine di modellare le diverse parti che caratterizzano una fermata e i collegamenti pedonali da un'area all'altra. Diverse tipologie di aree di fermata esistono:

- **Banchina** (*in inglese: quay; in tedesco: Steig*): un'area come una piattaforma da cui i passeggeri hanno accesso ai mezzi di TPL. Ad una banchina possono essere associati più punti di fermata.
- **Entrata** (*in inglese: entrance; in tedesco: Eingang*): un'entrata o uscita fisica ad una fermata. Può essere associata ad una porta, una barriera o a qualsiasi altro punto riconoscibile di accesso.
- **Spazio di accesso** (*in inglese: access space; in tedesco: Eingangshalle*): un'area accessibile ai passeggeri all'interno di una fermata come ad esempio un atrio, una biglietteria o un'area destinata ai controlli di sicurezza, che però non fornisce un accesso diretto ai veicoli.
- **Zona di parcheggio** (*in inglese: parking; in tedesco: Parkplatz*): zona designata per la sosta di veicoli quali auto, motocicli e biciclette.

Zona tariffaria (*in inglese: tariff zone; in tedesco: Tarifzone*): un'area usata per la caratterizzazione di un sistema tariffario zonale, basato su una logica a matrice o sull'effettivo attraversamento di tali zone, come quello in uso in Alto Adige.

Luogo di partenza / destinazione (*in inglese: sites; in tedesco: Abfahrts- / Ankunftsort*): località nota rispetto alla quale i passeggeri possono fornire un'indicazione di origine o destinazione di un viaggio.

1.3 Servizio di trasporto

Punto di riferimento per i tempi di passaggio (*in inglese: timing point; in tedesco: Fahrzeit-Referenzpunkt*): un punto di fermata a cui vengono associate delle tempistiche di transito da parte dei mezzi di trasporto pubblico.

Tipo di percorrenza (*in inglese: journey pattern; in tedesco: Fahrzeitart*): è una lista ordinata di punti di fermata e punti di riferimento per i tempi di passaggio relativi ad un certo percorso, che descrive la modalità attesa di erogazione del servizio da parte dei veicoli di trasporto pubblico. Con i tipi di percorrenza è possibile ad esempio tenere in considerazione le diverse condizioni di traffico in cui le corse vengono eseguite nell'arco della giornata.

Corsa (*in inglese: journey; in German: Fahrt*): è il movimento pianificato di un mezzo di trasporto pubblico in una certa tipologia di giornata su un percorso specificato.

Orario previsto di passaggio (*in inglese: timetabled passing time; in tedesco: geplante Fahrzeit*): tempo pianificato di transito di un mezzo di trasporto pubblico ad un certo punto di fermata rispetto ad una certa corsa pianificata per una certa tipologia di giornata.

Coincidenza (*in inglese: interchange; in tedesco: Anschluß*): è la possibilità programmata di trasferimento per i passeggeri tra due corse in corrispondenza di uno stesso punto di fermata o di punti di fermata diversi.

Orario programmato (*in inglese: timetable frame; in tedesco: Fahrplan*): un insieme organizzato di corse rispetto al quale sono applicate le medesime condizioni di validità.

Piano di circolazione (*in inglese: block; in tedesco: Fahrtumlauf*): è il piano di lavoro di un veicolo di trasporto pubblico dal momento in cui lascia il luogo in cui è parcheggiato al momento in cui ritorna in una zona di sosta.

Tipologia di giornata (*in inglese: day type; in tedesco Tages-Typ*): è una giornata tipo caratterizzata da una o più proprietà che determinano le modalità di svolgimento del servizio di TPL. Esempi: giorno ferialo o festivo.

Condizioni di validità (*in inglese: validity conditions; in tedesco Gültigkeitsbedingungen*): set di condizioni che caratterizzano una certa versione del servizio programmato, definite da un parametro (ad esempio, un evento di trigger) e dalla durata di applicazione.

2. Introduzione

2.1 Il progetto Bingo

Le specifiche contenute nel presente allegato tecnico sono state definite nell'ambito del progetto denominato "Bingo" (*Broad INformation Goes Online*), finanziato dal Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR). Il progetto è realizzato da Strutture Trasporto Alto Adige (STA) in stretta collaborazione con la Ripartizione Mobilità della Provincia Autonoma di Bolzano, e si è posto come obiettivo quello di progettare e realizzare una nuova architettura IT per la gestione del trasporto pubblico locale.

2.2 Scopo del documento

Lo scopo di quest'allegato è di presentare l'architettura ad alto livello IT per il TPL dell'Alto Adige. Sono inclusi anche gli sviluppi tecnici e strategici dell'architettura che sono previsti nei prossimi anni, sia per quello che riguarda nuovi componenti di sistema che verranno introdotti, sia per quello che riguarda l'adozione di protocollo standard di interscambio dati. In tal senso, la versione del presente allegato è da intendersi come una versione iniziale che verrà continuamente aggiornata ed arricchita.

2.3 Struttura del documento

Questo allegato tecnico è organizzato come segue. Il capitolo 3 offre un'introduzione ad alto livello della nuova architettura IT per il TPL dell'Alto Adige. Il documento è completato da un'appendice che fornisce una panoramica ad alto livello di tutti i protocolli standard di interscambio dati che s'intende introdurre in sviluppi futuri.

3. Architettura IT ad alto livello per il TPL

In questo capitolo la nuova architettura IT ad alto livello per il TPL viene illustrata nella sua versione iniziale al fine di avere una prima introduzione sulle modalità ad alto livello con cui i servizi di TPL in Alto Adige saranno gestiti da un punto di vista informatico.

Tale introduzione è organizzata su diverse “viste”, che presentano l’architettura attraverso diversi livelli di rappresentazione:

- **vista “funzionale”**, che presenta l’architettura da un punto di vista della tipologia di dati che vengono scambiati tra i vari attori del sistema e le componenti da essi controllati;
- **vista “protocolli”**, che mette in evidenza quali protocolli verranno utilizzati a regime per lo scambio automatico dei dati tra i vari componenti di sistema.

Per quello che riguarda la vista “protocolli”, è inclusa anche una vista aggiuntiva che presenta i **protocolli aggiuntivi** che potranno essere utilizzati in una **prima fase di implementazione**. Questa scelta è stata effettuata essenzialmente per due motivi:

- permettere di ridurre al minimo le tempistiche necessarie per l’implementazione dell’architettura del sistema, sfruttando prodotti e soluzioni ampiamente disponibili sul mercato;
- attendere che gli standard proposti raggiungano una propria maturità, sia a livello di *release* da parte del comitato europeo di normazione CEN che ne cura lo sviluppo, che a livello di adozione su scala nazionale ed europea, con conseguente diffusione sul mercato di prodotti e soluzioni con essi compatibili.

Quest’introduzione è completata infine da una vista specifica dell’**architettura di bordo**, che fornisce una prima presentazione ad alto livello sulle modalità con cui le componenti di bordo dovranno essere collegate tra di loro ed interagire per garantirne il funzionamento atteso. Anche in questo caso l’architettura proposta segue i più moderni standard presenti allo stato dell’arte, declinati in funzione delle specificità del sistema tariffario integrato dell’Alto Adige.

Tutte le viste sono caratterizzate anche da una chiara suddivisione delle responsabilità dei vari attori di sistema, in modo che siano immediatamente chiari e comprensibili i rispettivi compiti.

3.1 Architettura funzionale

In Figura 1 **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** viene riportata la vista funzionale dell'architettura completa di sistema, descritta in modo dettagliato nei suoi componenti in Tabella 1. Le componenti di competenza dell'operatore di trasporto pubblico sono evidenziate in colore blu, mentre quelle controllate da STA per conto della Ripartizione Mobilità della Provincia Autonoma di Bolzano sono rappresentate in colore giallo. Le componenti in arancione sono relative al nuovo sistema di ticketing / ITCS. Lo sviluppo successivo dell'architettura è illustrato in Figura 2.

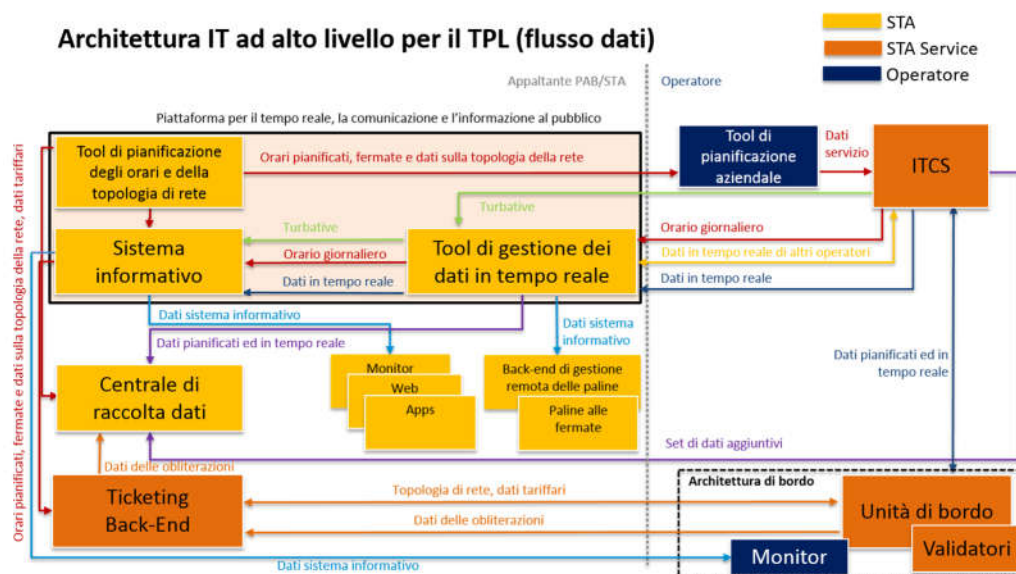


Figura 1: Architettura di sistema con vista funzionale.

