

# UTILIZAREA METODEI PROTOTIPULUI EVOLUTIV IN CONCEPEREA REȚELELOR INTELIGENTE DE APĂ

Gabriela-Dana PETROPOL ȘERB<sup>1</sup>, Ion PETROPOL ȘERB<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitatea din Craiova, Facultatea de Inginerie Electrică,  
<sup>2</sup>S.C. RELOC S.A., Craiova.

**REZUMAT.** Provocările actuale, privind implementarea unui management durabil al resurselor de apă, justifică dezvoltarea de noi produse și metodologii care au ca scop eficientizarea sistemelor de apă în deplin acord cu celelalte componente ale mediului natural și construit. Un design ecologic, bazat pe abordări de feedback, permite o manipulare mai eficientă a resurselor științifice comparativ cu sistemele de buclă deschisă. Ca urmare, o cercetare multidisciplinară ar putea dezvolta o metodologie optimă de proiectare a rețelelor de apă, care dorește să integreze principiile de proiectare ecologică în conformitate cu nevoile unui caz real. Pentru a scala o instalație pilot s-ar putea urma etapele metodei Plan Do Check Act în maniera algoritmilor specifici prototipului evolutiv având ca rezultat o rețea de apă apă inteligentă.

**Cuvinte cheie:** prototip evolutiv, rețele de apă inteligente, oraș inteligent.

**ABSTRACT.** The modern challenge for improving a sustainable management of water resources justified the development of new products and methodologies that will increase the quality of water. An eco friendly design, based on feedback approaches, enable more efficient handling of scientific resources than open loop systems. As a result, a multidisciplinary research could develop a methodology for an optimal design approach that wants to integrate the principles of eco design according with the needs of a real case. To scale up a pilot plant could be followed the steps of Plan Do Check Act method in the manner of evolutionary prototyping algorithms to create a smart water grid.

**Keywords:** evolutionary prototyping, smart water grid, smart cities.

## 1. INTRODUCERE

Caracteristica fundamentală a zilelor noastre ar putea fi aceea că „lumea devine tot mai urbană”. Procesul accentuat de urbanizare și orașele în expansiune, constituie motoare ale creșterii economice. Efectul negativ al acestor evoluții poate fi concretizat în deprecierea furnizării serviciilor urbane precum: gestionarea deșeurilor solide, alimentarea cu apă și colectarea apelor uzate. De ce? Deoarece provocările de mediu, sociale și economice care afectează orașele au devenit depășite în ceea ce privește furnizarea de servicii urbane prin modele tehnologice tradiționale. La nivel mondial, rezolvarea acestor probleme, se realizează prin conceperea și aplicarea unor programe de dezvoltare urbană integrată [1]. Literatura de specialitate, [1], [2], evidențiază faptul că, pentru ca dezvoltarea orașelor să se facă „eficient, curat, elastic și echitabil”, este necesar să se recunoască „interconexiunile și interdependențele între planificarea urbană, managementul resurselor și furnizarea serviciilor”.

Proiectarea, aplicarea și urmărirea implementării acestor programe în vederea transformării orașelor în „orașe inteligente” presupune formarea unor echipe

multidisciplinare și folosirea unor metode dinamice de identificare și rezolvare rapidă a problemelor. Metoda prototipului evolutiv este una dintre acestea și constituie punctul central al acestei lucrări.

Metoda prototipului evolutiv constă în definirea ciclului de viață al unui sistem cu ajutorul unui model în care sistemul este dezvoltat incremental, astfel încât poate fi ușor modificat ca răspuns la feedback-ul oferit de utilizatorul final. Ideea de bază a acestei metode este aceea că sistemul proiectat se dezvoltă și se perfectează pe măsura folosirii lui. Metoda este aplicabilă în special în cazul sistemelor mari și complexe, unde probabilitatea de a construi un model primar care să răspundă tuturor constrângerilor reale este destul de scăzută. Datorită complexității lor, rețelele de apă inteligente, ca parte componentă a orașului inteligent, constituie un exemplu pretabil modelării cu ajutorul prototipului evolutiv.

*Rețelele de apă inteligente – parte integrantă a orașului inteligent.* Orașele zilelor noastre sunt considerate adevărate laboratoare ale „economiei verzi”. Deși ocupă mai puțin de 2% din suprafața Pământului, în ele trăiește mai mult de jumătate din populația planetei (fig.1) și se desfășoară peste 70% din activitățile economice.

