

Marek SUMIŁA<sup>1</sup>, Mariusz RYCHLIKI<sup>2</sup>

Politechnika Warszawska  
Wydział Transportu, Zakład Telekomunikacji w Transporcie  
ul. Koszykowa 75, 00-662 Warszawa

<sup>1</sup> sumila@it.pw.edu.pl

<sup>2</sup> mry@it.pw.edu.pl

## ANALIZA STRUKTUR WYMIANY INFORMACJI W SYSTEMACH ITS

### Streszczenie:

W artykule zwrócono uwagę na aspekt wymiany informacji pomiędzy urządzeniami i systemami realizującymi określone usługi ITS. Zamieszczono klasyfikację usług i systemów ITS oraz przedstawiono architekturę wymiany informacji pomiędzy elementami tych systemów i zarys ich współpracy. Zamieszczono również przykład opisujący komunikację informacyjną systemu zarządzania arterią komunikacyjną, a innymi systemami ITS

Słowa kluczowe: systemy ITS, przepływ informacji, integracja systemów

### WPROWADZENIE

Systemy ITS (*Intelligent Transport Systems*) są definiowane jako systemy mające na celu usprawnienia działalności transportowej poprzez redukcję kosztów operacyjnych, zwiększenia poziomu bezpieczeństwa oraz optymalizację wykorzystania istniejącej infrastruktury drogowej przez poruszające się pojazdy. W założeniu systemy te mają wykorzystywać technologie telekomunikacyjne, informatyczne, a także urządzenia automatyki i pomiarowe, które w powiązaniu z zaawansowanymi metodami sterowania wpływają na poprawę komunikacji drogowej<sup>1</sup>.

Ważną rolę w pracy systemów ITS odgrywa dystrybucja informacji, której źródłem, ale i odbiorcą są elementy tych systemów. Ta podstawowa funkcjonalność do dnia dzisiejszego stanowi poważny problem ze względu na różnorodność, ważność, zakres oddziaływania, jak również sposób pozyskiwania i dystrybucji informacji. Brak dostatecznej komunikacji może być źródłem wielu niepokojących zjawisk, które objawiają się poprzez brak informacji o sytuacji drogowej, utratę synchronizacji multimodalnych środków transportu, zaburzenia w płynnym sterowaniu ruchem i wiele innych.

W sposobie pozyskiwania i dystrybucji informacji związanych z ITS kluczowa jest również sama wiadomość, którą powinny charakteryzować elementy takie, jak np. nadawca, odbiorca, ważność, czas i w końcu treść. W tym celu konieczny jest na stykach systemów jednolity, usystematyzowany protokół wymiany wiadomości niezależny od producenta i typu urządzeń.

Do dnia dzisiejszego w dziedzinie systemów ITS większą wagę pokłada się w definiowaniu usług i systemów, a niewiele robi się w dziedzinie opisu trybu komunikacji, uporządkowaniu typów wiadomości, styków i protokołów.

W dalszej części artykułu zostaną przedstawione systemy ITS ze względu na realizowane przez nie usługi. Następnie, przedstawione zostaną płaszczyzny systemów ITS i grupy

<sup>1</sup> <http://www.iteris.com/itsarch/html/glossary/glossary.htm>

charakteryzujących je wiadomości. W dalszej części przeprowadzono analizę metod przekazywania wiadomości, a następnie wprowadzono przykład komunikacji wybranego systemu z pozostałymi opisanymi wcześniej systemami. W końcowej części zostaną przedstawione krótkie wnioski.

### 1. SYSTEMY ITS

Dzisiejsza popularyzacja systemów ITS jest wynikiem stałego wzrostu zapotrzebowania na informację zarówno przez podróżujących, jak i ośrodki zarządzania transportem. W celu ujednolicenia zasad tworzenia i rozwoju tych rozwiązań podjęto działania normalizacyjne.

#### 1.1 Normalizacja architektury systemów ITS

W normalizacji systemów ITS uczestniczy wiele ośrodków badawczych, instytucji rządowych i standaryzujących. Do najważniejszych można zaliczyć ISO w zakresie struktury usług ITS, CENELEC (*Comite Europeen de Normalisation Electrotechnique*) w zakresie elektrotechniki, CEN (*Comite Europeen de Normalisation*) w innych obszarach związanych z technikami informatycznymi i informacyjnymi, ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*) w zakresie telekomunikacji. Do krajów o największej aktywności badawczej w tej dziedzinie zalicza się Stany Zjednoczone [6], Japonię [3] i Australię [2].