| Componente | Descrizione |
|---|--|
| Piattaforma per il tempo reale, la comunicazione e l'informazione al pubblico | È una macrocomponente che ha il compito di supportare l'ente affidante nei suoi compiti di pianificazione del servizio e di erogazione di servizi informativi ai viaggiatori. È composta da un'evoluzione del tool di pianificazione degli orari e della tipologia di rete, dal tool di gestione dei dati in tempo reale e dal sistema informativo. |
| Tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete | Questo componente ha il compito di gestire tutti i dati pianificati del trasporto pubblico locale (in particolare la topologia della rete con la caratterizzazione delle fermate e degli archi, ed i dettagli del servizio programmato con le informazioni relative alle corse pianificate). Ad oggi questo compito è realizzato per mezzo di un'istanza del tool DIVA prodotto dalla ditta Mentz ¹ . Il set di dati gestiti attraverso questo tool è il "master" per l'intera architettura di sistema: esso infatti è da intendersi come il riferimento unico per tutti i sistemi alimentati, soprattutto per quello che riguarda i sistemi gestiti dall'impresa affidataria, attraverso i quali vengono realizzate le proprie attività interne di pianificazione dei servizi. |

¹ Per maggiori informazioni sul tool, si rimanda alla pagina web <https://www.mentz.net/en/vehicle-and-duty-scheduling/diva/>

| Componente | Descrizione |
|--|--|
| Tool di pianificazione aziendale | Grazie a questo tool l'operatore effettua la propria pianificazione interna per l'erogazione dei servizi di trasporto pubblici a lui assegnati (pianificazione dei turni macchina e dei turni guida, con loro assegnazione agli autisti). e (ii) gestire in tempo reale tali servizi di trasporto attraverso una connessione continua con la propria flotta di mezzi in servizio. |
| ITCS | Grazie a questo tool l'operatore riesce a gestire in tempo in tempo reale attraverso una connessione continua con la propria flotta di mezzi in servizio i servizi di trasporto a lui assegnati. |
| Tool di gestione dei dati in tempo reale | La nuova architettura IT per il trasporto pubblico locale dell'Alto Adige ha introdotto un nuovo componente di sistema che ha essenzialmente due diversi compiti: (i) raccogliere dati in tempo reale da tutti gli operatori di trasporto pubblico locale (compresi quelli che operano su ferro) sui servizi correntemente forniti; (ii) distribuire tali dati, opportunamente rielaborati a tutti gli attori del sistema (compresi gli operatori stessi) al fine di fornire un'adeguata informazione all'utenza e garantire un incremento dell'efficienza del servizio complessivamente fornito attraverso la possibilità di gestire in maniera flessibile le coincidenze tra corse diverse. In questo contesto, gli operatori hanno essenzialmente tre compiti: (i) fornire l'orario giornaliero, che rappresenta l'attualizzazione dell'orario di riferimento gestito e distribuito dal tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete, arricchito con alcuni dati come ad es. l'identificativo del veicolo associato ad una certa corsa; (ii) fornire i dati in tempo reale relativi alla posizione dei propri mezzi; (iii) ricevere i dati in tempo reale relativi ai servizi erogati dagli altri operatori del sistema in modo da poter gestire le coincidenze ed espletare al meglio i compiti di informazione all'utenza a bordo dei propri mezzi. |
| Sistema informativo | Questo componente rappresenta il sistema di riferimento che alimenta i diversi canali informativi con cui gli utenti del trasporto pubblico locale possono essere informati sui servizi erogati e sul loro stato attuale. In generale, questo componente è l'unico punto di distribuzione delle informazioni da cui applicativi di terze parti (compresi quelli gestiti dall'impresa affidataria) possono collegarsi per richiedere i dati da mostrare agli utenti: l'unica eccezione è legata al sistema delle paline alle fermate, che viene alimentato grazie alla presenza di protocolli dati ad-hoc dal tool di gestione dei dati in tempo reale. Oltre a rendere disponibili in forma semplificata tali informazioni rielaborate secondo licenze aperte che verranno definite, questo componente offre funzionalità aggiuntive in grado di |

| Componente | Descrizione |
|--|---|
| | semplificare le operazioni di pianificazione di uno spostamento, come ad es. funzionalità di <i>routing / journey planning</i> per la raccomandazione di diverse opzioni di viaggio per muoversi in un certo momento della giornata da un punto all'altro in Alto Adige. Un'altra funzionalità gestita da questo componente riguarda il calcolo della tariffa per un certo percorso. Ad oggi questo compito è realizzato per mezzo di un'istanza del tool EFA (<i>Elektronische Fahrplanauskunft</i>) prodotto dalla ditta Mentz ² , dotato anche di un modulo ICS (<i>Incident Capturing System</i>) per la gestione di turbative al servizio. In uno sviluppo futuro si prevede di poter veicolare direttamente l'informazione a bordo dei mezzi grazie a questo sistema; in una fase interlocutoria questo avverrà attraverso l'ITCS. |
| Monitor, Web, Apps | In questo blocco vengono rappresentati alcuni dei possibili canali digitali attraverso i quali gli utenti possono visualizzare le informazioni pianificate ed in tempo reale del sistema di trasporto pubblico locale. Si prevede in futuro la coesistenza tra canali informativi "ufficiali", gestiti da STA per conto della Provincia Autonoma di Bolzano, ed applicazioni di terze parti. In questo modo sarà possibile raggiungere in maniera estremamente più efficace i diversi gruppi target amplificando la visibilità di queste informazioni e più in generale dell'offerta di trasporto pubblico complessivamente proposta. |
| Back-end di gestione remota delle paline e paline alle fermate | Questo componente ha il compito di gestire tutta l'informazione digitale alle fermate. Esso è composto dalle paline alle fermate e da un sistema di back-end da cui ricevono in forma semplificata le informazioni da visualizzare. In particolare, il sistema di back-end ha il compito di rielaborare i dati ricevuti dal tool di gestione dei dati in tempo reale rendendoli presentabili per le esigenze di visualizzazione alle fermate. Questi componenti di sistema sono completamente gestiti da STA per conto della Provincia Autonoma di Bolzano; gli operatori non sono coinvolti nella loro gestione. |
| Unità di bordo | Questo componente si trova a bordo di tutti i mezzi pubblici dell'operatore ed ha essenzialmente due compiti: (i) gestire il corretto funzionamento di tutti gli apparati di bordo; (ii) trasmettere in tempo reali ai sistemi di back-end (ticketing back-end, ITCS) i dati generati dai sistemi di bordo che sono necessari per le elaborazioni previste. |
| Ticketing Back-End | Questo componente ha il compito di gestire centralmente tutte le funzionalità del sistema tariffario integrato in uso ad oggi in Alto Adige. Nella vista dell'architettura qui riportata, |

² Per maggiori informazioni sul tool, si rimanda alla pagina web <https://www.mentz.net/verkehrs Auskunft/efa/>

| Componente | Descrizione |
|---------------------------|---|
| | vengono messe in evidenza due importanti funzionalità: (i) la raccolta dei record delle obliterazioni dalle unità di bordo ticketing, necessarie per il calcolo degli importi associati ad ogni singolo viaggio di ogni singolo utente, e la raccolta dei titoli di viaggio che sono stati emessi; (ii) la fornitura dei dati tariffari elaborati alla centrale di raccolta dati, affinché essi possano essere utilizzati per molteplici scopi, in primo luogo per valutare la rispondenza tra domanda ed offerta del sistema così da identificare potenzialità di miglioramento dell'offerta proposta. |
| Centrale di raccolta dati | La nuova architettura IT per il trasporto pubblico locale dell'Alto Adige prevede infine l'introduzione di un nuovo componente di sistema, che ha un compito cruciale: quello di storicizzare tutti i dati più rilevanti del sistema di trasporto pubblico affinché essi possano essere utilizzati e correlati per analisi a posteriori più o meno complesse, la più importante delle quali riguarda il monitoraggio dei servizi forniti dall'operatore in funzione degli indicatori quantitativi previsti nel capitolato di gara. Questa centrale è alimentata da numerosi componenti di sistema: il tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete, così da poter disporre dei dati pianificati di riferimento; il tool di gestione dei dati in tempo reale, così da mantenere uno storico dei servizi realmente erogati; ed il ticketing back-end, per avere una corrispondenza con la domanda effettiva osservata. Per completare questo quadro si prevede infine un ulteriore flusso dati direttamente dall'ITCS, in modo da poter disporre, a posteriori, di ulteriori set di dati utili per questi scopi come ad esempio la caratterizzazione del parco veicolare circolante o dati aggiuntivi disponibili a livello di bordo come il numero di passeggeri presenti sui mezzi. |

Tabella 1: Descrizione funzionale delle componenti dell'architettura.

3.2 Architettura a livello di interfacce dati

A livello di interfacce dati, l'architettura si basa su un massiccio utilizzo dei più moderni standard europei presenti allo stato dell'arte, che si prevede di introdurre in futuro in maniera sempre più completa ed estensiva. Per maggiori dettagli si rimanda all'appendice conclusiva di questo allegato. In Figura 2 viene riportata l'architettura di sistema rispetto ai protocolli di interscambio dati.