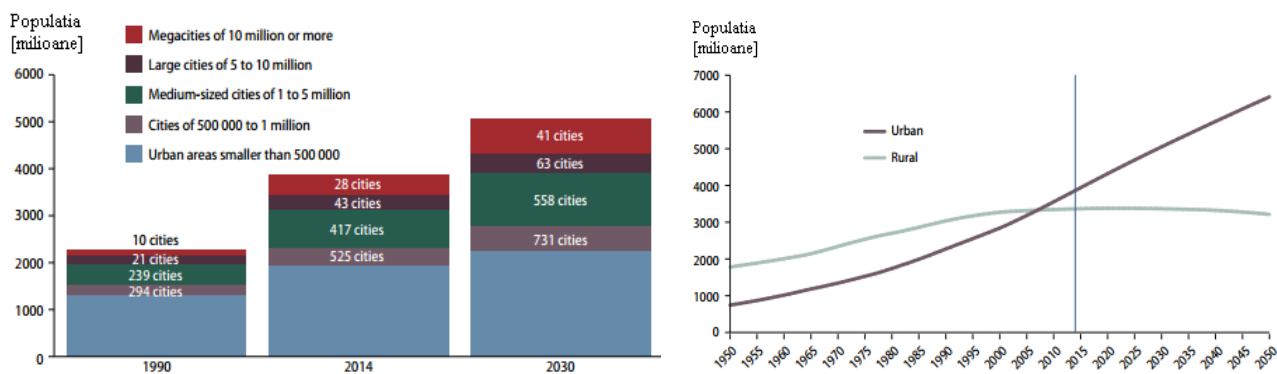


Fig. 1. Urbanizarea – proces evolutiv (sursa [5]).

Ideea orașelor inteligente a apărut ca răspuns sustenabil la tendința urbanizării. Un oraș inteligent este definit prin dezvoltarea unui sistem integrat de baze de date și implicare a cetățenilor în scopul gestionării mai eficiente a infrastructurii și serviciilor (fig. 2). Componentele unui oraș inteligent sunt: energia inteligentă, transportul inteligent, sistem de apă inteligent, servicii publice inteligente, clădiri inteligente și integrarea inteligentă a acestora.



Fig. 2. Componentele orașului inteligent (sursa [3]).

În contextul orașului inteligent, utilizarea sistemelor integrate în modernizarea, extinderea și întreținerea sistemelor de apă determină apariția rețelelor de apă inteligente, analog sistemelor energetice inteligente. Evolutiv, apariția și dezvoltarea rețelelor de apă inteligente urmărește spirala de creștere, fiind strâns legată de dezvoltarea celorlalte componente ale orașului inteligent (fig. 3):

- creșterea populației determină modificarea formei urbane (fig. 3a, 3b), diversificându-se caracteristicile rețelei de apă;

- sursele de poluare sunt tot mai variate, vegetația dispare, efectele apelor meteorice se intensifică devenind periculoase atât pentru emisari cât și pentru oameni, mărind pericolul de inundații (fig. 3c).

Eliminarea acestor aspecte negative se realizează printr-un plan corespunzător de management al apei, care presupune măsuri incrementale cu desfășurare temporală mare, a căror eficiență poate fi măsurabilă în timp. În acest sens, Uniunea Europeană a conceput o strategie pentru o creștere urbană inteligentă în zonele

metropolitane. De asemenea, orașele inteligente sunt văzute ca o sursă de inovare și oportunitate de către marile corporații precum: Siemens, IBM, Philips, Schneider Electric și GDF SUEZ. Pe de altă parte, există inițiative emergente la nivel mondial care explorează rolul parteneriatelor Public-Privat (Public-Private Partnerships) în orașe, inclusiv laboratorul MIT inteligent City și proiectul de infrastructură WBCSD urbană.