#### 1.2 Kategoryzacja usług ITS

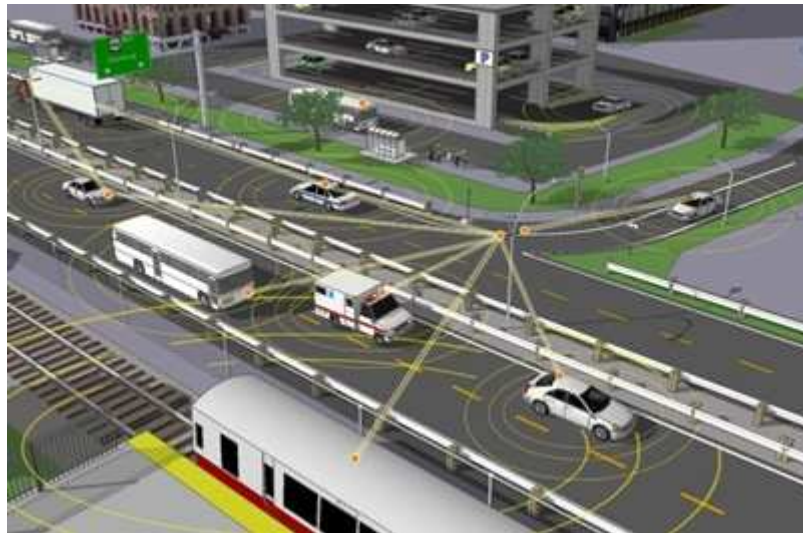
Wymienione ośrodki normalizujące wskazują nadrzędną cechę ITS, którą jest realizacja usług na rzecz transportu. Usługi te zostały, w zależności od ośrodka badawczego, różnie ujęte jednak wszystkie wskazują na podział zbliżony do tego, jaki został przyjęty przez ISO w 2007 roku [1]. Zgodnie z zaleceniami zawartymi w normie OSI 14813-1 usługi ITS dzieli się na jedenaście obszarów, a wśród nich wymienia się:

- Informacje dla podróżnych (*Traveller Information*) – dostarczanie zarówno statycznej, jak i dynamicznej informacji dla użytkowników o sieci transportowej.
- Zarządzanie ruchem i jego obsługa (*Traffic Management And Operations*) – zarządzanie ruchem pojazdów, podróżnych i pieszych w sieci komunikacji drogowej.
- Wspomaganie pojazdów (*Vehicle Services*) – oddziaływanie w zakresie poprawy bezpieczeństwa, sprawności funkcjonowania pojazdów poprzez ostrzeganie i wspomaganie użytkowników lub sterowanie funkcjami pojazdów.
- Transport towarowy (*Freight Transport*) – zarządzanie funkcjonowaniem pojazdów komercyjnych, w tym zarządzanie przepływem towarów i floty, działanie polegające na autoryzacji procesów cargo i przyśpieszeniu procesów związanych z transportem multimodalnym.
- Transport publiczny (*Public Transport*) – obejmuje usługi transportu publicznego i dostarczanie informacji operacyjnych do zarządcy i użytkownika, włącznie z elementami multimodalności.
- Ratownictwo (*Emergency*) – usługi dostarczane jako odpowiedź na zdarzenia wypadkowe.
- Płatności elektroniczne (*Transport-Related Electronic Payment*) – transakcje finansowe i rezerwacje związane z usługami transportowymi.
- Bezpieczeństwo osób w ruchu drogowym (*Road Transport-Related Personal Safety*) – ochrona użytkowników transportu włącznie z pieszymi i rowerzystami.

- Nadzór warunków pogodowych i środowiskowych (*Weather And Environmental Conditions Monitoring*) – czynności związane z nadzorem i powiadamianiem o warunkach pogodowych i środowiskowych.
- Koordynację i zarządzanie w sytuacjach zagrożeń (*Disaster Response Management And Coordination*) – czynności bazujące na transporcie samochodowym będące odpowiedzią na zaistniałe klęski żywiołowe, niepokoje społeczne lub ataki terrorystyczne.
- Bezpieczeństwo narodowe (*National Security*) – czynności mające na celu bezpośrednią ochronę lub łagodzenie fizycznych lub operacyjnych szkód będących następstwem klęsk żywiołowych niepokojów społecznych lub ataków terrorystycznych.