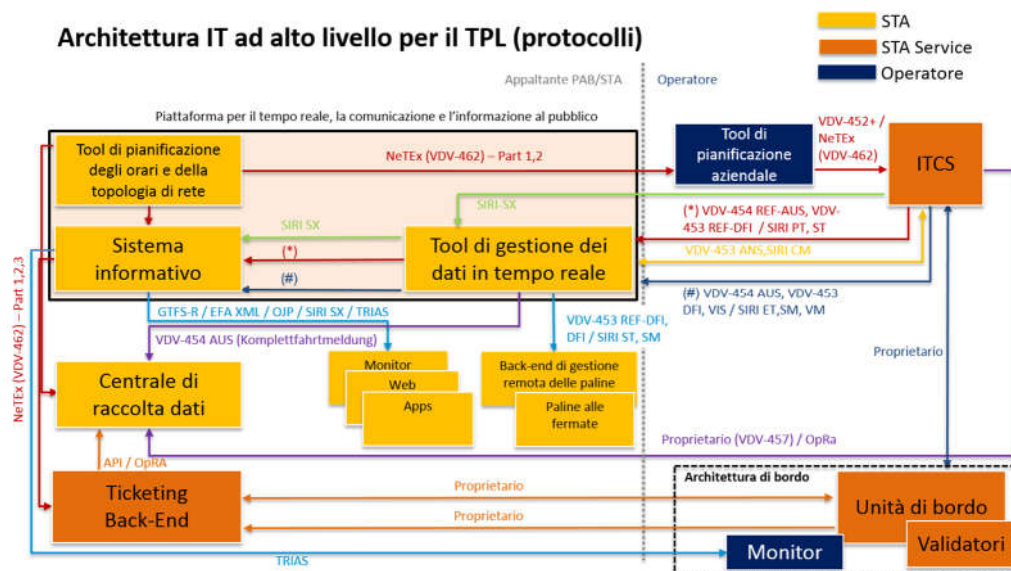


Figura 2: Architettura di sistema con vista rispetto ai protocolli di interscambio dati.

| Componente A | Componente B | Descrizione |
|--|----------------------------------|---|
| Tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete | Tool di pianificazione aziendale | I dati topologici della rete del trasporto pubblico e gli orari dei servizi programmati vengono resi disponibili attraverso lo standard NeTex nelle sue parti 1-2 [3]- [4], più precisamente attraverso il profilo tedesco dello standard (VDV-462) nella sua versione "ITCS-L3". Il dataset include in particolare l'anagrafica delle fermate (comprese le aree ed i punti di fermata), gli archi, i percorsi, le linee, i tempi di percorrenza dei percorsi, i calendari, le corse e le coincidenze. Le informazioni sono disponibili laddove previsto dallo standard in molteplici lingue: italiano, tedesco e ladino. La trasmissione, basata inizialmente su file di export ed in futuro possibilmente anche via web-services, è strutturata con un invio iniziale (nuovi orari annuali) e invii periodici giornalieri, che includono tutte le modifiche pianificate a questa programmazione di riferimento. |
| Tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete | Ticketing Back-End | Il back-end del sistema di ticketing viene alimentato non solo dal set di dati topologici della rete del trasporto pubblico e degli orari dei servizi programmati via protocollo NeTex parti 1-2 (VDV-462), ma anche con altre |

| Componente A | Componente B | Descrizione |
|--|--|---|
| | | informazioni di base necessarie per la corretta calibrazione del sistema tariffario, come ad esempio le distanze tra due zone tariffarie. Questi dati aggiuntivi sono trasmessi attraverso il protocollo NeTEx parte 3 (<i>Fare Frame</i>). |
| Tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete | Sistema informativo | Il sistema informativo è alimentato dal tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete attraverso un processo automatico. |
| Tool di pianificazione aziendale | ITCS | Una volta elaborati i dati di pianificazione aziendale del servizio essi vengono utilizzati per alimentare il sistema ITCS per la gestione operativa dei servizi. I protocolli di interscambio dati utilizzati a tale scopo sono il protocollo VDV-452+ / VDV-462. |
| ITCS | Unità di bordo | L'ITCS che gestisce la flotta dei mezzi in tempo reale trasmette i dati pianificati arricchiti alle unità di bordo installate sui mezzi con un protocollo proprietario. Ciò che è importante è garantire il continuo aggiornamento della base dati a bordo dei mezzi, con almeno la stessa frequenza con cui dati pianificati sono trasmessi dal tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete, in modo da garantire il corretto funzionamento del sottosistema di ticketing ed evitare inconsistenze rispetto all'invio dei dati in tempo reale. In prospettiva si valuterà la possibilità di rendere l'interfaccia compatibile con la specifica S04 ITxPT [5]. |
| Unità di bordo | ITCS | L'ITCS che gestisce la flotta dei mezzi in tempo reale riceve dalle unità di bordo operatore installate sui propri mezzi la posizione in tempo reale dei mezzi con un protocollo proprietario. Le unità di bordo devono anche trasmettere, in tempo reale o a fine corsa, anche il set di dati aggiuntivi da trasmettere successivamente alla centrale di raccolta dati come il numero di passeggeri presenti a bordo. Anche in questo caso si valuterà in prospettiva la possibilità di rendere l'interfaccia compatibile con la specifica S04 ITxPT. |
| ITCS | Tool di gestione dei dati in tempo reale | L'ITCS che gestisce la flotta dei mezzi in tempo reale trasmette al tool di gestione dei dati in tempo reale (i) l'orario giornaliero aggiornato e (ii) le informazioni in tempo reale sulla posizione dei mezzi della flotta ed il loro scostamento rispetto al servizio programmato. |

| Componente A | Componente B | Descrizione |
|--|--|--|
| | | Tali set di dati sono trasmessi rispettivamente attraverso i protocolli VDV-453 e VDV-454 o attraverso i protocolli europei analoghi SIRI PT, SIRI ET e SIRI VM, che supportano completamente le esigenze provinciali di multilinguismo e che saranno la soluzione a lungo termine adottata. La trasmissione delle turbative di servizio viene gestita attraverso il protocollo SIRI-SX. |
| Tool di gestione dei dati in tempo reale | Sistema informativo | Il tool di gestione dei dati in tempo reale inoltra le informazioni ricevute dall'ITCS, aggregate tra loro, al sistema informativo. Vengono utilizzati di norma gli stessi protocolli usati per l'interfacciamento con l'ITCS. |
| Tool di gestione dei dati in tempo reale | Back-end di gestione remota delle paline e paline alle fermate | Il tool di gestione dei dati in tempo reale alimenta il back-end di gestione remota delle paline inviando i set di dati trasmessi dalle centrali operatori, opportunamente convertiti, attraverso i protocolli SIRI ST e SM (VDV-453 DFI / REF-DFI). Nello specifico tali protocolli sono usati per inviare i passaggi pianificati e attuali alle fermate delle singole corse, rispettivamente. Il back-end di gestione remota delle paline rielabora questi dati e li invia alle paline alle fermate usando un'interfaccia proprietaria. |
| Sistema informativo | Monitor, Web, Apps | Il sistema informativo mette a disposizione di terze parti informazioni pianificate ed in tempo reale sui servizi di trasporto erogati. Tali informazioni sono esposte attraverso diverse interfacce dati, inizialmente EFA-XML (protocollo proprietario Mentz) e GTFS. In futuro saranno aggiunte interfacce standard come OJP, TRIAS e SIRI SX (per le informazioni sui disservizi). In particolare, grazie al protocollo TRIAS sarà possibile pilotare direttamente l'informazione passeggeri a bordo dei mezzi. Saranno messi a disposizione di terze parti anche dei widget così da facilitarne l'integrazione in applicazioni web esistenti. |
| Tool di gestione dei dati in tempo reale | ITCS | L'ITCS che gestisce la flotta dei mezzi in tempo reale non invia solo dati al tool di gestione dei dati in tempo reale. L'ITCS può anche chiedere dati di altri operatori. In particolare è prevista la gestione delle coincidenze. In questo caso richieste di coincidenze garantite da parte di altri operatori sono inoltrate per mezzo del |

| Componente A | Componente B | Descrizione |
|--|---------------------------|--|
| | | tool di gestione dei dati in tempo reale. L'operatore può confermare o non garantire la coincidenza a valle di un confronto con l'autista del mezzo coinvolto dalla richiesta. Le interazioni tra il tool di gestione dei dati in tempo reale e l'ITCS avvengono inizialmente attraverso i protocolli VDV-453 ANS, in futuro attraverso i protocolli SIRI CT e SIRI CM. L'ITCS riceve inoltre attraverso il protocollo SIRI-SX le notifiche di turbative di servizio da distribuire a bordo dei mezzi interessati. |
| Tool di gestione dei dati in tempo reale | Centrale di raccolta dati | Il tool di gestione dei dati in tempo reale trasmette alla centrale di raccolta dati il set completo dei dati relativi alle corse giornaliere pianificate ed effettuate secondo la specifica VDV-454 (" <i>Komplettfahrtmeldung mit RealZeiten</i> "). |
| Tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete | Centrale di raccolta dati | Il tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete trasmette alla centrale di raccolta dati il set completo relativo alla pianificazione dei servizi, inclusi i dati tariffari gestiti a sistema. La trasmissione avviene per mezzo del protocollo NeTEx parti 1-2 (VDV-462) per la parte di topologia di rete ed orari annuali, e NeTEx parte 3 (<i>Fare Frame</i>) per la parte dei dati relativi al sistema tariffario. Questo set di dati viene utilizzato principalmente per finalità di confronto con i dati consuntivi forniti dal tool di gestione dei dati in tempo reale e dal back-end del sistema tariffario. |
| Unità di bordo | Ticketing Back-End | Le validazioni registrate a bordo dei mezzi sono raccolte e trasmesse dall'unità di bordo al back-end corrispondente al completamento di ciascuna corsa. La trasmissione avviene attraverso protocolli proprietari. |
| Ticketing Back-End | Centrale di raccolta dati | Il Ticketing Back-End trasmette regolarmente alla centrale di raccolta dati il consuntivo in forma anonima del sistema tariffario. La trasmissione di questi dati avviene usando un'API custom, in prospettiva sostituita dal protocollo europeo standard OpRa. |
| ITCS | Centrale di raccolta dati | Questo flusso dati gestisce la trasmissione periodica di set di dati aggiuntivi che sono utili per la caratterizzazione e la valutazione a posteriori dei servizi eserciti, anche al fine di verificare il rispetto degli indicatori di qualità. A regime questo flusso dati sarà implementato |

| Componente A | Componente B | Descrizione |
|--------------|--------------|---|
| | | per mezzo del protocollo OpRa; in una fase di transizione verranno usati protocolli ad-hoc / esistenti come VDV-457 (contapasseggeri) |

Tabella 2: Descrizione delle interfacce usate nell'architettura di sistema.

3.3 Architettura di bordo

La vista dell'architettura di bordo è riportata in Figura 3.