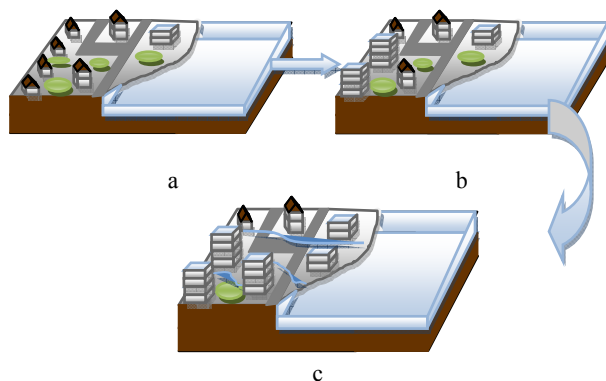
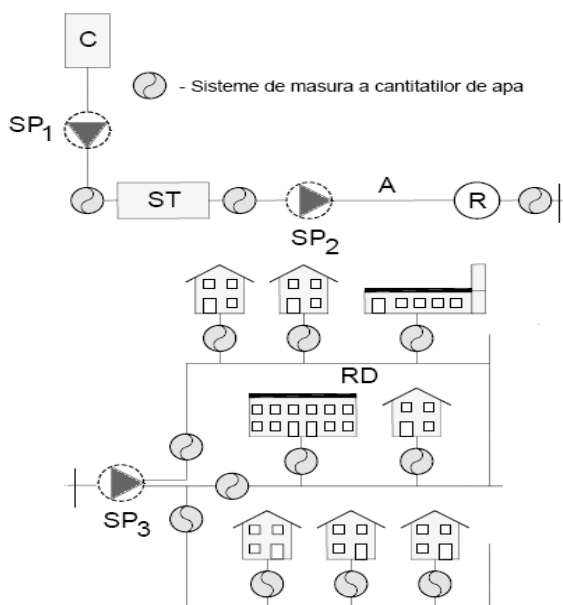


Fig. 3. Transformarea urbană.

## 2. MODELUL PROTOTIPULUI EVOLUTIV ÎN PROIECTAREA REȚELOR DE APĂ INTELIGENTE

Tehnologia informației și comunicațiilor (TIC) a fost revoluția tehnologică dominantă de mai multe decenii. Utilizarea TIC în sistemele de apă conduce la rețelele de apă inteligente, care sunt analoge rețelelor electrice inteligente. O rețea de apă inteligentă integrează senzori, elemente de control și componente analitice pentru a asigura eficiența livrării apei și pentru a contribui la asigurarea calității apei respective. Rețelele de apă inteligente, analizate ca sisteme integrate, încep să fie luate în considerare tot mai des de către cercetători și utilizatori. În modelarea rețelelor de apă, sistemul fiind complex (fig. 4), se propune dezvoltarea prin prototipizare.

## SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

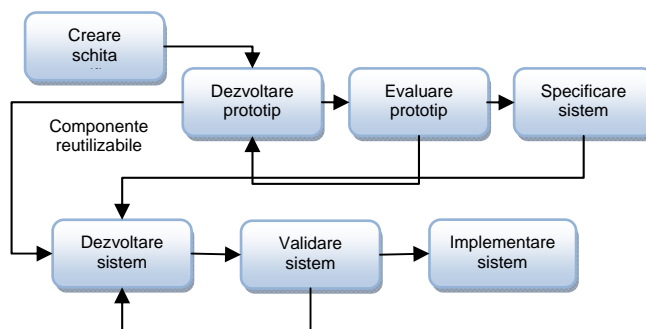


**Fig. 4.** Schema generală a sistemului de alimentare cu apă a unei localități (sursa: SR 1343-1:2006): C – captare (construcțiile și lucrările prin care se prelevează controlat apa dintr-o sursă naturală); SP<sub>1</sub> – stații de pompare (asigură condițiile hidrodinamice pentru transportul apei între obiectele schemei în cazurile în care acesta nu se poate asigura gravitațional); ST – stație de tratare (uzină de apă) (asigură corectarea calității apei sursei până la calitatea cerută de utilizator); R – construcții de înmagazinare (înmagazinează apa pentru: asigurarea apei în perioada avariilor sistemului în amonte de R, volumul rezervei intangibile de combatere a incendiului; asigură compensarea cantităților de apă între alimentare R și consumul din R); A – aducțiune (asigură transportul apei de la captare la rezervoare); RD – rețea de distribuție (transportă apa de la rezervoare la branșamentul fiecărui consumator în cantitatea și la calitatea cerute de utilizatori) – sistem de măsură continuă a volumelor de apă, astfel încât să se poată controla permanent balanța cantităților de apă în sistem.