### 1.3 Płaszczyzny oddziaływania systemów ITS

Funkcjonowanie współczesnych systemów ITS jest realizowane w trzech płaszczyznach. Pierwszą płaszczyzną jest infrastruktura, w której zainstalowane elementy systemów ITS pozwalają na realizację wielu usług opisanych normą ISO 14813 [1]. Przykładami takich elementów są: tablice informacyjne, synoptyczne i znaki zmiennej treści, bramki poboru opłat, punkty automatycznej weryfikacji typu i klasy pojazdów, radiolatarnie i wiele innych. Elementy pierwszej grupy najczęściej wchodzi w interakcję z urządzeniami zainstalowanymi w pojazdach, a te stanowią drugą płaszczyznę opisywanych systemów ITS. Wśród urządzeń instalowanych na pokładzie pojazdu najczęściej wymienia się systemy nawigacyjne, systemy nadzoru pojazdu oraz jego ładunku. W celu zapewnienia właściwej interakcji z urządzeniami zainstalowanymi w infrastrukturze drogowej pojazdy są wyposażane w szereg czujników. Przekazywanie informacji o pojeździe wymaga zastosowania modemów i nadajników teletransmisyjnych funkcjonujących najczęściej w paśmie 900 MHz i 2,4 GHz. Przykład komunikacji i oddziaływania elementów takich systemów przedstawia rysunek 1.



Rys. 1. Przykład współpracy systemów ITS.

Źródło: [http://www.its.dot.gov/press/its\\_images.htm](http://www.its.dot.gov/press/its_images.htm).

Ostatnią płaszczyzną systemów ITS stanowią aplikacje i ośrodki zarządzające. Ich zadaniem jest przetwarzanie informacji zbieranych z dwóch wcześniej opisanych płaszczyzn i na podstawie tych informacji oddziaływanie na kształtowanie ruchu poprzez sterowanie urządzeniami infrastruktury lub urządzeniami pokładowymi pojazdów.

#### 1.4 Podział systemów ITS

Przedstawiony podział usług nie wskazuje bezpośrednio, jakie systemy należy zastosować w celu realizacji wybranej usługi, a tym bardziej zasad wymiany informacji, współpracy płaszczyzn, systemów i urządzeń. Próbę określenia takiej współpracy podjęto w Stanach Zjednoczonych [6] wskazując obszary zastosowania usług ITS oraz kategoryzując informacje wymieniane między tymi obszarami.

Według [5] obszary zastosowania ITS można podzielić na dwie zasadnicze grupy: inteligentna infrastruktura (*Intelligent Infrastructure*) i inteligentny pojazd (*Intelligent Vehicles*).

Do pierwszej z tych grup zaliczono:

- Systemy zarządzania arteriami drogowymi (*Arterial Management*),
- Systemy zarządzania autostradowego (*Freeway Management*),
- Systemy zapobiegania i bezpieczeństwa (*Cash Prevention & Safety*),
- Systemy zarządzania informacją pogodową (*Road Weather Management*),
- Systemy obsługi i utrzymania dróg (*Roadway Operations & Maintenance*),
- Systemy zarządzania tranzytem (*Transit Management*),
- Systemy zarządzania zdarzeniami wypadkowymi (*Traffic Incident Management*),
- Systemy zarządzania ratunkowego (*Emergency Management*),
- Systemy poboru opłat (*Electronic Payment & Pricing*),
- Systemy informacji dla podróżujących (*Traveler Information*),
- Systemy zarządzania informacją (*Information Management*),
- Systemy obsługi pojazdów komercyjnych (*Commercial Vehicles Operations*),
- Systemy towarowego transportu intermodalnego (*Intermodal Freight*),

Do grupy aplikacji inteligentny pojazd zaliczono:

- Systemy przeciwwkolizyjne (*Collision Avoidance*),
- Systemy wspomagania kierowców (*Driver Assistance*),
- Systemy powiadamiania wypadkowego (*Collision Notification*),