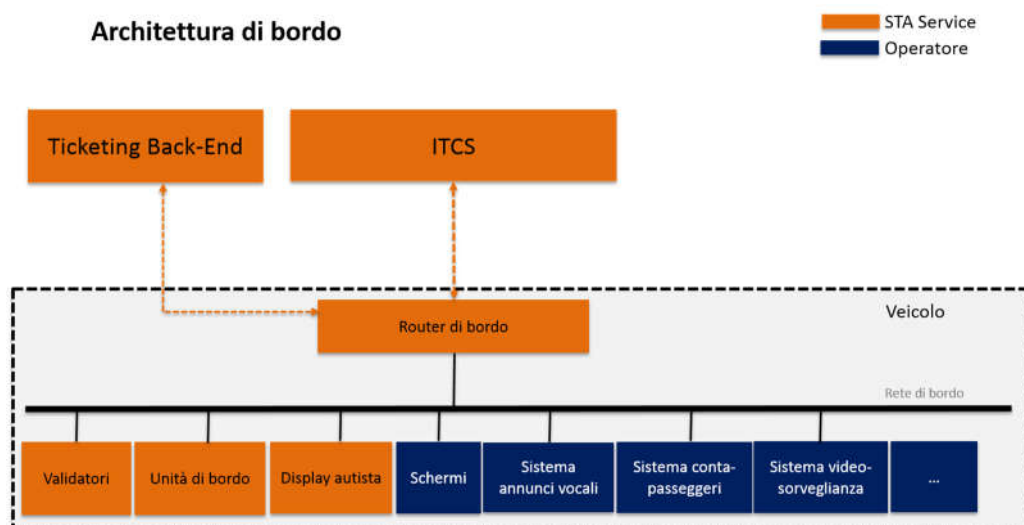


Figura 3: Architettura di bordo.

Tutti i nuovi autobus che verranno messi in servizio dovranno garantire la piena compatibilità con quest'architettura, ad eccezione dei mezzi classe A da max. 9 posti, per cui si applica una variante "light" con una dotazione di base degli apparati di bordo di gestione dell'operatore sostanzialmente più ridotta e con un utilizzo di componenti più compatte e con funzionalità minime. L'applicazione di quest'architettura sui veicoli esistenti differisce di poco nel senso che in alcuni casi l'interfacciamento con i sistemi di bordo dell'operatore (es. schermi) deve essere effettuato attraverso centraline di controllo integrato. La caratteristica fondamentale riguarda la scelta di prevedere una rete IP a bordo, secondo le specifiche e le linee guida IBIS-IP [6] - [7] / ITxPT [8]- [9]- [10]. In Tabella 3 vengono elencate in forma sintetica le funzionalità attese di ciascun componente.

| Componente | Descrizione |
|-----------------|--|
| Router di bordo | Il router di bordo ha il compito di gestire tutta la comunicazione dati con il segmento di terra, sia con il Ticketing Back-End che con l'ITCS. |
| Display autista | Il display autista è da intendersi come un'interfaccia uomo-macchina, che consente all'autista di interagire con l'unità di bordo e gestire le diverse operazioni. |
| Unità di bordo | L'unità di bordo è l'unità centrale dell'architettura di bordo, a cui sono affidati i compiti di gestire lo scambio di informazioni con (i) il segmento di terra attraverso il router di bordo; (ii) gli altri componenti di sistema collegati attraverso la rete IP veicolare. Può essere fisicamente integrata con il display autista. L'unità di bordo gestisce anche le funzionalità di ticketing, e coordina, dove previsto, l'emissione di titoli di viaggio a bordo |
| Validatori | I validatori sono apparati controllati dall'unità di bordo che hanno il compito di validare i vari titoli di viaggio previsti nel sistema tariffario dell'Alto Adige |

| Componente | Descrizione |
|------------------------------|---|
| Schermi laterali e frontali | Gli schermi laterali e frontali hanno lo scopo di visualizzare la linea servita dal mezzo ad un utente esterno che lo osserva. |
| Schermi interni | Gli schermi interni hanno la funzione di presentare informazioni di viaggio rilevanti ai passeggeri (es. informazioni sulla corsa, presenza di coincidenze) e altri contenuti digitali di info-tainment per scopi pubblicitari. |
| Sistema annunci vocali | A bordo è presente anche un sistema di annunci vocali, che fornisce ai passeggeri informazioni di viaggio rilevanti (es. prossima fermata) in modalità audio. |
| Sistema conta-passeggeri | Sono previsti a bordo anche sistemi contapasseggeri per il conteggio del numero di passeggeri a bordo. |
| Sistema di videosorveglianza | A bordo può essere previsto opzionalmente un sistema di videosorveglianza, che può operare in modalità completamente offline oppure prevedere una comunicazione con un sistema di back-end attraverso il router di bordo. |
| Componenti future | In generale l'architettura di bordo deve essere tale da poter collegare in futuro alla rete IP nuove componenti in grado di espletare nuove funzionalità. |

Tabella 3: Descrizione funzionale delle componenti di bordo veicolo.

4. APPENDICE: Introduzione agli standard di riferimento per lo scambio dati per il trasporto pubblico

La scelta di utilizzare gli standard europei per lo scambio di dati relativi al trasporto pubblico è dettata da molteplici motivi. In primo luogo, tali standard coprono in maniera completa ed esaustiva tutti i diversi scenari operativi in cui è necessario uno scambio di dati tra due diversi attori del sistema. Tali standard sono continuamente sviluppati da comitati tecnici altamente specializzati e documentati in maniera completa e dettagliata da norme e specifiche tecniche. L'utilizzo di questi standard è in continua diffusione in tutta Europa e questo garantisce da una parte di disporre di una comunità di utilizzatori con i quali è possibile un continuo confronto per capire come meglio declinare l'utilizzo di tali standard all'interno dei contesti specifici di applicazione, e dall'altra una crescente presenza sul mercato di soluzioni tecnologiche compatibili con questi standard e che garantisce una piena interoperabilità tra i diversi sistemi impiegati.

4.1 Direttiva 2010/40/EU e regolamento 2017/1926

Un forte impulso all'utilizzo di questi standard europei è stato dato dalla Commissione Europea attraverso la direttiva 2010/40/EU [11] e soprattutto il recente regolamento 2017/1926 [12]. Tale regolamento impone agli Stati Membri la predisposizione di “**punti d'accesso nazionali**”, attraverso i quali i dati delle autorità dei trasporti, degli operatori dei trasporti, dei gestori delle infrastrutture o dei fornitori di servizi di trasporto sono messi a disposizione di terze parti al fine di agevolare lo scambio e il riutilizzo di tali dati per la predisposizione di servizi di informazione globali sulla mobilità. Tale regolamento copre tutte le diverse forme di mobilità, tra cui naturalmente anche il trasporto pubblico.

I dati statici sono essenziali a fini di informazione e pianificazione durante la fase preparatoria del viaggio, e pertanto sono richiesti a tutti gli Stati membri. L'implementazione deve seguire un calendario prestabilito che garantisce una piena copertura della rete globale TEN-T entro il 2021 e delle altre parti della rete di trasporti dell'Unione entro il 2023, con priorità data inizialmente ai dati della rete di trasporto ed ai servizi offerti fino ad arrivare ai dettagli sulle tariffe e sulle modalità di pagamento di tali servizi. Per quello che riguarda invece i dati dinamici, che consentono agli utenti finali di prendere decisioni ben informate e di risparmiare tempo, essi sono considerati come “opzionali” in virtù dello sforzo tecnologico che potrebbe essere necessario a tale scopo.

Per favorire l'interoperabilità dei punti d'accesso nazionale, la Commissione impone l'utilizzo di formati e protocolli standard. Nello specifico, lo scambio di dati statici relativi a trasporti di linea (trasporti pubblici, bus a lunga percorrenza, trasporti marittimi compresi traghetti) deve avvenire attraverso lo standard CEN/TS NeTEx 16614 [3] - [4] - [13], mentre lo scambio di dati dinamici sul trasporto pubblico deve essere effettuato per mezzo dello standard CEN/TS SIRI 15531 [14] - [15] - [16] - [17] - [18]. I servizi d'informazione sulla mobilità multimodale devono essere sviluppati per la parte di pianificazione decentralizzata sulla base della specifica tecnica europea «*Intelligent Transport Systems — Public Transport — Open API for distributed journey planning 00278420*», così da favorire un collegamento trasparente tra i sistemi informativi esistenti nei vari territori dell'Unione Europea.

Ciascun Stato Membro ha la facoltà di predisporre il punto d'accesso nazionale nella maniera più congeniale possibile, tenendo anche conto della situazione di partenza. Molti Stati Membri, tra cui quello italiano, stanno andando nella direzione di istituire un unico punto centrale, alimentato dai dati forniti dai vari enti locali / regionali. Per favorire l'immediata compatibilità con gli standard indicati dalla Commissione Europea, è altamente probabile che la raccolta dei dati venga imposta fin dall'inizio attraverso i protocolli definiti nei sopracitati NeTEx e SIRI, demandando quindi alle singole autorità di trasporto, limitatamente alle proprie responsabilità, il compito di rendere disponibili i propri dati secondo questi formati.

La scelta di utilizzare nella nuova architettura per il trasporto pubblico dell'Alto Adige i più moderni standard europei non è quindi dettata solo da un'opportunità di innovazione, ma va anche incontro a delle chiare e ben definite richieste inviate da parte delle autorità nazionali ed europee. Non va inoltre dimenticato che l'Alto Adige è un territorio di confine: grazie all'utilizzo di standard europei sarà più semplice dialogare con i territori limitrofi stimolando la realizzazione di servizi informativi transfrontalieri sempre più efficaci.

Viene di seguito fornita un'introduzione sintetica e ad alto livello ai vari standard europei e nazionali che sono presi in considerazione nella nuova architettura locale di sistema. Per un approfondimento si rimanda alla ricca bibliografia riportata nell'apposita sezione.

4.2 Il comitato europeo di standardizzazione CEN TC278

WG3

Gli standard per le applicazioni telematiche nel trasporto pubblico sono sviluppati dal gruppo di lavoro ("Working Group") WG3 del comitato tecnico ("Technical Committee") TC278 del comitato europeo di normazione CEN ("Comité européen der normalisation"). Questo comitato copre attraverso i diversi gruppi di lavoro in cui è organizzato tutte le applicazioni nel campo dei trasporti su strada. Il WG3 è a sua volta strutturato in 10 sotto-gruppi di lavoro, come illustrato in Figura 4. Ciascun sotto-gruppo di lavoro si occupa di domini specifici nel settore del trasporto pubblico locale. Le attività più rilevanti ai fini dell'architettura definita per il trasporto pubblico dell'Alto Adige sono di seguito evidenziate.