Un prototip este o implementare inițială a unui sistem care are drept scop identificarea cerințelor software. El nu are performanțele și nu răspunde exigențelor de calitate ale produsului finit. Prototipul oferă clientului funcționalități parțiale ale viitorului sistem și interfața sa. După stabilirea cerințelor sistemului se poate renunța la prototip total sau parțial (o parte dintre componentele prototipului se pot reutiliza

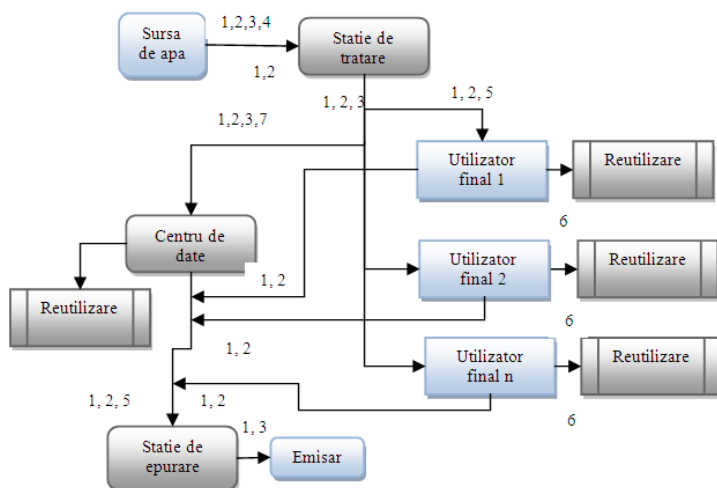
în sistemul final). Etapele de elaborare a modelului prototipului evolutiv sunt prezentate în figura 5.

Prototipul este dezvoltat pe baza cerințelor cunoscute în momentul inițial al proiectării. Prin utilizarea acestui prototip clientul poate da un feedback al sistemului, deoarece, ca urmare a interacțiunii cu acesta, clientul înțelege mai bine sistemul. Prototipizarea este eficientă în cazul sistemelor complexe, de mari dimensiuni. Dintre avantajele prototipizării amintim: utilizatorii sunt implicați activ în dezvoltarea sistemului; utilizatorii înțeleg mai bine funcționarea sistemului în curs de dezvoltare ca urmare a dezvoltării acestuia pe baza unui model de lucru; erorile pot fi detectate mai rapid; feedback-ul utilizatorilor este transmis rapid permițând optimizarea soluțiilor; se identifică ușor disfuncționalitățile. Dintre dezavantajele metodei se enumeră: sistemul se pune în aplicare și apoi se modifică prin corecturi cerute; poate crește complexitatea sistemului proiectat inițial; aplicarea incompletă poate face ca aplicația să nu fie folosită ca întregul sistem proiectat.



**Fig. 5.** Schema de principiu a dezvoltării prin prototipizare.

În cazul schemei generale a sistemului de alimentare cu apă a unei localități (fig. 4), dacă în schița de specificații se impun ca cerințe: utilizarea contoarelor cu citire la distanță, utilizarea metodelor high tech de localizarea a pierderilor de apă; optimizarea energetică și hidraulică a sistemului; reutilizarea apei (sisteme de irigații spații verzi/agricole în cazul zonelor rezidențiale, sisteme hidropnice, etc.), etc. schema devine „inteligentă” (fig. 5).



**Fig. 5.** Schema sistemului de alimentare cu apă inteligent: 1 – dispozitiv de măsurare inteligent, 2 – sistem de pompare inteligent, 3 – valvă inteligentă, 4 – senzor de debit, 5 – dispozitiv de detectare a utilizării finale, 6 – controler inteligent pentru irigații, 7 – senzor de contaminare.

### 3. STUDIU DE CAZ: METODE TRADIȚIONALE VERSUS METODE INTELIGENTE ÎN DETERMINAREA PIERDERILOR DE APĂ DIN CONDUCTE

În majoritatea sistemelor de distribuție a apei un mare procent de apă (~20-30%. [11]) se pierde în tranzit de la stația de tratare la consumator. Metodele tradiționale utilizate în localizarea pierderilor de apă din conducte se bazează, în general, pe metode acustice și aparatură specializată (fig.6).