W ramach wymienionych powyżej systemów wymienia się blisko pięćdziesiąt podsystemów realizujących wąsko określone funkcje [6]. Należy się spodziewać, że każdy z nich przekazuje informacje, które można podzielić na następujące grupy:

- archiwizacja i odtwarzanie danych,
- bezpieczeństwo informacji komercyjnych,
- bezpieczeństwo w sytuacjach nadzwyczajnych,
- raportowanie wypadków,
- bezpieczeństwo systemu finansowego i/lub użytkowników,
- przekazywanie informacji dla mediów,
- bezpieczeństwo fizycznych elementów systemu,
- bezpieczeństwo operacyjnym,
- informacje ogólnodostępne z systemu transportowego,
- dostęp dla służb publicznych,
- systemy kontroli,

- systemy oraz bezpieczeństwo podróży,
- systemy pogodowe i środowiskowe.

Niestety, do dnia dzisiejszego nie istnieją przepisy ściśle określające zasady wymiany informacji pomiędzy systemami i urządzeniami realizującymi usługi ITS. Prowadzi to do dużej dowolności producentów w zakresie funkcjonalności, interfejsów i wiadomości przekazywanych przez te rozwiązania. Jest to przyczyną znaczącego ograniczenia w integracji urządzeń i systemów, szczególnie w zakresie współpracy konkurencyjnych rozwiązań działających na tym samym obszarze.

Z tego też względu należy podjąć działania mające na celu ujednoczenie styków urządzeń pracujących w ramach ITS i zasad wymiany informacji.

## 2. ARCHITEKTURA PRZEPIYU INFORMACJI

Architekturę przepływu informacji opisują struktury sieci, kanały i metody wymiany informacji, które wyrażone są poprzez interfejsy i protokoły komunikacyjne. Zapewnienie odpowiednich środków i technologii teleinformatycznych ma na celu zagwarantowanie: pewności, bezpieczeństwa, poufności i niezaprzeczalności przekazywanych informacji.

Wymiana informacji, w ujęciu klasycznym, następuje pomiędzy węzłami sieci. Węzłami sieci w ITS są zarówno urządzenia, jak również ludzie. Stanowią one podmioty będące źródłami, jak i odbiorcami informacji. Według amerykańskiej architektury systemów ITS wyróżnia się cztery zasadnicze grupy podmiotów:

- podróżni (*travelers*),
- centra zarządzania (*centres*),
- pojazdy (*vehicles*),
- infrastruktura stała (*field*).

Tworzą one strukturę połączoną łączy wymiany informacji tworzy się w oparciu o:

- łączność przewodową (*fixed-point to fixed-point*),
- łączność bezprzewodową (*wide area wireless – mobile*),
- łączność pomiędzy pojazdami (*vehicle to vehicle*),
- łączność pomiędzy infrastrukturą stałą, a pojazdami (*field-vehicle communications*).

Przedstawione środki łączności mają zagwarantować komunikację typu:

- punkt – punkt – informacje przekazywane są od nadawcy do wskazanego odbiorcy,
- multicasting – informacje przekazywane są do wybranej grupy odbiorców,
- broadcasting – informacje przekazywane są wszystkim dostępnym w danym czasie odbiorcom.

Pierwszy typ łączności charakteryzuje bezpośredni charakter przekazywanej informacji od – do komunikującego się podmiotu. Przykładów takiej komunikacji można podać wiele, jednak zawsze personalizują one nadawcę i odbiorcę informacji. Druga metoda jest najczęściej wykorzystywana w procesie powiadamiania elementów systemu przez węzeł zarządzający, bądź w trybie każdy przekazuje do wszystkich pozostałych. Ostatnia z wymienionych metod ma charakter rozsiewczy, dla wszystkich użytkowników poruszających się transportem drogowym. Za przykład może posłużyć popularny w Europie system radiowy RDS (*Radio Data System*).

Komunikacja ta może mieć charakter jednokierunkowy (simpleks) lub dwukierunkowy (dupleks). Przykładem urządzeń pracujących w trybie simpleks są drogowe stacje meteo,

znaki i tablice zmiennej treści, czujniki pomiarowe, itd. Przykładem urządzeń wykorzystującego dwukierunkową wymianę informacji może być sterownik drogowy, czy słupek powiadamiania ratunkowego.