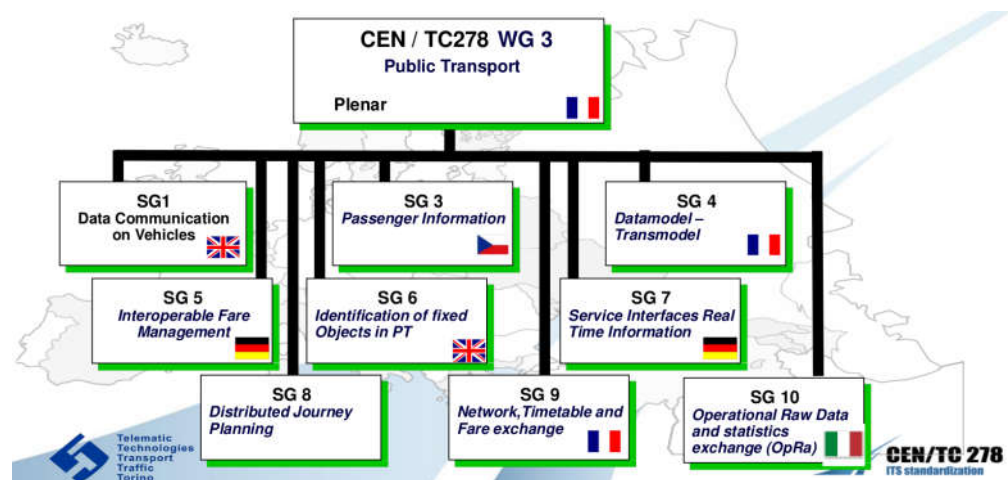


Figura 4: Struttura del gruppo di lavoro WG3 del comitato tecnico TC278 del comitato europeo di normazione CEN (Fonte: 5T).

4.2.1 Una norma europea per il modello dei dati: Transmodel

Alla base di tutti gli standard di interscambio dati è stato concepito un modello dati astratto che descrive in maniera completa tutti i vari domini del trasporto pubblico. Tale modello è completamente descritto nella norma europea ("European Norm") EN12896. La prima versione di questo standard (versione 5.1) risale al 2006 (EN12896:2006) e ha permesso la definizione dei primi standard di interscambio dati, di seguito illustrati. Questo processo ha messo in evidenza la necessità di una revisione di Transmodel, rilasciata nel 2016 nella versione 6 [19] - [20] - [21]. La nuova norma è organizzata in tre diverse parti distinte:

- **Part 1 - Common Concepts:** definizione dei concetti di base (es. attori del sistema).
- **Part 2 – Public Transport Network Topology:** descrizione della topologia di una rete di trasporto pubblico.
- **Part 3 – Timing Information and Vehicle Scheduling:** caratterizzazione dei servizi pianificati di trasporto pubblico.

Le attività del gruppo di lavoro sono ancora in corso. In particolare, è previsto il completamento della norma tecnica con altre 5 parti, così come illustrato in Figura 5 ed in modo da coprire tutte le fasi che caratterizzano la pianificazione, l'esecuzione ed il monitoraggio di un servizio di trasporto pubblico. Per maggiori informazioni su Transmodel si rimanda al sito <http://www.transmodel-cen.eu/> e più in dettaglio alla norma EN12896:2016.

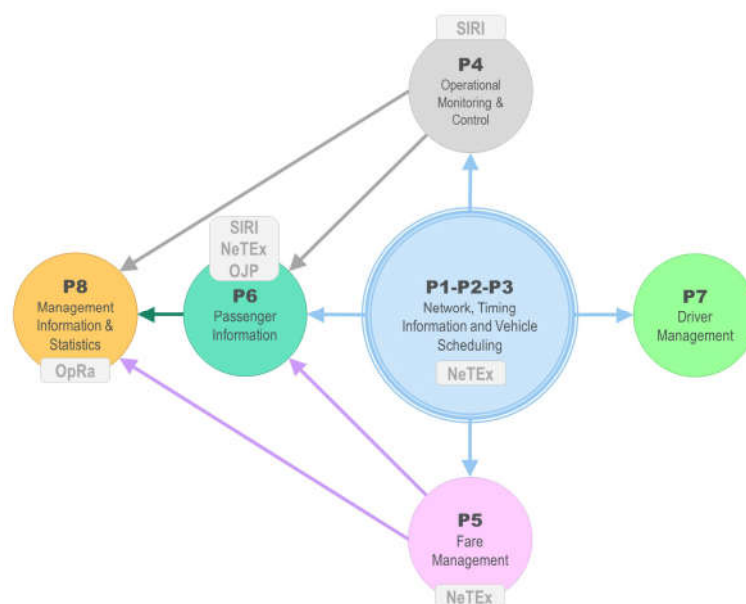


Figura 5: Suddivisione del modello dati astratto Transmodel con riferimento agli standard di interscambio dati (Fonte: Transmodel).

4.2.2 NeTEx: il protocollo europeo per lo scambio dei dati pianificati

Lo standard NeTEx (*Network Timetable Exchange*) è il protocollo europeo di riferimento per la condivisione di dati statici. Il protocollo è descritto in dettaglio nella specifica tecnica CEN / TS 16614, finalizzata nel 2014 ed organizzata in tre parti:

- **Part 1** (CEN / TS 16614-1): copre la condivisione di dati relativi alla topologia di rete di un sistema di trasporto pubblico (ad es. fermate, archi, ecc.)

- **Part 2** (CEN /TS 16614-2): copre la condivisione di dati relativi ai servizi programmati (ad es. orari, linee, ecc.)
- **Part 3** (CEN /TS 16614-3): copre la condivisione di dati relativi al sistema tariffario.

Mentre le due prime due parti dello standard sono state definite sulla base di diverse esperienze nazionali precedenti, la terza parte dello standard è una novità assoluta in questo settore. Il protocollo è stato specificatamente pensato per l'interscambio dati tra i sistemi utilizzati da un operatore di trasporto ed un sistema di back-end regionale che ha il compito di aggregare su scala territoriale tutti i dati di trasporto pubblico (sia quelli erogati su ferro che su gomma). Lo standard definisce in particolare uno schema XML (*eXtensible Markup Language*) immediatamente utilizzabile da programmi software. La condivisione di dati può avvenire sia come export e successivo import dei dati nei vari programmi, sia attraverso più moderni *web-services*.

In realtà NeTex è uno standard piuttosto generico, ed il suo utilizzo va calibrato in funzione delle specifiche esigenze operative legate ad una particolare implementazione. In particolare, ogni Stato Membro, per rispondere alle sopracitate esigenze di predisporre un punto d'accesso nazionale, sta lavorando alla definizione di un "profilo" nazionale del NeTex. Da questo punto di vista gli Stati Membri che più rapidamente si stanno muovendo in questa direzione sono Francia, Paesi Bassi, Norvegia, Italia e Germania (maggiori dettagli sugli sviluppi nazionali in questi ultimi due Stati sono illustrati in seguito).

La definizione di un profilo si basa principalmente sulla scelta dei "*frames*" da includere per una particolare implementazione di interscambio dati. Una panoramica ad alto livello di tutti i *frames* previsti da tutte e tre le parti della specifica è fornita in Tabella 4.

| Part | Nome Frame | Descrizione |
|--------|-----------------------------|---|
| Part 1 | <i>Resource Frame</i> | Permette lo scambio di dati generici quali l'anagrafica degli operatori, i diversi mezzi di trasporto considerati, la tipologia delle giornate di servizio, i calendari, l'anagrafica dei mezzi di trasporto e degli apparati di bordo, ecc. |
| | <i>General Frame</i> | Permette lo scambio di dati generici aggiuntivi specifici per una particolare implementazione (da considerare come un'estensione arbitraria del <i>Resource Frame</i>). |
| | <i>Composite Frame</i> | È associato alla scelta progettuale di trasmettere tutti i dati anziché nei differenti singoli <i>frames</i> in un unico <i>frame</i> composito. |
| | <i>Infrastructure Frame</i> | Permette lo scambio di dettagli sugli elementi della rete stradale e ferroviaria, quali ad es. eventuali restrizioni legati al transito di certi mezzi su certi archi della rete. |
| | <i>Service Frame</i> | È uno dei <i>frame</i> più importanti e tipicamente utilizzati, in quanto permette la condivisione di tutti i dati legati ad una rete di trasporto pubblico (fermate, archi, percorsi, inclusa la temporizzazione con cui essi devono essere percorsi). |
| | <i>Site Frame</i> | Permette lo scambio di dettagli quali eventuali restrizioni nell'accesso ed indicazioni per la navigazione indoor legati a fermate complesse (es. stazioni) ed altri punti d'interesse come parcheggi di park & ride. |
| Part 2 | <i>Timetable Frame</i> | È un altro dei <i>frame</i> "fondamentali", che permette lo scambio automatico di dati relativi all'organizzazione dei servizi (orari, coincidenze, ecc.) |

| Part | Nome Frame | Descrizione |
|--------|--------------------------------|---|
| Part 3 | <i>Fare Frame</i> | Permette lo scambio di dettagli sui titoli di viaggio in vigore e le loro caratteristiche (es. restrizioni, vendita, prezzi). |
| | <i>Sales Transaction Frame</i> | Permette lo scambio di informazioni legate all'anagrafica degli utenti ed ai loro acquisti di titoli di viaggio. |

Tabella 4: Elenco dei “frames” definiti nello standard NeTex.

La versione corrente dello standard è la versione 1.09, rilasciata nel 2018, ed è liberamente scaricabile in una repository aperta (<https://github.com/NeTex-CEN/NeTex>) . Per maggiori informazioni su NeTex si rimanda al sito <http://netex-cen.eu> e più in dettaglio alla specifica tecnica CEN/TS 16614.