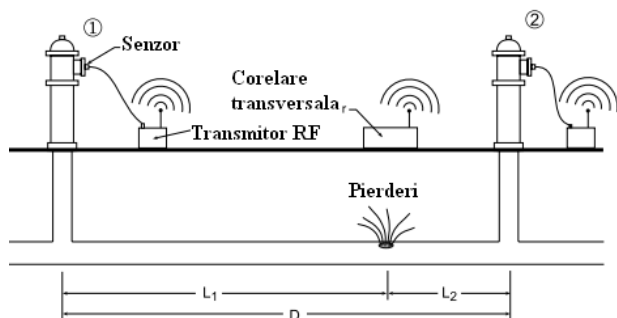


Fig. 6. Schema de principiu a metodei acustice de determinare a pierderilor în conducte (sursă [11]).

Modelul matematic al schemei este descris de ecuațiile de mai jos:

$$\begin{aligned} T_1 &= \frac{L_1}{V} \\ T_2 &= \frac{L_2}{V} \\ \Delta T &= T_2 - T_1 = \frac{L_2 - L_1}{V} = \frac{D - 2L_1}{V} \Rightarrow \\ \Rightarrow L_1 &= \frac{D - V \cdot \Delta T}{2} \end{aligned} \quad (1)$$

unde:  $T_1$ ,  $T_2$  reprezintă timpul de ajungere a semnalului acustic la senzorul 1, respectiv 2;  $V$  – viteza de propagare a apei în conductă;  $D$  – distanța dintre cei doi senzori.

Într-o abordare nouă, pierderile de apă sunt identificate cu ajutorul sateliților pe baza tehnologiei cu microunde. Teledetecția se bazează pe imagini aeriene spectrale, captate cu ajutorul senzorilor. Imaginea brută este apoi suprapusă pe o hartă a rețelei de apă în format GIS. Pentru a identifica locurile cu posibile avarii se elaborează algoritmi care au la bază noțiuni de geofizică, hidrologie, chimie, reflexia apei, evaporarea apei etc. Avantajele acestei metode sunt: adâncimea de scanare (6 m), nu contează diametrul conductei, materiale sau mărimea pierderii de apă, nu necesită investiții în infrastructură, crearea unor condiții speciale, sau adaptarea la sistemele existente. În [12], [13] este prezentat principiul metodei de teledetecție (fig. 7) implementat de NEC Corporation, leader în tehnologie de peste 115 ani, furnizor de servicii IT de peste 25 de ani, focusat pe inovația care aduce beneficii societății.

În concluzie, funcțiile de telemonitorizare a pierderilor asigurate de sistemul integrat sunt:

- 1) afișarea locației și stării senzorilor furnizori de informații pe Google Maps (informațiile de locație sunt setate prin măsurarea GPS în momentul instalării);
- 2) compatibilitatea datelor cu sistemele de hărți ale diverselor departamente de gestionare a apei;
- 3) alarme pentru diverse situații de scurgere;
- 4) rapoarte zilnice despre punctele cu funcționare anormală, căutări pe bază de diferite condiții;
- 5) elaborarea rapoartelor privitoare la scurgeri;
- 6) trasarea punctelor de scurgere etc.

### 4. CONCLUZII

Prototipizarea este o soluție ofertantă pentru proiectarea sistemelor complicate și de mari dimensiuni, pentru care este dificil de stabilit de la bun început toate cerințele. Un sistem este folosit, trebuie să evolueze prin folosire în mediul pentru care a fost proiectat și se maturizează constant în interacțiune cu modificările mediului de operare.