Zagwarantowanie utrzymania łączności oraz optymalizację liczby węzłów pośredniczących w drodze przekazywania informacji jest osiąganie poprzez właściwą strukturę sieci teleinformatycznej. Wśród wielu dostępnych struktur sieci wyróżnia się następujące:

- krata – inaczej „każdy z każdym” zakłada się, że każdy węzeł sieci jest połączony z każdym innym węzłem tej sieci.
- drzewo – przyjmuje się istnienie jednego ośrodka decyzyjnego, który rozporządza informacją zdobywaną z podsystemów o niższym priorytecie. Każdy z tych podsystemów jest połączony bezpośrednio tylko z tym ośrodkiem i nie posiada ustanowionej komunikacji na poziomie międzysystemowym.
- pierścień – wprowadzona stosunkowo niedawno zapewnia dostęp do każdego węzła sieci z dwóch stron. Dzięki temu uszkodzenie pojedynczego łącza nie powoduje utraty łączności z węzłem, gdyż istnieje dostęp z drugiej strony pierścienia.
- magistrala – jest zrealizowana w postaci jednego łącza, do którego dołączane są kolejne węzły sieci. Rozwiązanie to znalazło szerokie zastosowanie na odcinkach łączności autostradowej czy na kolei, gdzie urządzenia są dołączane do linii magistralowej biegnącej wzdłuż szlaków komunikacyjnych.

Na wybór struktury sieci największy wpływ ma geograficzne położenie komunikujących się elementów systemu oraz bezpieczeństwo przekazywanej informacji. Typową strukturą dla systemów instalowanych wzdłuż arterii komunikacyjnych jest struktura magistrali lub pierścieniowa. Przykładem systemu wykorzystującego taką strukturę sieci jest system powiadamiania ratunkowego wykorzystujący słupki umieszczane wzdłuż nitki autostrady.

Wśród systemów ITS, w których część działań o znaczeniu decyzyjnym podejmuje człowiek najczęściej spotykaną strukturą jest struktura o charakterze mieszanym, w której część węzłów jest połączona w sposób zupełny krata), a część z węzłów tworzy strukturę drzewa. Struktury takie wraz z strukturami, w których przyjęto wyłączenie strukturę drzewa są najczęściej spotykane i one sprawiają najwięcej trudności natury komunikacyjnej.

### 2.1 Przykład typów informacji pomiędzy systemami ITS

Wyszczególnienie wszystkich informacji które powinny być przekazywane pomiędzy urządzeniami pracującymi w ITS, jest zagadnieniem wysoce złożonym. Rozpatrywanie tego zagadnienia na pewnym poziomie abstrakcji, jakim jest pojęcie systemu, jest również trudne gdyż struktura wymiany informacji jest zbliżona do kraty. Tym niemniej można pokusić się o analizę wybranego systemu w celu zobrazowania skali problemu.

Przyjęto zatem, że na potrzeby tej publikacji rozważony zostanie system zarządzania arteriami drogowymi. Stanowi on zarówno źródło, jak i odbiorcę informacji dla innych systemów ITS.

Wykaz informacji przekazywanych między systemem zarządzania arteriami drogowymi, a:

- systemem zarządzania autostradowego:
  - rodzaj informacji źródłowych: stan natężenia ruchu,
  - rodzaj informacji przekazywanych: modyfikacja warunków sterowania ruchem,
- systemem zarządzania tranzytem:

- rodzaj informacji źródłowych: wywołanie pierwszeństwa przejazdu,
- rodzaj informacji przekazywanych: modyfikacja warunków sterowania ruchem,
- systemem zarządzania zdarzeniami wypadkowymi:
  - rodzaj informacji źródłowych: miejsce zdarzenia, nasilenie i czas trwania,
  - rodzaj informacji przekazywanych: modyfikacja warunków sterowania ruchem,
- systemem zarządzania ratunkowego:
  - rodzaj informacji źródłowych: wywołanie prawa pierwszeństwa przejazdu na sygnalizatorach świetlnych,
  - rodzaj informacji przekazywanych: wyświetlanie pierwszeństwa przejazdu,
- Systemem poboru opłat:
  - rodzaj informacji źródłowych: Dane płatności elektronicznych,
  - rodzaj informacji przekazywanych: nie występuje,
- Systemem informacji dla podróżujących:
  - rodzaj informacji źródłowych: nie występuje,
  - rodzaj informacji przekazywanych: stan warunków ruchu,
- Systemem zarządzania informacją:
  - rodzaj informacji źródłowych: dane archiwalne,
  - rodzaj informacji przekazywanych: stan natężenie ruchu,
- systemem zapobiegania wypadkom i bezpieczeństwa:
  - rodzaj informacji źródłowych: wywołanie zmiany świateł na przejściu dla pieszych/wywołanie zamknięcia przejazdu kolejowego,
  - rodzaj informacji przekazywanych: stan skrzyżowania,
- Drogowymi stacjami meteorologicznymi:
  - rodzaj informacji źródłowych: stan warunków pogodowych,
  - rodzaj informacji przekazywanych: stan warunków pogodowych,
- Systemem obsługi pojazdów komercyjnych:
  - rodzaj informacji źródłowych: nie występuje,
  - rodzaj informacji przekazywanych: stan natężenie ruchu,
- Systemy przeciwwkolizyjne:
  - rodzaj informacji źródłowych: brak informacji o wdrożeniach (wg ITS USA),
  - rodzaj informacji przekazywanych: status skrzyżowania/drogi,
- Systemy wspomaganie kierowców:
  - rodzaj informacji źródłowych: informacja o nowym pojeździe na arterii,
  - rodzaj informacji przekazywanych: informacje o natężeniu ruchu i możliwych blokadach,
- Systemy powiadamiania wypadkowego:
  - rodzaj informacji źródłowych: informacja o miejscu i czasie zdarzenia,
  - rodzaj informacji przekazywanych: potwierdzenie odbioru,

Należy przyjąć, że przedstawiony powyżej opis wiadomości nie uwzględnia wielu informacji szczegółowych związanych ze strukturą danych, wzajemną zgodnością interfejsów sprzętowych, programowych, itd.

### 3. PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Znaczenie systemów ITS dla transportu jest niezaprzeczalne. Ich stosowanie usprawnia proces transportowy, poprawia kontakt z podróżującymi, umożliwia koordynację działań, np. ratunkowych, a przede wszystkim umożliwia przemyślane sterowanie środkami transportu. Warunkiem koniecznym w realizacji usług ITS jest silne wsparcie telekomunikacyjne i informatyczne mające wpływ na pozyskiwanie informacji od urzędów, ich przetwarzanie i przekazywanie do właściwych podmiotów ruchu. Liczba typów tych informacji wzrasta w przybliżeniu do kwadratu liczby systemów ITS.

Z przeprowadzonych przez autorów badań wynika, że funkcjonujące w miastach systemy ITS nie są przystosowane do współpracy z innymi systemami i nie wykorzystują informacji z innych niż swoje rozwiązania. Tymczasem, wprowadzenie takiej współpracy wpływa na lepszą koordynację zadań transportowych i spełnienie oczekiwań wynikających z idei stosowania ITS.

Przedstawiony stan rzeczy wskazuje na konieczność normalizacji interfejsów wymiany informacji urzędów, protokołów i styków informacyjnych omawianych rozwiązań ITS.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] ISO 14813-1:2007. Intelligent transport systems - Reference model architecture(s) for the ITS sector - Part 1: ITS service domains, service groups and services. Geneva 2007.
- [2] ITS Australia: <http://www.its-australia.com.au>
- [3] ITS Japan: <http://www.its-jp.org/>
- [4] National ITS Architecture: <http://www.iteris.com/itsarch> (16.01.2011)
- [5] Research and Innovative Technology Administration ITS. <http://www.itsoverview.its.dot.gov/> (15.01.2011)
- [6] U. S. Department of Transportation: <http://www.its.dot.gov/>

#### **ANALYSIS OF STRUCTURES THE EXCHANGE OF INFORMATION IN ITS SYSTEMS**

##### **Abstract:**

The article focuses on the aspect of the exchange of information between devices and systems in implementing the certain services of ITS. The first part contains the classification of ITS systems and services and the types of messages. The second part presents the architecture of the exchange of information between the elements of ITS systems and outline their cooperation. In the final part is an example that describes the communication information management system of public transport and other systems of ITS. At the end of a summary and conclusions.

Key words: ITS systems, information flow, systems integration.