4.2.3 SIRI: il protocollo europeo per lo scambio dei dati in tempo reale

Lo standard SIRI (*Service Interface for Real-Time Information*) è il protocollo europeo di riferimento per la condivisione di dati in tempo reale. Il protocollo è descritto in dettaglio nella specifica tecnica CEN/TS 15531, finalizzata in tutte le sue parti nel 2016. In questo caso la specifica è organizzata in cinque parti:

- **Part 1 – Context and framework** (CEN / TS 15531-1): definisce il contesto generale di riferimento illustrando diversi possibili casi d’uso.
- **Part 2 – Communications infrastructure** (CEN / TS 15531-2): definisce i meccanismi di comunicazione per lo scambio dati.
- **Part 3 – Functional service interfaces** (CEN / TS 15531-3): definisce lo schema dati ed il funzionamento del primo set di servizi SIRI:
 - **PT** (*Production Timetable*): scambio dell’orario pianificato atteso per una determinata giornata di servizio.
 - **ET** (*Estimated Timetable*): scambio di informazioni che consentono di aggiornare lo stato di erogazione dei servizi all’interno della giornata corrente, con la possibilità di gestire in tempo reale deviazioni, cancellazioni, corse aggiuntive ecc.
 - **ST** (*Stop Timetable*) e **SM** (*Stop Monitoring*): consentono di trasmettere dati attuali sugli arrivi e le partenze alle fermate o altri punti di monitoraggio, rispettivamente.
 - **VM** (*Vehicle Monitoring*): consente di condividere le posizioni correnti dei mezzi di trasporto, principalmente al fine di visualizzarle su display informativi.
 - **CT** (*Connection Timetable*) e **CM** (*Connection Monitoring*): consentono di condividere dati relative alle coincidenze, che possono essere gestite in tempo reale. Il servizio prevede anche un canale di ritorno attraverso il quale un mezzo può comunicare se la coincidenza è garantita o meno, così che quest’informazione possa essere prontamente girata al viaggiatore.
 - **GM** (*General Messaging*): servizio che consente ai vari attori di sistema di trasmettere messaggi arbitrari tra loro.
- **Part 4 – Functional service interfaces: Facility Monitoring** (CEN / TS 15531-4): definisce lo schema dati ed il funzionamento di un servizio SIRI aggiuntivo **FM** (*Facility Monitoring*), che consente lo scambio automatico di dati relativi alla disponibilità di risorse per l’erogazione dei servizi (scale mobili, emettitrici di titoli di viaggio, ecc.).

- **Part 5 – Functional service interfaces – Situation Exchange** (CEN / TS 15531-5): definisce lo schema dati ed il funzionamento di un servizio SIRI aggiuntivo **SX** (*Situation Exchange*), che consente lo scambio strutturato di informazioni di servizio, pensate per l'informazione all'utenza.

La versione corrente dello standard è la versione 2.0, consolidata nel 2015 ed è anch'esso liberamente scaricabile (<https://github.com/VDVde/SIRI>). Per maggiori informazioni su SIRI si rimanda alla specifica tecnica CEN/TS 15531.

4.2.4 EN13149 e ITxPT: verso una standardizzazione delle architetture di bordo

Per quello che riguarda gli aspetti di comunicazione dati a bordo dei mezzi di trasporto pubblici finalizzati in maniera specifica alla gestione del servizio di trasporto, la specifica tecnica di riferimento è la CEN/TS 13149. In questo caso la specifica è organizzata in nove parti. Le prime sei parti, tuttavia, sono un po' datate e risalgono al 2005-2007. Esse descrivono una possibile architettura di bordo basata su architettura WorldFIP [22] - [23] - [24], (parti 1-2-3) e CANopen [25] - [26] - [27] (parti 4-5-6). Il limite di queste architetture è che esse non sono consistenti con le reti IP, rendendo poco percorribile la possibilità di poter integrare dispositivi ed altre reti di apparati di futura generazione basate su quest'approccio. Le parti 7,8 e 9 dello standard sono state pertanto predisposte al fine di adattare una rete di bordo così che possa essere equiparabile ad una moderna rete locale (*Local Area Network* – LAN). Le parti 7 e 8 sono state introdotte tra il 2013 ed il 2015, mentre la parte 9 è attualmente in fase di lavorazione. Nello specifico:

- **Part 7 – Network and System Architecture** (CEN / TS 13149-7): descrive l'architettura di rete da un punto di vista funzionale con dettagli sulla topologia di rete, i servizi di rete elementari, ecc.
- **Part 8 – Physical Layer for IP-communication** (CEN / TS 13149-8): descrive le specifiche a livello fisico della rete IP da installare a bordo dei mezzi pubblici, con dettagli sui cavi, connettori ed altri apparati di rete.
- **Part 9 – Services Specifications** (CEN / TS 13149-9): descrive i profili di servizi applicativi, distinti tra servizi "base", "generici" e "specifici". Tra i servizi candidati alla standardizzazione si citano il servizio di localizzazione ed il servizio "FMS to IP", che espone i dati in tempo reale acquisiti dalla porta diagnostica del veicolo (consumi, stato dei freni, ecc.).

Negli ultimi anni un significativo contributo alla promozione ed allo sviluppo dello standard è stato dato dall'iniziativa **ITxPT** (*Information Technology for Public Transport*), a cui aderiscono i principali produttori europei di veicoli ed apparati di bordo. Come indicato schematicamente in Figura 6, il ruolo di ITxPT è quello di garantire una più forte interazione tra la ricerca in questo campo, ad oggi trainata da progetti europei come EBSF2 (<http://www.ebsf2.eu>), il mercato e la standardizzazione. In particolare, ITxPT mette liberamente a disposizione una serie di specifiche e linee guida per la progettazione di un'architettura di bordo compatibile con le parti più recenti dello standard nonché un centro di test a Parigi per certificare la piena compatibilità degli apparati di bordo con le specifiche tecniche in esse contenute. Tale materiale è liberamente accessibile sul sito <https://itxpt.org>. ITxPT mette a disposizione anche una lista aggiornata di veicoli ed apparati di bordo che sono stati certificati.



Figura 6: Il ruolo dell'organizzazione ITxPT nel processo di standardizzazione dell'architettura di bordo veicolo.

4.2.5 Verso servizi interoperabili e transfrontalieri di pianificazione dei viaggi: lo standard Open Journey Planning (OJP)

Un'altra specifica europea di particolare importanza per il contesto specifico dell'Alto Adige è la specifica Open Journey Planning (OJP), definita nel 2017 dal sotto-gruppo 8 del comitato tecnico CEN TC278 WG3 sulla base di numerose iniziative precedenti condotte in Germania, come l'iniziativa EU-Spirit (<https://eu-spirit.eu/>) e DELFI (<https://www.delfi.de>). OJP è sostanzialmente un'API (Application Programming Interface) pensata in modo particolare per alimentare lo sviluppo di servizi distribuiti per la pianificazione di viaggi in Europa. Per un territorio di frontiera e dalla forte componente turistica come l'Alto Adige, la compatibilità con la specifica OJP garantisce la possibilità per i viaggiatori occasionali di pianificare in modo più efficiente i propri spostamenti con i mezzi pubblici, sia per arrivare nella nostra Provincia che per muoversi al suo interno. OJP è caratterizzato da una serie di servizi, brevemente riassunti in Tabella 5.

| Servizio | Descrizione |
|--------------------------|---|
| <i>Departure Monitor</i> | Permette di ricevere informazioni (pianificate ed eventualmente in tempo reale) sulle prossime partenze previste ad una certa fermata / stazione. E' di fatto una semplificazione del servizio corrispondente SIRI (SIRI ST / SM), pensato per l'informazione all'utenza. |
| <i>Fare Information</i> | Permette di avere informazioni sulle tariffe associate a certi servizi di trasporto. Le informazioni sono classificate come informazioni <i>statiche</i> , |

| Servizio | Descrizione |
|-----------------------------------|--|
| | che descrivono sinteticamente il funzionamento del sistema tariffario corrispondente, e <i>relative al viaggio</i> , che includono le tariffe specifiche legate ad una certa opzione di viaggio da realizzare in un determinato giorno. |
| <i>Location Text Matching</i> | È un servizio che permette di semplificare le ricerche degli utenti di particolari "oggetti" di una rete di trasporto pubblico, come ad es. le fermate, cercando di creare un'associazione tra una ricerca utente (es. nome di una fermata, relativo indirizzo, ecc.) e l'oggetto corrispondente utilizzando i diversi metadati che lo contraddistinguono. |
| <i>Object Information Service</i> | Permette di ricevere gli "oggetti" geografici di una rete di trasporto pubblico. Questo servizio può essere utile per consentire ad applicazioni a supporto della pianificazione di un viaggio di avere a disposizione queste informazioni preventivamente rispetto ad una richiesta dell'utente, ottimizzando così i tempi di risposta. |

Tabella 5: Elenco dei servizi definiti dalla specifica OJP.