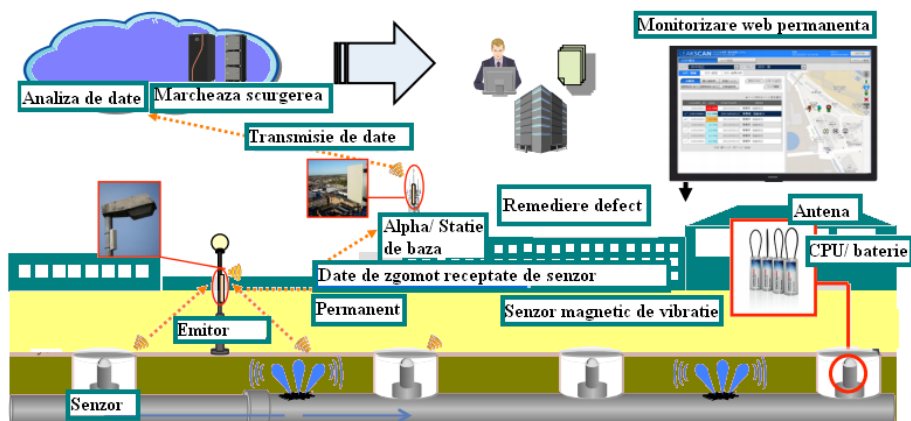


Fig. 7. Identificarea pierderilor folosind teledetecția (sursă [13])

Prototiparea evolutivă are avantajul că toate prototipurile sunt sisteme funcționale fapt pentru care este pretabilă în conceperea rețelelor de apă inteligente.

Interfețele bazate pe transmisie web și platforme online oferă o soluție care să permită gestionarea eficientă, afișarea și recuperarea informațiilor relevante solicitate de către administratorii / operatorii de apă, urbaniști, guverne și consumatori.

### BIBLIOGRAFIE

- [1] A. Closas , M. Schuring , D. Rodriguez - *Integrated Urban Water Management - Lessons and Recommendations from Regional Experiences in Latin America, Central Asia, and Africa, WPP Case profile 1* / november 2012, <http://water.worldbank.org/water/wpp>.
- [2] World Bank 2012 - *Integrated Urban Water Management Case Study: Aracaju, Blue Water* – Green Cities, The World Bank.
- [3] M. Leinmiller, M. O'Mara - *Smart Water: A Key Building Block of the Smart City of the Future*, disponibil la <http://www.waterworld.com/articles/print/volume-29/issue-12/water-utility-management/smart-water-a-key-building-block-of-the-smart-city-of-the-future.html>
- [4] T. Kötter, F. Friesecke - *Developing urban Indicators for Managing Mega Cities*, disponibil [https://www.fig.net/resources/proceedings/2009/fig\\_wb\\_2009/papers/urb/urb\\_2\\_koetter.pdf](https://www.fig.net/resources/proceedings/2009/fig_wb_2009/papers/urb/urb_2_koetter.pdf)
- [5] World urbanization process, The 2014 revision, published by the United Nations ISBN 978-92-1-151517-6 disponibil <https://esa.un.org/unpd/wup/Publications/Files/WUP2014-Highlights.pdf>
- [6] Engle, D. Leak busters: *Ultra-accurate new residential meters and methods can zap "ghost" water accounts*. *Water Efficiency 2010*, 5, 22–29.
- [7] Ruggaber, T.; Talley, J.; Montestruque, L. *Using embedded sensor networks to monitor, control, and reduce cso events: A pilot study*. *Environ. Eng. Sci.* 2007, 24, 172–182.
- [8] Khalifa, T.; Naik, K.; Nayak, A. *A survey of communication protocols for automatic meter reading applications*. *IEEE Commun. Surv. Tutorials 2011*, 13, 168–182.
- [9] Williams, E. *Environmental effects of information and communication technologies*. *Nature 2011*, 479, 354–358.
- [10] Brzozowski, C. *Pump technology*. *Water Efficiency 2010*, 5, 38–41.
- [11] Osama Hunaidi – *Detecting Leaks in Water-Distribution Pipes*, IRC, Construction Technology Update No. 40, [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n40\\_eng.pdf](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/ctu-sc/files/doc/ctu-sc/ctu-n40_eng.pdf)
- [12] Fukushima K., Maruta Y., Izumi K, Ito Y.,s.a, - *A Water Leak Detection Service Based on Sensors and ICT Solutions*, NEC Technical Journal, Vol.9 No.1 Special Issue on Solutions for Society - Creating a Safer and More Secure Society, disponibil la [http://in.nec.com/en\\_IN/images/140124.pdf](http://in.nec.com/en_IN/images/140124.pdf)
- [13] Joseph Lanners - *Water Leak Solution Solutions for Society*, disponibil la <https://texasdc.org/sites/default/files/files/Conferences/2015%20Legislative%20Conference/NEC%20Presentation.pdf>