4.3 Una panoramica degli standard nazionali presenti in Italia e nei paesi di madrelingua tedesca

La nuova architettura IT del trasporto pubblico dell'Alto Adige non garantisce soltanto la piena compatibilità con i principali standard definiti a livello europeo, ma anche una compatibilità con i principali standard esistenti a livello nazionale e con quelli diffusi nei paesi di madrelingua tedesca. Questo non rappresenta un elemento di contraddizione, ma piuttosto una scelta di completezza, giustificata dai seguenti motivi:

- il requisito di predisporre dei punti d'accesso nazionale compatibili con i protocolli europei di interscambio dati NeTeX e SIRI sta imponendo ai vari Stati Membri la necessità di definire dei **"profili" nazionali**, ossia una declinazione specifica di tali protocolli che consente di trasmettere i dati nella maniera più efficiente possibile in relazione al particolare contenuto informativo ed alle specificità con i ciascun Stato Membro gestisce a livello organizzativo l'erogazione dei servizi di trasporto pubblico. La compatibilità dell'architettura con i profili nazionali in corso di definizione in Italia (e, vista la posizione geografica particolare dell'Alto Adige, nei paesi di madrelingua tedesca) è pertanto di fondamentale importanza per garantire la prossima possibilità di alimentare il punto d'accesso nazionale italiano;
- l'adozione dei vari protocolli europei di interscambio dati verrà effettuata secondo un processo graduale così da garantire una minimizzazione dei rischi associati a questo cambiamento. Durante il **processo di migrazione**, lo scambio dei dati sarà possibile anche attraverso altri protocolli, largamente diffusi e supportati dai prodotti e dalle soluzioni presenti sul mercato. Dal momento che attualmente alcuni componenti di sistema sono forniti da produttori tedeschi³, i protocolli aggiuntivi supportati in questo periodo sono quelli definiti da VDV (*Verband Deutscher Verkehrsunternehmen*), l'associazione tedesca dell'aziende di trasporto. Queste specifiche hanno inoltre il vantaggio di coprire efficacemente tutto lo spettro dei domini coperti dall'architettura e sono alla base della maggior parte

³ In particolare il tool di pianificazione degli orari e della topologia di rete, ad oggi implementati rispettivamente attraverso un'istanza di DIVA ed EFA prodotti dalla ditta Mentz.

dei protocolli europei di interscambio dati, rendendo di fatto più semplice la transizione alla versione finale dell'architettura.

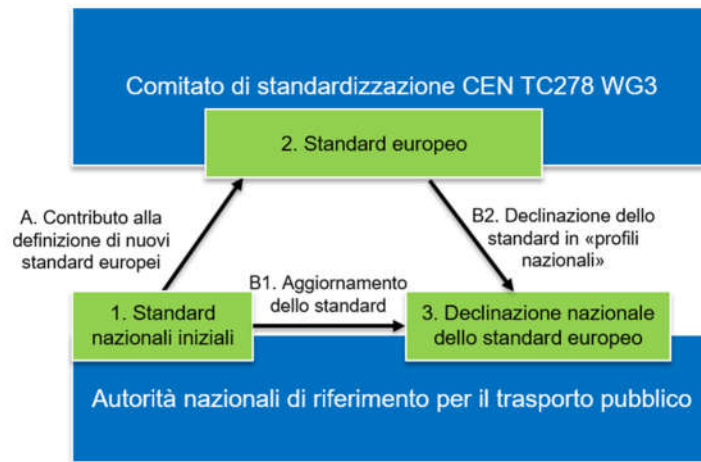


Figura 7: Rappresentazione grafica del processo di interazione tra specifiche nazionali ed europee.

4.3.1 Il protocollo piemontese BIPex – un possibile standard nazionale per il contesto italiano?

A livello italiano, non esistono ad oggi ancora dei protocolli ufficiali di riferimento su scala nazionale nell'ambito dello scambio di dati relativi ai servizi di trasporto pubblico. L'unico protocollo aperto ad oggi esistente ed utilizzato è il protocollo BIPex (<http://www.bipex.eu/>), sviluppato da 5T, società piemontese a totale partecipazione pubblica. Il protocollo è stato sviluppato nell'ambito del progetto BIP (Biglietto Integrato Piemonte), che vede le sue origini già negli anni 2007-2008 e che si era posto come obiettivi, tra gli altri, di realizzare un di un sistema di bigliettazione elettronica regionale basato su tecnologia smartcard contactless e di rendere più efficienti i processi di interscambio dati tra Centro Servizi Regionale (CSR), i sistemi informativi dei Centri di Controllo Aziendale (CCA) ed il Sistema Informativo Regionale (SIRe).

BIPex è un protocollo aperto, rilasciato con licenza Creative Commons 4.0 (BY-NC-ND) così da favorirne un riutilizzo da parte di altre pubbliche amministrazioni italiane. Grazie anche al suo graduale e crescente utilizzo in altre regioni italiane come la Liguria, il protocollo BIPex si sta candidando in maniera sempre più forte ad essere il protocollo di riferimento su scala nazionale per lo scambio di dati sul trasporto pubblico locale. Questa candidatura è rafforzata ulteriormente dal fatto che, in virtù dell'attiva partecipazione di 5T al comitato di standardizzazione CEN TC278 WG3, il protocollo è direttamente ispirato e quindi compatibile con i protocolli europei di riferimento, rendendolo quindi utilizzabile, a meno di eventuali adeguamenti ed aggiornamenti, come "profilo nazionale".

Il protocollo è strutturato in tre parti:

- **Servizio Programmato:** copre la trasmissione di tutti i dati del servizio programmato nonché tutte le dotazioni degli operatori appartenenti ad un certo CCA. Può essere considerata una declinazione specifica delle parti 1-2 del protocollo NeTEx.
- **Servizio Esercito:** permette la trasmissione delle informazioni consuntivate sul servizio realmente esercito con indicazione di anticipi/ritardi e delle difformità fra programmato ed esercito, corredate di giustificativi. La parte di consuntivazione non ha attualmente un corrispondente protocollo europeo, e costituisce

l'ispirazione per il futuro protocollo OpRa a cui sta lavorando, sotto il coordinamento proprio di 5T, il sotto-gruppo 10 del comitato CEN TC278 WG3.

- **Tempo Reale:** permette la trasmissione di informazioni aggiornate in tempo reale con indicazione di anticipi/ritardi. Il protocollo è da intendersi come un'applicazione specifica del protocollo SIRI.
- **Tariffazione (anagrafiche e consuntivazione):** consente la trasmissione di tutti i dati relativi al sistema tariffario, alle dotazioni hardware presenti ed alle operazioni (emissioni, vendite, validazioni) effettuate. Può essere considerata una declinazione specifica della parte 3 del protocollo NeTEx, per quanto sia stata sviluppata prima del completamento del NeTEx stesso e lo estenda in alcune parti (in particolare, le informazioni legate agli apparati utilizzati nel sottosistema di ticketing)

4.3.2 Gli standard di riferimento nei paesi di madrelingua tedesca: le specifiche VDV

Su scala europea, lo Stato Membro che più si distingue per la presenza di standard nazionali in questo campo applicativo è la Germania. Tali standard sono prodotti dall'associazione VDV ("*Verband Deutscher Verkehrsunternehmen*"), a cui aderiscono circa 600 società di trasporto pubblico operanti sia su ferro che su gomma. Gli standard più rilevanti sono i seguenti:

- **VDV-452** [28]. Attualmente disponibile nella versione 1.5 del 2013, copre la possibilità di esportare / importare i dati pianificati (dati di rete ed orario) in funzione di un certo modello dati, oggi disponibile nella sua versione 5.0 e parzialmente compatibile con il modello definito in Transmodel. Questo standard mira a coprire il caso applicativo per cui i dati sono esportati da un tool di pianificazione ed importati in un sistema di gestione operativa dei mezzi in servizio. Il set di dati copre nello specifico:
 - **calendari;**
 - **fermate** ed altri punti d'interesse;
 - anagrafica dei **veicoli**;
 - **archi, tempi e modalità di percorrenza;**
 - **percorsi e linee;**
 - **orari.**

Con la versione 1.3 sono stati inclusi anche i dati relativi alle **coincidenze**, mentre nella versione 1.5 sono disponibili anche le **zone**.

- **VDV-462** [2]. È uno standard di recente pubblicazione, ed è da intendersi come l'implementazione tedesca dello standard **NeTEx Part 1 e 2**. Lo standard è retrocompatibile con lo standard VDV-452: attraverso opportune tabelle di mapping tutti gli attributi previsti nelle tabelle di import/export dello standard VDV-452 sono mappati in corrispondenti attributi dello standard VDV-462. Lo standard VDV-462 estende significativamente la base dati condivisibile tra due sistemi, sulla base di quanto definito in NeTEx; in particolare è disponibile anche:

- una **descrizione più dettagliata delle fermate** (es. con possibilità di sviluppare servizi di navigazione indoor in stazioni complesse come stazioni dei treni);
- l'**anagrafica dei treni**, che arricchisce l'anagrafica dei veicoli (intesi nella specifica VDV-452 solo come autobus);
- i dati pianificati relativi ai **servizi di trasporto a chiamata**, che arricchisce la descrizione dei veicoli (intesi nella specifica VDV-452 solo come autobus).

La declinazione del protocollo NeTeX viene effettuata attraverso un frame composito (*CompositeFrame*). La specifica prevede non una ma tre diverse versioni:

- **L1 – versione base**;
 - **L2 – versione standard**, che comprende anche le coincidenze e l'anagrafica dei veicoli.
 - **L3 – versione completa**, che comprende anche la modellazione complessa delle fermate.
- **VDV-453** [29]. Assieme al VDV-454 è lo standard che ha dato le origini allo standard SIRI. Attualmente disponibile nella versione 2.6 del 2018, copre la possibilità di scambiare dati in tempo reale tra due sistemi di gestione di flotte di autobus. Lo standard prevede diversi servizi:
 - **ANS & REF-ANS** ("*Anschlussicherung*"): scambio delle coincidenze pianificate (REF-ANS) e attuali (ANS);
 - **DFI & REF-DFI** ("*Dynamische Fahrgastinformationen*"): scambio di dati pianificati (REF-DFI) e attuali (DFI) da trasmettere sui canali informativi presenti alle fermate;
 - **VIS** ("*Visualisierung von Fremdfahrzeugen*"): scambio di dati della posizione attuale dei mezzi, pensato per una loro visualizzazione su mappa;
 - **AND** ("*Allgemeiner Nachrichtendienst*"): scambio in tempo reale di messaggi generali relativi al funzionamento corrente dei servizi di trasporto pubblico.

Con la versione 1.3 sono stati inclusi anche i dati relativi alle **coincidenze**, mentre nella versione 1.5 sono disponibili anche le **zone**.

- **VDV-454** [30]. Attualmente disponibile nella versione 2.2 del 2018, completa la specifica VDV-453 coprendo la possibilità di scambiare dati in tempo reale tra un sistema di gestione di flotte di autobus ed un sistema informativo per i passeggeri. Lo standard prevede un unico servizio:
 - **AUS & REF-AUS** ("*Fahrplanauskunft*"): scambio dei dati pianificati attualizzati (REF-AUS) e corrispondente stato in tempo reale con previsioni dei tempi di passaggio alle fermate (AUS).
- **VDV-301** [31] - [32]. È la specifica più nota come **IBIS-IP** che copre l'architettura di bordo. La specifica è divisa in due parti: la prima (301-1) descrive l'architettura di bordo da un punto di vista funzionale, la seconda (301-2) definisce le specifiche

delle interfacce per la condivisione di dati tra i sistemi di bordo. La seconda parte dello standard è poi corredata da un elenco di allegati, che descrivono in maniera specifica tutti i servizi dati, in particolare:

- 301-2-1: strutture dati condivisi;
 - 301-2-2: servizio **BeaconLocationService** (restituisce le informazioni associate alla presenza di beacon a bordo del mezzo);
 - 301-2-3: servizio **CustomerInformationService** (restituisce le informazioni da utilizzare per le applicazioni di bordo di informazione all'utenza);
 - 301-2-4: servizio **DistanceLocationService** (restituisce l'avanzamento del mezzo sul percorso in funzione dei dati restituiti dall'odometro);
 - 301-2-5: servizio **GNSSLocationService** (restituisce la posizione corrente del mezzo)
 - 301-2-6: servizio **JourneyInformationService** (mette a disposizione i dati pianificati)
 - 301-2-7: servizio **NetworkLocationService** (restituisce informazioni sulla posizione corrente del mezzo su un certo percorso)
 - 301-2-8: servizio **PassengerCountingService** (restituisce i dati di conteggio dei passeggeri a bordo)
 - 301-2-9: servizio **TicketingService** (mette a disposizione funzionalità per la gestione del sistema di ticketing a bordo)
 - 301-2-10: servizio **TimeService** (fornisce l'attuale data e ora, compreso il fuso orario di riferimento)
 - 301-2-11/12/13: servizi **VideoLiveService**, **VideoRecordingService** e **VideoDisplayService** (servizi che mettono a disposizione i frame video acquisiti dal sistema di videosorveglianza di bordo per diverse finalità applicative).
- **VDV-431** [6] - [7]. È la specifica che riguarda l'architettura dei servizi informativi (in tedesco, **EKAP** – *Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform*). La specifica è divisa in due parti: la prima (431-1) descrive l'architettura per l'informazione passeggeri da un punto di vista funzionale, la seconda (431-2) definisce le specifiche delle interfacce con cui alimentare le applicazioni degli utenti finali. Le interfacce sono note con l'acronimo **TRIAS** (*Travellers Realtime Information & Advisory Standard*) e non solo sono consistenti con le interfacce SIRI per il tempo reale, ma rappresentano la base per lo standard OJP.

Per quello che riguarda lo standard IBIS-IP, si riporta un interessante confronto tra i servizi di bordo definiti dallo standard con quelli definiti da ITxPT. Com'è possibile notare, ci sono servizi che sono pressoché equivalente ed altri che sono implementati solo in uno dei due standard. Inoltre, lo standard ITxPT prevede una distribuzione dei dati tramite un componente intermedio (MQTT broker). È presumibile attendersi una convergenza dei due standard a livello europeo al fine di un ulteriore sviluppo della specifica EN 13149.

| Tipologia di servizio | Servizio IBIS-IP | Servizio ITxPT | Livello di compatibilità |
|-----------------------|------------------|----------------|--------------------------|
| Accesso dati GPS | GNSSLocation | GNSSLocation | Elevata |

| Tipologia di servizio | Servizio IBIS-IP | Servizio ITxPT | Livello di compatibilità |
|--|---|----------------------|--------------------------|
| Accesso dati orologio di riferimento | Time | Time | Elevata |
| Accesso dati veicolari | - | FMS2IP (VehicleToIP) | - |
| Accesso dati passeggeri | PassengerCounting | APC | Buona |
| Monitoraggio stato componenti di bordo | DeviceManagement | ModuleInventory | Buona |
| Accesso sistema videosorveglianza | VideoDisplay (VideoLive, VideoRecording) | - | - |
| Accesso dati posizionamento veicolare | DistanceLocation, BeaconLocation, NetworkLocation | - | - |
| Interfacciamento sistema di ticketing | Ticketing | - | - |
| Interfacciamento display autista | - | MADT | - |
| Informazioni passeggeri | CustomerInformation | AVMS | Scarsa |
| Informazioni di viaggio | JourneyInformation | AVMS | Scarsa |

Tabella 6: Confronto tra servizi IBIS-IP e ITxPT.

4.4 Uno sguardo ad altri standard “de-facto” di utilizzo diffuso

4.4.1 GTFS e GTFS-RT

A completamento di questa panoramica degli standard esistenti, è opportuno citare anche la presenza di alcuni formati dati che puro non essendo standard nella pratica lo sono diventati. È il caso soprattutto del formato GTFS (*General Transit Feed Specification*) definito da Google, molto usato nello sviluppo di applicazioni finali per i passeggeri che integrano dati pianificati ed in tempo reale sullo stato dei servizi di trasporto pubblico. L'esempio più noto in tal senso è Google Maps: la pubblicazione dei dati su questa piattaforma è possibile solo se i dati sono disponibili in questo formato. La specifica GTFS è piuttosto semplice, e prevede che i dati siano contenuti in una serie di file di testo (.txt) e compressi in una cartella ZIP. Ogni file, strutturato come una tabella, prevede dei campi opzionali ed obbligatori. Le informazioni in tempo reale sono gestibili invece come dei *feed*, che possono essere di tre diversi tipi:

- **Trip Updates:** aggiornamenti generali su una corsa (es. corsa in ritardo);
- **Service Alerts:** aggiornamenti di carattere generale (es. fermata temporaneamente sospesa);
- **Vehicle Positions:** informazione in tempo reale sulla posizione di un mezzo.

Per quello che riguarda gli aspetti di tariffazione, il set di informazioni incluso nella specifica GTFS è pressoché nullo.

5. Bibliografia

- [1] European Committee for Standardization (CEN), «Transmodel V6.0 - Definitions of concepts for parts 1-2-3», 2014.
- [2] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-462: "Standardisierter Austausch von Liniennetz- und Fahrplandaten mit der europäischen Norm CEN-TS 16441 'NeTEx'",» 2018.
- [3] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 16614-1: 2014 "Public transport - Network and Timetable Exchange (NeTEx) - Part 1: Public transport network topology exchange format",» 2014.
- [4] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 16614-2: 2014 "Public transport - Network and Timetable Exchange (NeTEx) - Part 2: Public transport scheduled timetables exchange format",» 2014.
- [5] ITxPT (Information Technology for Public Transport), «S04 - Over the Air (OtA) Architecture specifications (release S04v2.0_2017),» 2017.
- [6] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-431: "Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform EKAP" (Teil 1: Systemarchitektur),» 2014.
- [7] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-431: "Echtzeit Kommunikations- und Auskunftsplattform EKAP" (Teil 2: EKAP-Schnittstellenbeschreibung V1.2),» 2017.
- [8] ITxPT (Information Technology for Public Transport), «S01 - Vehicle Installation Requirements Specifications (release S01v2.0_2017),» 2017.
- [9] ITxPT (Information Technology for Public Transport), «S02 - Onboard Architecture specification (release S02v2.0_2017),» 2017.
- [10] ITxPT (Information Technology for Public Transport), «S03 - Back-Office Architecture specifications (release S03v2.0_2017),» 2017.
- [11] Commissione Europea, «Direttiva 2010/40/EU: "Diffusione dei sistemi di trasporto intelligente nel settore del trasporto stradale e nelle interfacce con altri modi di trasporto",» 2010.
- [12] Commissione Europea, «Regolamento 2017/1926: "Predisposizione in tutto il territorio dell'Unione europea di servizi di informazione sulla mobilità multimodale,» 2017.
- [13] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 16614-3: 2016 "Public transport - Network and Timetable Exchange (NeTEx) - Part 3: Public transport fares exchange format",» 2016.
- [14] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 15531-1: 2015 "Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Part 1: Context and framework",» 2015.
- [15] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 15531-2: 2015 "Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Part 2: Communications",» 2015.
- [16] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 15531-3: 2015 "Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Part 3: Functional service interfaces",» 2015.
- [17] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 15531-4: 2015 "Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Part 4: Functional service interfaces: Facility Monitoring",» 2011.

- [18] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/TS 15531-5: 2016 "Public transport - Service interface for real-time information relating to public transport operations - Part 5: Functional service interfaces situation exchange: Situation Exchange",» 2016.
- [19] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 12896-1: 2017 "Public transport - Reference data model - Part 1: Common concepts",» 2017.
- [20] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 12896-2: 2017 "Public transport - Reference data model - Part 2: Public transport network",» 2017.
- [21] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 12896-3: 2017 "Public transport - Reference data model - Part 3: Timing information and vehicle scheduling",» 2017.
- [22] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-1: 2005 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 1: WORLDIFIP definition and application rules for onboard data transmission",» 2005.
- [23] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-2: 2005 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 2: WORLDIFIP cabling specifications",» 2005.
- [24] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-3: 2008 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 3: WorldIFIP message content",» 2008.
- [25] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-4: 2005 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 4: General application rules for CANopen transmission buses",» 2005.
- [26] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-5: 2005 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 5: CANopen cabling specifications",» 2005.
- [27] European Committee for Standardization (CEN), «CEN/EN 13149-6: 2006 "Public transport - Road vehicle scheduling and control systems - Part 6: CAN message content",» 2006.
- [28] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-452: "VDV-Standardschnittstelle Liniennetz/Fahrplan" (V1.5),» 2013.
- [29] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-453: "Ist-Daten-Schnittstelle" (V2.6),» 2018.
- [30] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-454: "Ist-Daten-Schnittstelle - Fahrplanauskunft" (V2.2),» 2018.
- [31] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-301-1: "Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP" (Teil 1: Systemarchitektur),» 2014.
- [32] VDV - Die Verkehrsunternehmen, «VDV-301-2: "Internetprotokoll basiertes integriertes Bordinformationssystem IBIS-IP" (Teil 2: Schnittstellenspezifikation),» 2016.